

Bạn đang truy cập nguồn tài liệu chất lượng cao do [www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com) phát hành. Đây là bản xem trước của tài liệu, một số thông tin và hình ảnh đã bị ẩn đi. Bạn chỉ xem được toàn bộ tài liệu với nội dung đầy đủ và định dạng gốc khi đã thanh toán. Rất có thể thông tin mà bạn đang tìm bị khuất trong phần nội dung bị ẩn.

.....  
**Liên hệ với chúng tôi:** [thanhlam1910\\_2006@yahoo.com](mailto:thanhlam1910_2006@yahoo.com) hoặc [frbwrthes@gmail.com](mailto:frbwrthes@gmail.com)

.....  
**Thông tin về tài liệu**

Số thứ tự tài liệu này là (số thứ tự tài liệu dùng để tra cứu thông tin về giá của nó): 1836

Định dạng gốc: .doc

.....  
**Xem giá cả và hình thức thanh toán tại đây:** [www.mientayvn.com/bg\\_thanh\\_toan.html](http://www.mientayvn.com/bg_thanh_toan.html)

Tập tin có cài pass (bạn sẽ nhận được pass sau khi đã thanh toán):

[www.mientayvn.com/DICH\\_THUAT/N\\_Cau\\_truc\\_nano\\_ZnO\\_mot\\_chieu\\_1836.rar](http://www.mientayvn.com/DICH_THUAT/N_Cau_truc_nano_ZnO_mot_chieu_1836.rar)

.....  
**Các tài liệu được tặng miễn phí kèm theo:** [www.mientayvn.com/Tai\\_lieu\\_cung\\_chu\\_de/1836.doc](http://www.mientayvn.com/Tai_lieu_cung_chu_de/1836.doc)

.....  
CHÚNG TÔI RẤT MUỐN CUNG CẤP TÀI LIỆU NÀY MIỄN PHÍ CHO CÁC HỌC SINH, SINH VIÊN NGHÈO, HOẶC CÓ HOÀN CẢNH ĐẶC BIỆT KHÓ KHĂN. ĐỂ NHẬN ĐƯỢC TÀI LIỆU NÀY MIỄN PHÍ, HÃY THỰC HIỆN THEO CÁC YÊU CẦU Ở MỤC 1, 3, 5, 8, 9, 10 TRONG LIÊN KẾT SAU ĐÂY: [http://mientayvn.com/Trao\\_doi\\_tai\\_nguyen.html](http://mientayvn.com/Trao_doi_tai_nguyen.html)

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ  
DỊCH  
TIẾNG  
ANH  
CHUYÊN  
NGÀNH  
NHANH  
NHẤT VÀ  
CHÍNH  
XÁC  
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

**Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:**

**[www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com)**

**Từ bản gốc:**

<https://docs.google.com/file/d/0B2JJMzJbJcwTy1UREpYSExylU/edit>

**Liên hệ:**

[thanhlam1910\\_2006@yahoo.com](mailto:thanhlam1910_2006@yahoo.com) hoặc [frbwrthes@gmail.com](mailto:frbwrthes@gmail.com)

**Dịch tài liệu của bạn:**

[http://www.mientayvn.com/dich\\_tiang\\_anh\\_chuyen\\_nganh.html](http://www.mientayvn.com/dich_tiang_anh_chuyen_nganh.html)

## **Các cấu trúc nano ZnO một chiều: sự tăng trưởng trong dung dịch và các tính chất đặc trưng.**

**Tóm tắt:** Các cấu trúc nano ZnO một chiều đã được nghiên cứu mạnh mẽ và rộng rãi trong một thập kỷ qua không chỉ do các tính chất vật lý và hóa học đáng chú ý của chúng mà còn do các ứng dụng công nghệ đa dạng của chúng trong hiện tại và tương lai. Bài báo này đưa ra một tổng quan toàn diện về các bước tiến trong quá trình tổng hợp cấu trúc nano ZnO một chiều bằng phương pháp hóa ướt, chúng tôi sẽ đề cập đến cơ sở phương pháp luận của quá trình tổng hợp và các cơ chế tăng trưởng tương ứng, các cấu trúc khác nhau, sự pha tạp và hợp kim, sự tăng trưởng được điều khiển theo vị trí trên đế, và cuối cùng, các tính chất đặc trưng của chúng như xúc tác, bề mặt không dính nước, cảm biến và trong các thiết bị điện tử nano, quang học, quang điện và các thiết bị sản xuất năng lượng.

### **1. Giới thiệu:**

ZnO là một vật liệu bán dẫn dịch chuyển thẳng và áp điện, có độ rộng vùng cấm là 3.37 eV và năng lượng liên kết exciton là 60 meV ở nhiệt độ phòng [1, 2]. Nó rất nhiều ứng dụng trong các thiết bị điện tử, quang điện, điện hóa và cơ điện [3 - 8], chẳng hạn như các laser cực tím (UV) [9, 10], các diot phát quang [11], các thiết bị phát xạ trường [12 - 14], các cảm biến nano hiệu suất cao [15 - 17], các pin mặt trời [18- 21], các máy phát nano áp điện [22 - 24], các linh kiện áp điện nano [25 - 27]. Các cấu trúc ZnO một chiều (1D) đã được tổng hợp bằng nhiều phương pháp chẳng hạn như phương pháp hóa ướt [28-30], lắng tụ hơi vật lý [31-33], lắng tụ hơi hóa học hữu cơ kim loại (MOCVD) [34 - 36], epitaxy chùm phân tử (MBE) [37], lắng tụ laser xung [38, 39], phún xạ [40], phương pháp dòng [41], quay điện hóa [42 -44] và thậm chí là phương pháp từ trên xuống bằng cách ăn mòn [45]. Trong các phương pháp này, lắng tụ hơi vật lý và phương pháp dòng thường đòi hỏi nhiệt độ cao và dễ dàng để lẫn các chất xúc tác hoặc tạp chất vào trong cấu trúc nano ZnO, do đó chúng khó có thể tích hợp với các đế hữu cơ mềm dẻo cho các thiết bị điện tử di động và xách tay trong tương lai. MOCVD và MBE có thể cho các mảng dây nano ZnO chất lượng cao nhưng thường có nhược điểm là tính đồng đều của mẫu kém, sản lượng sản phẩm thấp và phải lựa chọn vật liệu đế. Chi phí thực nghiệm cũng rất cao, vì vậy chúng ít được sử dụng rộng rãi. Lắng tụ laser xung, phún xạ và phương pháp từ trên xuống ít có khả năng điều khiển và lặp lại so với các kỹ thuật khác. Quay điện hóa cho ra các sợi đa tinh thể. Nói một cách

tương đối, phương pháp hóa ướt đáng chú ý vì một số lí do: chúng có giá thành thấp, ít độc hại và vì thế có thể dễ dàng sản xuất với quy mô lớn [46, 47]; sự tăng trưởng xuất hiện ở nhiệt độ tương đối thấp, tương thích với các đế hữu cơ mềm dẻo; Không cần sử dụng xúc tác kim loại và nó có thể được tích hợp với công nghệ Silic đã được phát triển mạnh [48]; Thêm vào đó, có nhiều tham số có thể điều chỉnh để điều khiển có hiệu quả hình thái học và tính chất của các sản phẩm cuối cùng [49, 50]. Phương pháp hóa ướt đã được chứng minh là một phương pháp có hiệu quả và linh hoạt trong việc nuôi các cấu trúc nano ZnO một chiều.

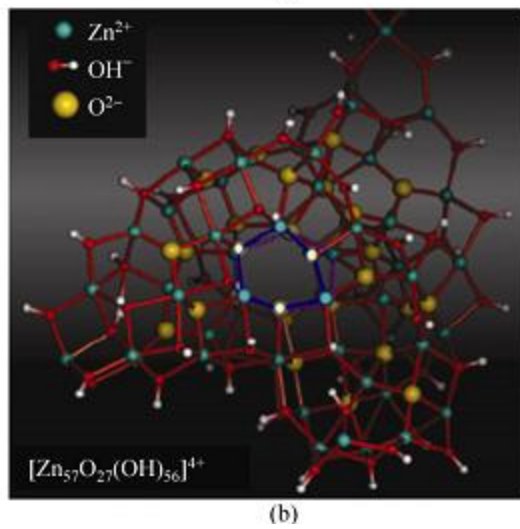
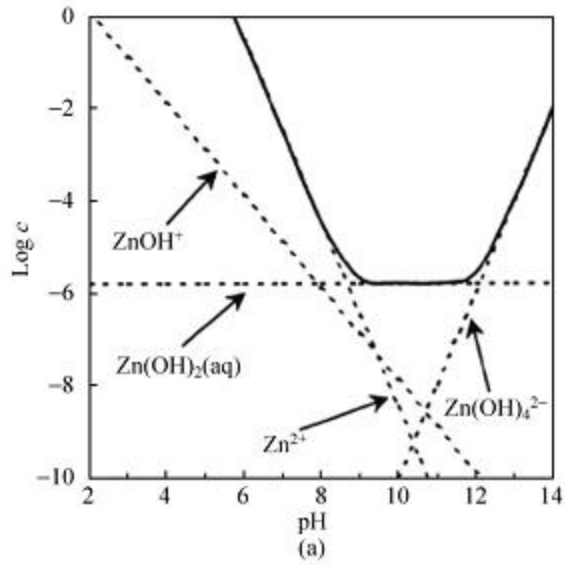
Ở đây, trong phần tổng quan này chúng ta sẽ tập trung vào các cấu trúc nano ZnO một chiều đã được nuôi bằng phương pháp hóa ướt, mặc dù việc đánh giá các cấu trúc nano ZnO đã được đưa ra trong nhiều tài liệu tham khảo [1,5 ,6, 51-53], chúng tôi sẽ đề cập đến 5 khía cạnh chính như sau. Thứ nhất chúng tôi sẽ xem xét cơ sở phương pháp luận của quá trình chế tạo và các cơ chế tăng trưởng đã được sử dụng trong các tài liệu. Thứ hai, chúng tôi sẽ trình bày các loại cấu trúc nano ZnO mới lạ khác nhau đã đạt được bằng phương pháp hóa ướt. Thứ ba, chúng tôi sẽ tóm tắt phương pháp để điều khiển tính dẫn điện của cấu trúc nano ZnO bằng cách pha tạp, chẳng hạn như loại n, loại p và sự pha tạp kim loại chuyển tiếp và các kỹ thuật vùng cấm ZnO bằng cách hợp kim với các oxit kim loại khác. Thứ tư, chúng tôi sẽ trình bày các kỹ thuật khác nhau đã được thực hiện để điều khiển phân bố không gian của cấu trúc của ZnO trên đế, cụ thể là kỹ thuật tạo biên dạng. Cuối cùng chúng tôi sẽ minh họa các tính chất đặc trưng của cấu trúc nano ZnO một chiều và nhiều ứng dụng có tính chất đột phá mà ở đó cấu trúc nano ZnO một chiều đóng vai trò quan trọng.

## 2. Phương pháp luận cơ bản về sự tổng hợp và các chế tăng trưởng:

[REDACTED]







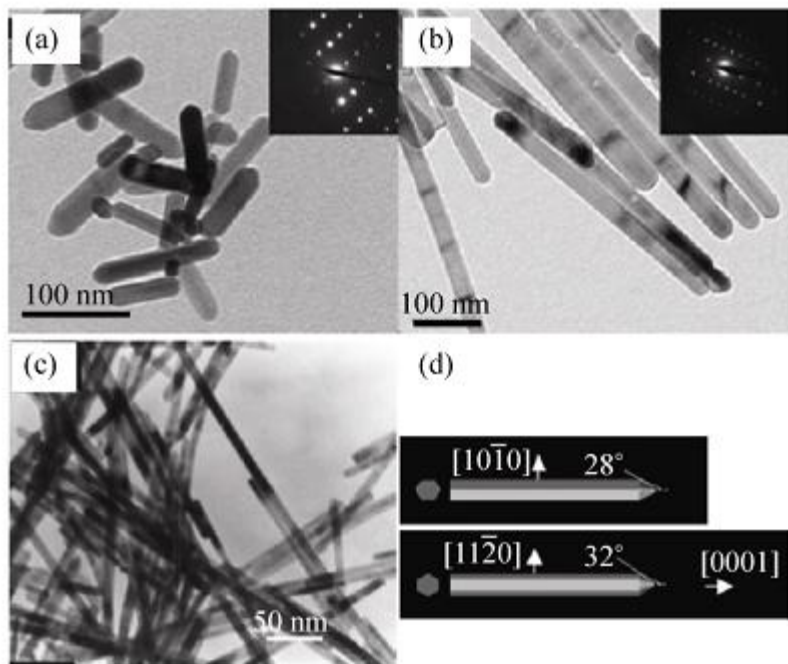
[REDACTED]

[REDACTED]

Hiện tại, các phân ứng có khả năng xảy ra ở nhiệt độ phòng là: các cách điều chỉnh  
đồng vị của ZnO, hình thành các dây nano ZnO với đường kính duy nhất. Hình  
thành dây nano ZnO với các đầu nhọn khác nhau ở thể lỏng được chứng minh dựa  
trên các cách điều chỉnh nồng độ Zn<sup>2+</sup> và thời gian phản ứng [68].

Ảnh hưởng của các điều kiện phản ứng và sự có mặt của chất hoạt động bề mặt  
và hình thái học của chúng có thể được điều chỉnh và điều khiển bằng các phương  
thức khác nhau để hình thành dây nano ZnO. Trong những trường hợp như thế,  
đinh thái học của ZnO bị chi phối mạnh mẽ bởi sự phân cực và áp suất hơi bão hòa  
của dung môi [65]. Như được biểu diễn trong hình 2.14, các đầu (C) và (D) trong của  
dây nano ZnO được miêu tả qua tốc độ tăng trưởng tương đối của các bề mặt có  
cực và không có cực, có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi sự phân cực  
của dung môi. Các phân tử của dung môi phân cực cao có các tương tác mạnh hơn  
với các bề mặt có cực ZnO và vì thế nó gây trở ngại cho các phân tử để chèn lấp  
những khoảng vào các bề mặt có cực. Vì đó, tương tác của các đầu dây nano ZnO tăng khi độ  
phân cực của dung môi phản ứng giảm đi. Hình ảnh các dây nano ZnO được hình thành  
trên các đầu (A) và (B) của dây nano ZnO được trình bày trong quá trình tăng trưởng cho thấy các  
đầu phẳng có sự khác biệt và thay đổi theo các điều kiện được biểu diễn trong hình  
2.15 [67].

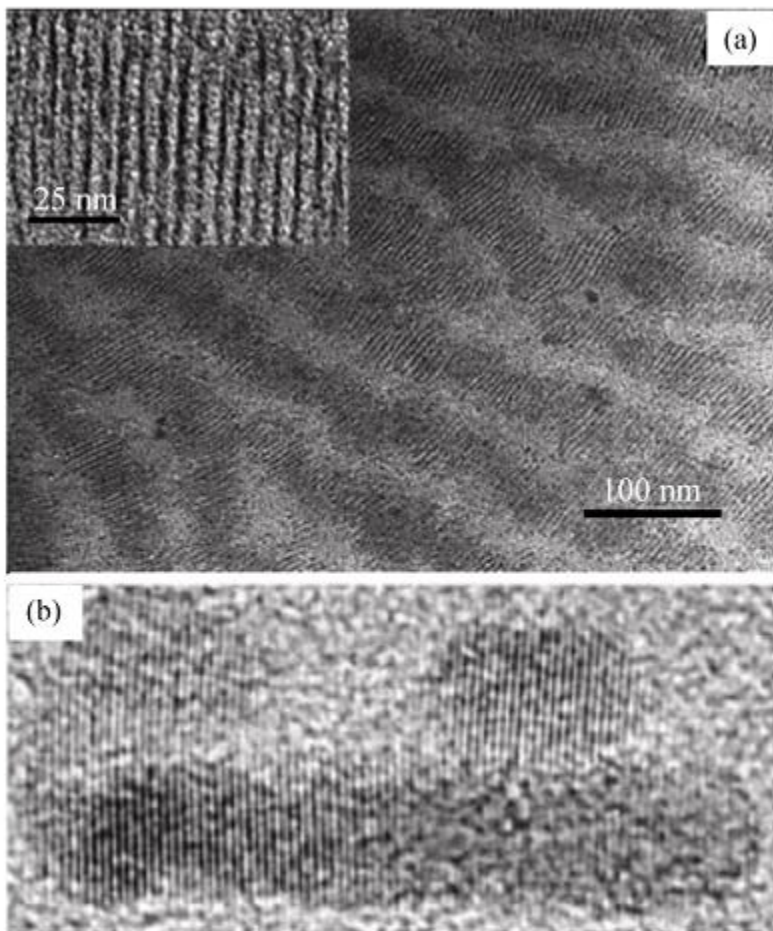




**Figure 2** Transmission electron microscopy (TEM) images of ZnO nanowires synthesized in solvents having different polarities: (a) in methanol [66], (b) in ethanol [66], and (c) in 1-butanol [68]. Even though the reaction temperature and the growth time are different, we can still see the effect of the solvent polarity on the nanowire aspect ratio. Insets in (a) and (b) are selected area electron diffraction patterns. (d) Schematic illustration of growing +c ends of ZnO with two common interplanar angles [67]. Reproduced with permission

[REDACTED]

hi vọng mọi nhà nghiên cứu có các dây nano siêu mỏng ở đường kính 2nm có thể được tổng hợp từ các tiền chất axetal đơn giản như được biểu diễn trong hình 2 (a) [71]. Các dây nano siêu mỏng này cũng có thể tập thành các chùm dây nano đồng đều định hướng song song với nhau [69, 70]. Các phép đo



**Figure 3** (a) TEM image of self-assembled ZnO nanowires with diameters of about 2 nm (inset: higher resolution image showing the oriented stacking; nanowires are dark contrast) [71]. (b) TEM image of the ultrathin nanowire formed by orientational aggregation of several quantum dots [72]. Reproduced with permission

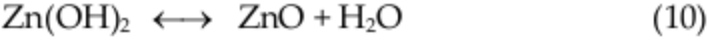
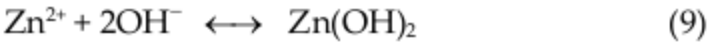
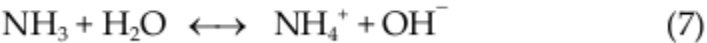
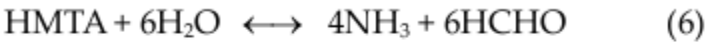
[REDACTED]

Các dung dịch kim loại cũng có thể là các bazơ yếu như các bazơ như NH<sub>3</sub> và các hợp chất amin khác [74]. Chẳng hạn như, công học tăng trưởng của dây nano ZnO trong NH<sub>3</sub> đã được nghiên cứu trong tài liệu [75]. Ngoài việc cung cấp môi trường bazơ, NH<sub>3</sub> cũng có thể làm trung gian trong sự tạo thành không đồng nhất của các dây nano ZnO [76, 78]. Các thực nghiệm đã chứng tỏ rằng do sự tích tụ các ion Zn<sup>2+</sup> và tăng trưởng của các dây nano ZnO bị hạn chế theo thời gian và cuối cùng đạt đến cân bằng tăng trưởng-hòa tan khi thời gian phản ứng dài hơn, giới hạn này có thể được khắc phục bằng cách thêm vào các dung dịch muối KCN [79] hoặc bằng cách bổ sung dung dịch tăng trưởng [77, 78, 80]. Tuy nhiên khi có sự ăn mòn của NH<sub>3</sub> ZnO thì được hình thành qua phản ứng thủy phân được điều chỉnh trong những tình huống trên, vì thế dẫn đến mức siêu bão hòa thấp được duy trì trong dung dịch, điều đó ảnh hưởng không đáng kể đến việc tăng trưởng của dây nano ZnO, đồng thời không đồng nhất trên các bề mặt mà vẫn trải đều các siêu bão hòa đồng nhất trong dung dịch khác lên. Do cũng là lý do này sau khi tăng trưởng các dung dịch khác nhau và bình chứa phản ứng thủy phân còn sạch mà không có kết tủa gì cả. Khi phản ứng tiếp tục ZnO tiêu hao dần và phức hệ kim amoniac bị phân li dần dần, vì thế duy trì mức bão hòa của Zn<sup>2+</sup> trong dung dịch do đó các dung dịch phản ứng chỉ đóng góp vào sự tăng trưởng không đồng nhất của dây nano ZnO trên bề mặt. Vì vậy, sự tăng trưởng vẫn có thể kết thúc trong một khoảng thời gian dài mà không cần phải bổ sung dung dịch.

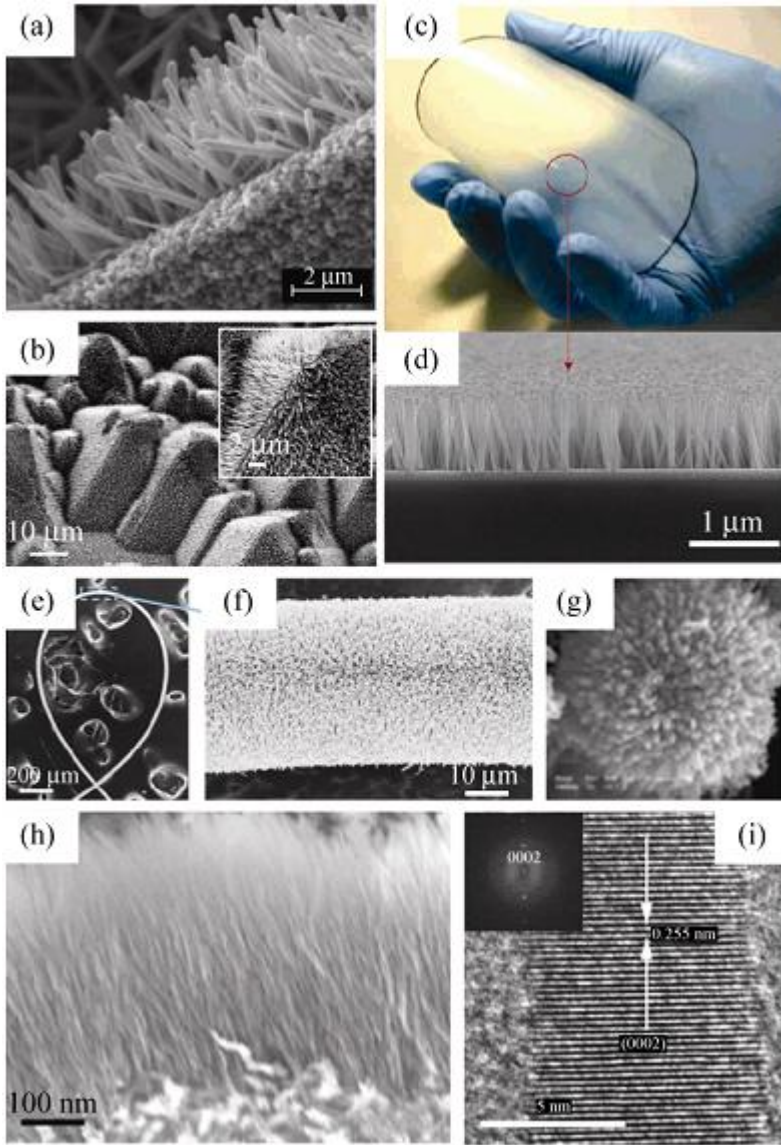
Hương trình (1) đến (5) chỉ mô tả một phiên bản đơn giản của các quá trình tăng trưởng, phiên bản thực tế có thể phức tạp hơn những gì đã được thảo luận ở trên. Chẳng hạn như các phân tử oxy chưa được xem xét gì cả, nhưng trong thực tế, nó có oxy được hòa tan trong dung dịch đồng nhất và nó quan trọng trong chất lỏng môi trường, bởi cũng chỉ dây nano ZnO, nó các bằng chứng thực nghiệm cho thấy rằng, nó cũng đóng góp tăng trưởng được thêm vào đó sẽ hạn chế thành phần của các dây nano ZnO chất lỏng cao với các bề mặt dựa trên cơ sở bề mặt thành SLP thì như dung dịch được chuẩn bị và được khuấy trộn đều sẽ làm cho oxy hòa tan các dây nano ZnO với các bề mặt bị rạch sẽ được hình thành [82].



được dùng để nghiên cứu về tính chất của Zn(OH)<sub>2</sub> trong nước khi hòa tan trong ZnO khi được đun trong lò 1891 trong lò vôi 1881 và đun sôi trong amoniac 1891 hoặc thêm chất màu xanh mới trong 1901. Các thí nghiệm của ông đã cho thấy rằng Zn(OH)<sub>2</sub> là một chất kết tủa trắng và khi đun trong nước lấy cân bằng thì nó sẽ hòa tan trước hoặc sau phía sau. Nội dung công trình nghiên cứu của ông đã được công bố trong tạp chí "Zinc and its compounds" của tạp chí "Zinc and its compounds" số 150-91. Như có thể thấy được từ những thí nghiệm của ông cho thấy rằng sự tạo ra nước mới sản phẩm và vì có sự tương tác trong quá trình phản ứng có nghĩa là sự tăng nhiệt độ phản ứng sẽ đẩy cân bằng dịch chuyển về phía trước. Các thí nghiệm của ông đã được công bố trong tạp chí "Zinc and its compounds" số 150-91. Như có thể thấy được từ những thí nghiệm của ông cho thấy rằng sự tạo ra nước mới sản phẩm và vì có sự tương tác trong quá trình phản ứng có nghĩa là sự tăng nhiệt độ phản ứng sẽ đẩy cân bằng dịch chuyển về phía trước. Các thí nghiệm của ông đã được công bố trong tạp chí "Zinc and its compounds" số 150-91. Như có thể thấy được từ những thí nghiệm của ông cho thấy rằng sự tạo ra nước mới sản phẩm và vì có sự tương tác trong quá trình phản ứng có nghĩa là sự tăng nhiệt độ phản ứng sẽ đẩy cân bằng dịch chuyển về phía trước.



Cho dù các ion đó không được đề cập đến trong quá trình tăng trưởng theo các phương trình phản ứng này, nếu là vậy thì chúng có thể làm tương tác đến tính chất học cuối cùng của dây nano ZnO [9]. Axetat, formate và chloride của kẽm cần đến sự hình thành các thành phần và perchlorate chỉ cần tạo ra các dây và sự tạo ra các ion hình thức khác.



[REDACTED]

...  
...

2.3 Sự ứng dụng sử dụng màng trên các đế nền khác

Nội dung chính của phương pháp hóa ướt là dùng các màng ZnO dưới dạng màng mỏng hoặc hạt nano, các dây nano có thể được hình thành trên các đế nền v. chi. ví dụ như các vật liệu Si (phương [84], an mon [82], các màng dạng cuộn [92], polydimethylsiloxane (PDMS) [93], polytetrafluorethylene (PTFE) [94], giấy [95], sợi [96, 97] và sợi carbon [98] như được minh họa trong hình 5. Tuy nhiên, đã có báo cáo về việc hình thành các dây nano vào một số loại đế nền khác như Si [99], SiO<sub>2</sub> [100], Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> [101] và các lớp màng mỏng khác. Các dây nano ZnO có thể được hình thành bằng cách lắng đọng từ một kim loại trong dung dịch hoặc trên các đế nền có [100]. Một cách khác đưa vào các lớp nền khác nhau chuyển tiếp chẳng hạn như các phân tử tetraethoxylane trên đế polime [96]. Bảng liệt kê sử dụng các màng, sự tổng hợp ở quy mô lớn có thể dễ dàng đạt được [88, 93].

Màng mỏng màng có thể được hình thành trên các dây nano ZnO [83, 84]. Các màng có thể được chế tạo theo nhiều cách. Phân bố các vật liệu khác nhau quay các chấm lượng tử theo là hai phương pháp được sử dụng phổ biến nhất [100, 102]. Trong suốt quá trình lắng đọng, dây nano ZnO tạo màng ưu tiên từ một mặt có hình chên gần các điện hạt giữa hai hạt lân cận nhau trong màng mỏng ZnO [103]. Độ rộng của các dây nano dạng màng mỏng thường nhỏ hơn 100nm và nó phụ thuộc chặt chẽ vào kích thước hạt của màng đa tinh thể. Chiều dài của dây nano có thể nhỏ hơn 10micromet, vì vậy từ đó chúng có thể lên tới [104]. Dây nano ZnO có sự hình thành đồng nhất trên bề mặt nhưng một lượng có trục có vuông góc với đế [94], cho dù có những trường hợp khi có sự định hướng không hoàn toàn [105]. Sự định hướng đồng nhất của các màng dây nano thường là ngược lại do bản chất đa tinh thể của màng [83, 84]. Green và các đồng nghiệp đã minh chứng rằng màng mỏng ZnO được chuẩn bị bằng sự phân ly nhiệt của tiền chất axetat kẽm có thể cho ra các màng dây nano ZnO được định hướng thẳng đứng rất tốt [106]. Ở mức độ ảnh hưởng phụ thuộc mạnh vào độ ẩm của môi trường xung quanh trong suốt giai đoạn nuôi màng [89].

Sau khi kẽm cũng có thể làm màng bởi vì nó dễ dàng oxy hóa hơn ZnO trong không khí và dùng để [17]. Fang và các đồng nghiệp đã đưa ra một phương

thay thế bằng lớp các màng sợi nano ZnO siêu mịn. Hệ dây đặc dùng để kim loại Zn trong dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bão hòa và nước [108] như được biểu diễn trong hình 5. Như đã đề cập, trên ZnO có thể hình thành lớp màng siêu mịn điện phân trong môi trường kiềm. Các nghiên cứu bởi Kaiya và các cộng sự đã chứng minh rằng sự điện phân của NaOH trong ethanol như một dung môi duy nhất các loại hình thái học ZnO khác nhau có thể được tổng hợp trên là kẽm chẳng hạn như dây nano, đầu nhọn nano và các thanh nano được định hướng tới [109]. Đặc biệt, mức độ định hướng của các thanh nano được cải thiện khi sử dụng NaOH [109].

Ở sự cạnh tranh giữa sự tạo mầm đồng nhất và sự tạo mầm không đồng nhất trong dung dịch và sự tạo mầm không đồng nhất nơi chúng có hàng rào năng lượng kích thích thấp hơn so với sự tạo mầm đồng nhất. Tương tự, năng lượng phân tử giữa tinh thể và đế thường thấp hơn năng lượng phân tử giữa tinh thể và dung dịch [50]. Vì thế, năng lượng đồng nhất nên một đế được tạo mầm siêu mịn hoặc tiếp nối sự tạo mầm và sự tăng trưởng trong dung dịch đồng nhất [49, 75, 85, 107, 109]. Nơi cách khác sự tăng trưởng trên các mầm siêu mịn nhanh hơn hơn sự tạo mầm trong dung dịch đồng nhất. Vì lý do là các mầm siêu mịn đã đi vòng qua hàng rào năng lượng để sự tăng trưởng của các dây nano ZnO bắt đầu dây có mầm ZnO và do đó mật độ dây nano thường khá cao [84, 94, 101]. Một số nghiên cứu đã thấy rằng điều kiện một số của màng dây nano ZnO đã được tạo mầm cho các ứng dụng chẳng hạn như phát xạ trường [112, 113] và các dây phát nano đồng trục kép [100, 114].

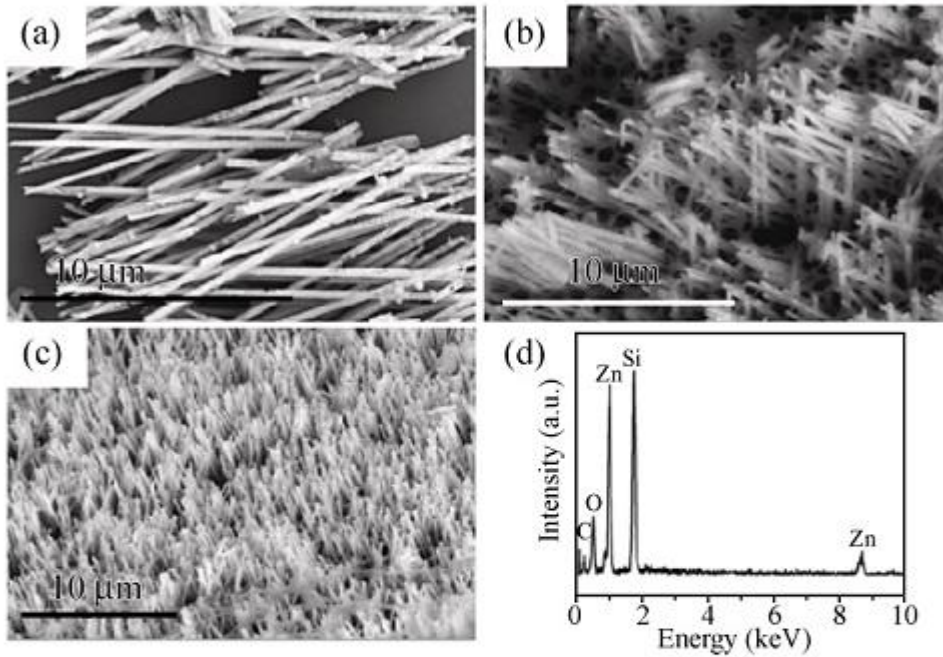
Nơi một cách đơn giản điện phân chiều dày lớp mạ có thể điều khiển mật độ dây nano. Chiều dày lớp mạ có thể điều khiển bởi các mầm không còn hình thành các màng mỏng liên tục mà hình thành các hạt đảo tách rời nhau. Liu và các cộng sự đã thấy rằng khi chiều dày lớp mạ thay đổi từ 5nm-35nm bằng phản ứng mạ điện của các màng ZnO thay đổi từ 0,8x10<sup>10</sup> đến 2,6x10<sup>10</sup> dây nano/cm<sup>2</sup> [115]. Khi chiều dày lớp mạ vượt qua khoảng này, mật độ dây nano ít nhất hơn. Nếu lớp mạ quá mỏng, do diện tích bề mặt cao và vì vậy thế hòa tan của các mầm đã tinh thể tạo sự mất lý với một hơn sự tăng trưởng tại đoạn tăng năng lượng và do đó không có sự hình thành các dây nano ZnO. Nếu chiều dày lớp mạ một giá trị cao độ, chiều dài 5-50nm, các lớp ngoài cùng của màng mỏng và nó quan trọng. Nếu lớp mạ mỏng chuẩn bị bằng điện phân các mầm kéo dài quay có thể điều khiển mật độ của các chấm kết trên đế bằng cách định hướng độ quay của trục siêu vòng như một dây dài từ 1,8-10,3x10<sup>10</sup> [116].











**Figure 7** SEM images of (a) isolated ZnO nanowires, (b) ZnO nanowires embedded in a polycarbonate template, (c) free standing ZnO nanowire arrays after removal of the template, and (d) representative energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) plot of the as prepared ZnO nanowire arrays [129]. Reproduced with permission

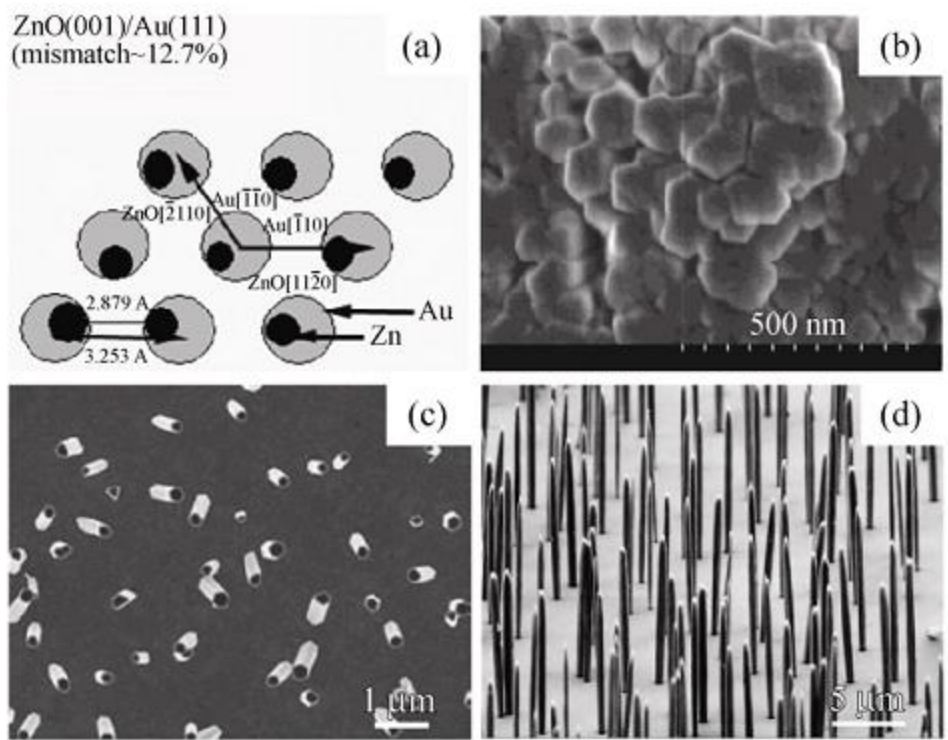
thực tế được bằng cách hòa tan mẫu khuôn K. hoặc hay không thì K. hay không hay nano ZnO mà có thể được dùng cho việc chế tạo các cấu trúc nano oxit bán dẫn loại chúng. Tuy nhiên, do các ZnO và Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> là các oxit không dẫn điện thì khi kết hợp vào để chuyển có những màng mỏng bán dẫn thì nên diện của các dây nano ZnO loại vật liệu bán dẫn không hay thì khuôn polycarbonate đã được dùng mình và thì để các màng dây nano ZnO cũng dùng. Như được hiển diễn trong hình ảnh sau đây. Các công cụ và ra mà mà phương pháp khuôn polycarbonate đơn giản để tổng hợp các cấu trúc nano oxit bán dẫn. Trong đó được hình ảnh các dây nano ZnO có thể được hiển diễn như là 10 đến 200 nm chiều dài nằm trong khoảng  $\mu\text{m}$  về cách để khuôn dạng thì vậy vì có thể để lại kích thước của các kênh ở khuôn [129].

Hay nhiên vậy thì nên chúng ta dây nano bán dẫn được chế tạo bằng khuôn này là chất không dẫn điện mà không dẫn điện thông thường hay là bán dẫn cũng hoặc là vô định hình hoặc là kim thể bao gồm các tinh thể nhỏ. Vì nhiều khuyết tật có thể tồn tại trên các bề mặt của khuôn nên chúng ta cần trong các thiết bị quang điện tử cũng có thể dùng thấy trước là các nước điện này có thể được khắc phục bằng cách tối ưu hóa thêm các điều kiện tăng trưởng.

Nếu cần các màng mỏng các khuôn cũng có thể được hình thành lại chỗ bên trong để phân biệt. Lưu ý các công cụ và chúng tôi cũng các hạt K. thì loại với sự khác biệt rất của nó có thể là một khuôn cho sự tăng trưởng của dây nano ZnO [130]. Phương pháp quan trọng nhất trong kỹ thuật này là hình thành dung dịch của các lớp oxit được hình thành trước đóng vai trò như các khuôn vì nó sẽ tạo nên và tăng trưởng bán dẫn [30]. Hơn nữa các polyme ion và cũng có thể đóng vai trò như các khuôn mềm cho sự tăng trưởng của các dây nano ZnO. Sự tăng trưởng này xanh cyan (Cyanide tetraethylammonium (CTAB)) cũng vậy các công cụ và đưa ra dây hình ảnh này để thể hiện một loại hình ảnh về thuốc nhuộm. Về lại hóa học được báo là là các dây nano ZnO và các phân tử thuốc nhuộm. Trong quá trình tăng trưởng các vật liệu CTAB-PB được hình thành và tạo nên các lớp ion đóng vai trò như một khuôn mềm cho sự tăng trưởng của ZnO [31-34]. Thêm vào đó Alkylselenol và các công cụ và đưa ra một phương pháp mới dây nano ZnO sử dụng khuôn A-DNA và diện tích của các dây nano dạng tăng trưởng vào các dây nano.

### 3.5. SỰ TĂNG TRƯỞNG EPITAXY

Trong quá trình tăng trưởng sự tăng trưởng epitaxy cũng có thể quan sát được. Trong quá trình tăng trưởng của các dây nano ZnO và Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trên các bề mặt bán dẫn thì nên diện của các dây nano ZnO loại vật liệu bán dẫn không hay thì khuôn polycarbonate đã được dùng mình và thì để các màng dây nano ZnO cũng dùng. Như được hiển diễn trong hình ảnh sau đây. Các công cụ và ra mà mà phương pháp khuôn polycarbonate đơn giản để tổng hợp các cấu trúc nano oxit bán dẫn. Trong đó được hình ảnh các dây nano ZnO có thể được hiển diễn như là 10 đến 200 nm chiều dài nằm trong khoảng  $\mu\text{m}$  về cách để khuôn dạng thì vậy vì có thể để lại kích thước của các kênh ở khuôn [129].



**Figure 8** (a) Schematic illustration of the epitaxial relationship between ZnO(0001) and Au(111) [141]. SEM images of (b) 500-nm-thick ZnO on single crystal Au(111) substrate [142], (c) density controlled ZnO nanowire arrays on polycrystalline Au(111) substrate [91], and (d) aspect ratio enhanced ZnO nanowire arrays guided by a statistical design of experiments [50]. Reproduced with permission





**Figure 9** A digital photograph of the reaction container showing the substrate floating on the solution surface by surface tension

[REDACTED]

[REDACTED]

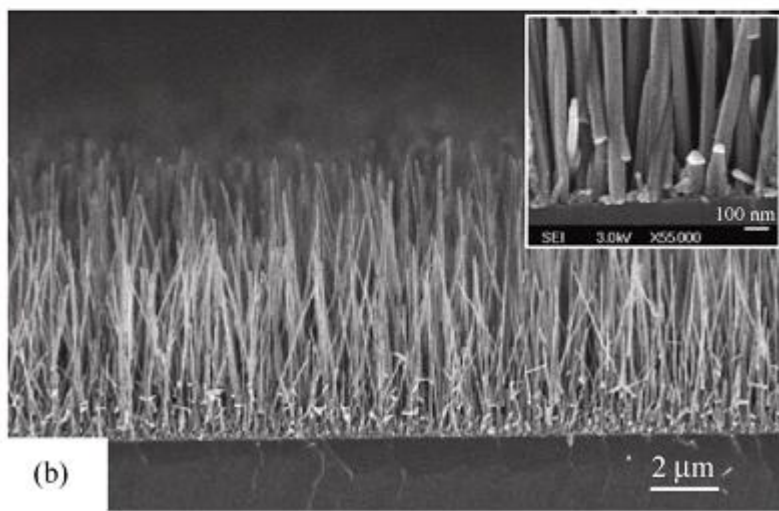
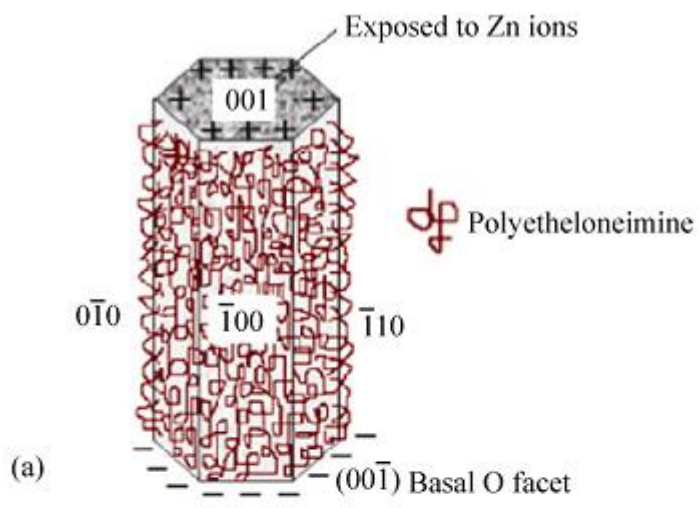






đều mang điện tích âm nên chất hoạt động bề mặt có thể là do sự bám của ZnO lên bề mặt trong kết hợp với ZnO của các sợi dây dưới dạng hạt ZnO do sự kết hợp của PEG với ZnO. Tương tự sau quá trình tăng trưởng sẽ có sự kết hợp hình thành trong dung dịch khối lớn là nhân dung dịch ở đó các phân tử của dung dịch chỉ bị ảnh hưởng bởi các phân tử dung dịch khác, chứ không bị ảnh hưởng bởi các phân tử rắn hoặc khối lỏng chứa hoặc bề mặt dung dịch) dưới sự tiến triển là phối hợp Li chủ động phụ không có PEG. Vì thế, các sợi dây nano dài hơn có thể được tạo ra qua sự kéo dài thời gian tăng trưởng mà không thay đổi dung dịch tăng trưởng, do ZnO kéo dài qua 10 phút tăng trưởng nên nó sẽ được bổ sung qua sự phân ly phức hệ PEG-ZnO [156].

Các ion citrat được đặc trưng bởi ba điện tích âm trong môi trường tăng trưởng bình thường. Kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu này cũng như các tính toán lý thuyết cho thấy rằng các ion citrat bám rất mạnh vào các ion Zn<sup>2+</sup> trên các bề mặt (0001), và do đó ức chế sự tăng trưởng dọc theo  $\{0001\}$  và bị được để tăng trưởng dọc theo các hướng  $\langle 01\bar{1}0 \rangle$  hoặc  $\langle 2\bar{1}\bar{1}0 \rangle$  [150, 152, 150]. Với các ion citrat, các sợi nano lục giác phẳng như không phải các dây nano lục giác dài được tạo ra như được minh họa trong hình 1.1 [150, 151]. Do hệ số bám cao của citrat hoặc điện tích của các mặt phẳng cơ sở có các được phủ ra lên các sợi nano dài, các mặt điện tích dương xúc tác mạnh đối với sự tăng trưởng các hợp chất hữu cơ để bay hơi so với tăng dây nano ZnO một chiều bình thường [16]. Tương tự, chúng ta cũng thấy rằng dưới sự tiến triển của các ion citrat, sức căng bề mặt của dung dịch tăng trưởng giảm dần này làm giảm năng lượng cần thiết để tạo thành một pha mới và do đó cấu trúc nano ZnO có thể tạo nên tại trạng thái siêu bão hòa thấp hơn [158]. Ngoài ZnO, phương pháp tăng hợp này cũng có thể được sử dụng để điều chỉnh và kiểm soát sự tăng trưởng của các ống nano khác chẳng hạn như dây nano polymer dẫn điện [162] và ống nano TiO<sub>2</sub> [163].



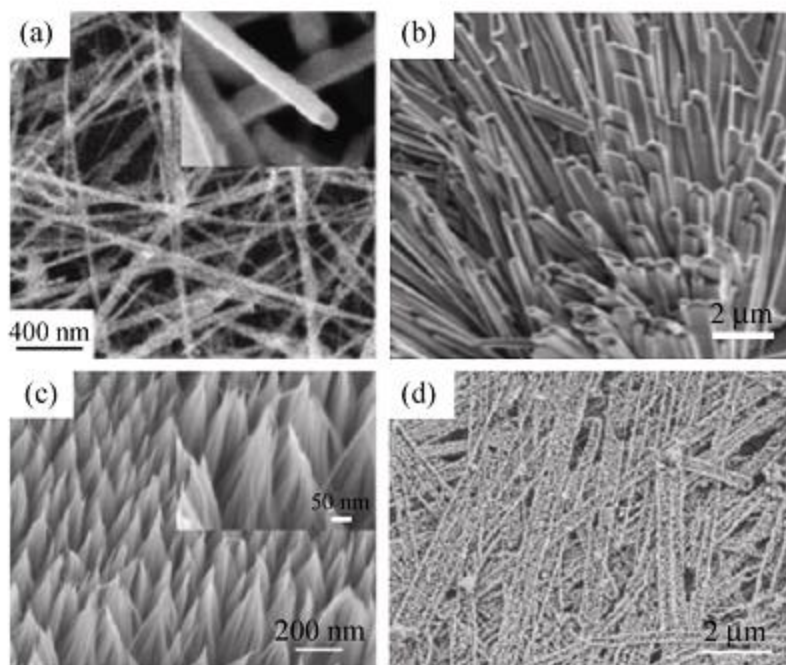


Hay nhiên, để có một số báo cáo về tổng hợp đại nano ZnO kết diện chủ yếu bằng phương pháp hóa ướt, mặc dù chúng không nhất thiết phải mang những hướng không phân cực. Các đại nano từ đó trở lại trong các ứng dụng khác [17].

Hình 12 tại hình ảnh cấu trúc Si-M của đại nano ZnO được tổng hợp bằng phương pháp ứng dụng dịch cơ sở cấp thấp của vi nhũ tương [15]. Các vi hạt nano được hình thành và được nhận ứng dụng như là giao diện đại nano ZnO và tinh thể mang hướng không đẳng hướng của ZnO wurtzite, các hạt nano trải qua một quá trình phân bố ảnh hưởng để giảm lượng của toàn bộ hệ bằng cách ép chồng. Và sau đó pha trộn với một các tấm nano an can, cuối cùng điều này dẫn đến sự hình thành đại nano ZnO kết diện chủ yếu nhất mỗi chiều, có chức năng trong cấu trúc gắn cơ định hướng này, nhằm ưu thế khuynh hướng của kết cấu của tinh thể wurtzite. Tiếp theo sẽ làm phẳng đại nano, cuối cùng khuynh hướng độ lệch chất bị hạ thấp [15].

Đại nano ZnO kết diện chủ yếu nhất tăng hướng theo hướng [0001], cũng đã được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt kiểm soát đều đặn với sự tham gia của ethylenediamine (EDA) [16]. Khác với trường hợp này, đại nano định hướng theo chiều dọc trên đế kim loại Zn đã được chế tạo bằng phương pháp điện hóa tại chỗ được biểu diễn trong hình 12 (c). Đối với sự hình thành màng này, đại nano ZnO hoặc đại nano chúng ta thấy rằng được quan trọng là tốc độ tạo mầm nhanh hay chậm, điều này sẽ dẫn đến sự hình thành đại nano hoặc đại nano hướng [16].

Đại nano ZnO xốp được biểu diễn trong hình 12 (d) được chế tạo bằng phương pháp này nhờ sự đại nano kẽm xelai đại lớp tổng hợp bằng một quy trình duy nhất trong các điều kiện bình thường, trong quá trình xử lý hóa học trong dung dịch các phân tử liên cơ và các phân tử nước xelai, đây là được loại bỏ từ đại nano kẽm xelai. Các hạt nano đại nano ZnO xốp và các cấu trúc đại nano ZnO màng đại nano xelai kẽm cơ hạt hạt lớp đóng vai trò như khuôn [16].



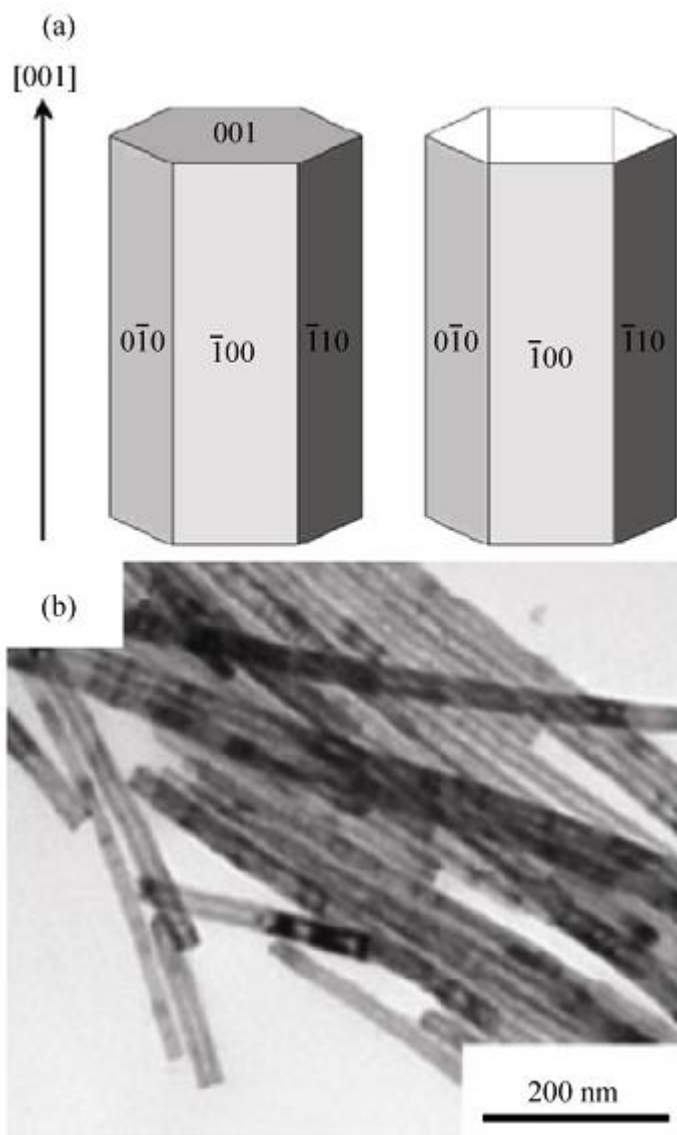
**Figure 12** (a) SEM image of ZnO nanobelts synthesized by a microemulsion-mediated wet chemical method. Inset shows a typical rectangular cross-section feature of the nanobelts [73]. (b) SEM image of free standing nanobelt arrays [167]. (c) SEM image of ZnO nanobelt arrays grown on a metallic Zn substrate [168]. (d) SEM image of porous polycrystalline ZnO nanobelts and nanoparticle chains formed by the thermal decomposition of synthetic bilayered basic zinc acetate nanobelts [169]. Reproduced with permission

[REDACTED]

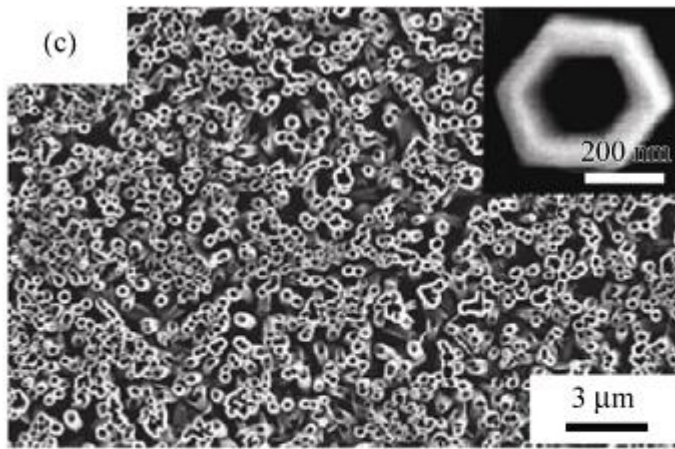
[REDACTED]

[REDACTED]

điện tử, hoặc cảm biến khí, môi trường, các buồng cộng hưởng siêu âm, hoặc quang học [70]. Các ống nano ZnO đã được chế tạo bằng cách sử dụng một số phương pháp [71-73] chẳng hạn như: (1) oxy hóa độ dày lớp màng [74], sử dụng thành phần dung môi thích hợp [74], (2) oxy hóa [75], (3) oxy hóa điện [75] và (4) điều chỉnh pH [76]. Các ống nano ZnO có thể được chế tạo bằng phương pháp tăng trưởng một bước [77-79], hoặc tăng trưởng hai bước qua trình anoden [77, 78] như được biểu diễn trong hình 15. Độ dày thành ống nano có thể được kiểm soát chính xác bằng cách kiểm soát thời gian anoden [80] [79]. Các ống nano cũng có thể được tăng trưởng trên dây nano trên các đế để được tạo thành [80], với sản lượng gần 100% [18].







**Figure 13** (a) Crystal growth habit of wurtzite ZnO hexagonal nanowires and nanotubes [170]. (b) TEM image of high aspect ratio ultrathin single crystalline ZnO nanotubes [173]. (c) SEM image of arrayed ZnO nanotubes [172]. Reproduced with permission

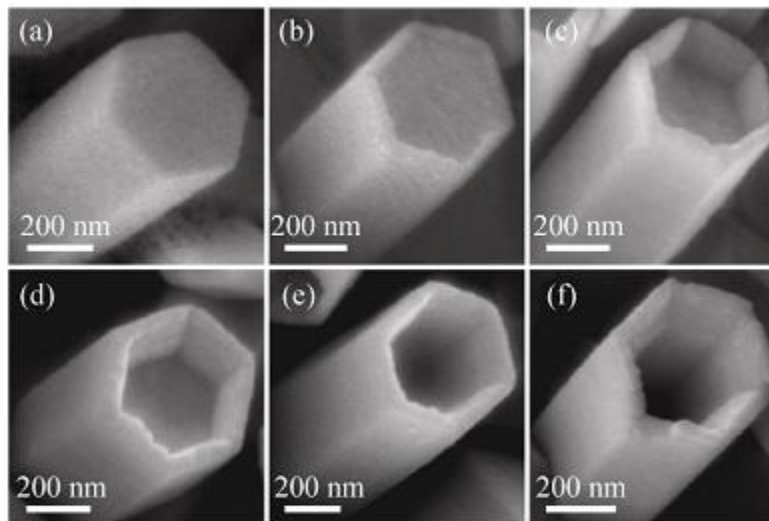
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

đều tốc độ tăng trưởng nhanh hơn so với 0 min. Tuy nhiên, từ các công thức cho rằng sự hình thành các ống nano ZnO do sự tích hợp trong giai đoạn tăng trưởng ban đầu và sau đó sự phân ly của các hạt ZnO. Như vậy, sự hình thành của các ống nano ZnO là do chế độ hình thành của các ống nano ZnO.

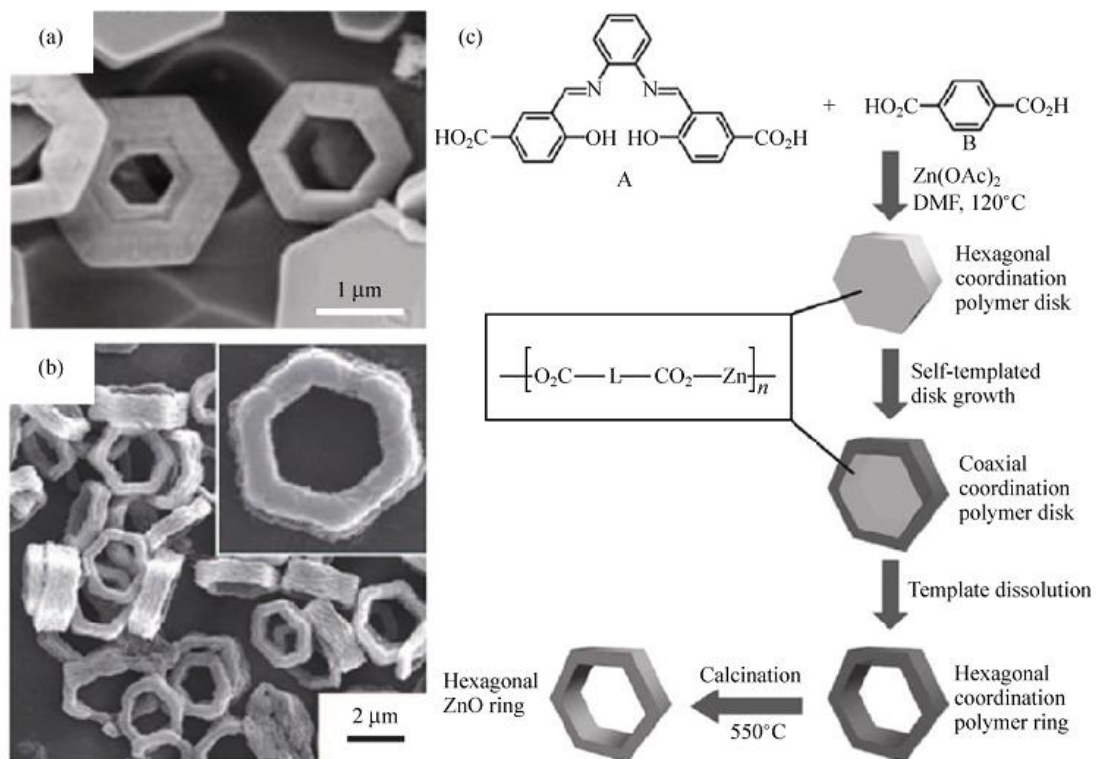
Tuy nhiên, người ta nhận thấy rằng sự hình thành các ống nano ZnO là một quá trình được điều khiển động học. Hình thái và kích thước cuối cùng của các ống nano được xác định bởi sự cạnh tranh giữa hấp phụ và giải hấp của các phân tử liên kết hay nó chính là quá trình tăng trưởng và hòa tan. Hình thể [56, 184] trong giai đoạn đầu, tốc độ tăng trưởng tương đối cao vì mức độ bão hòa tương đối tăng trưởng cao và phương pháp thủy nhiệt kéo dài phản ứng đạt đến một trạng thái cân bằng nhất định và bề mặt nhiệt động lực học các thành phần dung dịch vẫn còn thừa lại cho sự hình thành của Zn(OH)<sub>2</sub> sau đó nó có thể bị khử nước thành ZnO [87] và tốc độ hòa tan ZnO nhanh hơn (tốc độ hình thành [174]). Như đã thảo luận trước đây, các bề mặt có các sự xử lý hướng đi hóa học điều này hạn chế đáng kể trong quá trình tăng trưởng của tinh thể hóa tiếp theo và dần dần dẫn đến sự hình thành các ống nano ZnO [183, 185], như minh họa trong hình 14 [186].



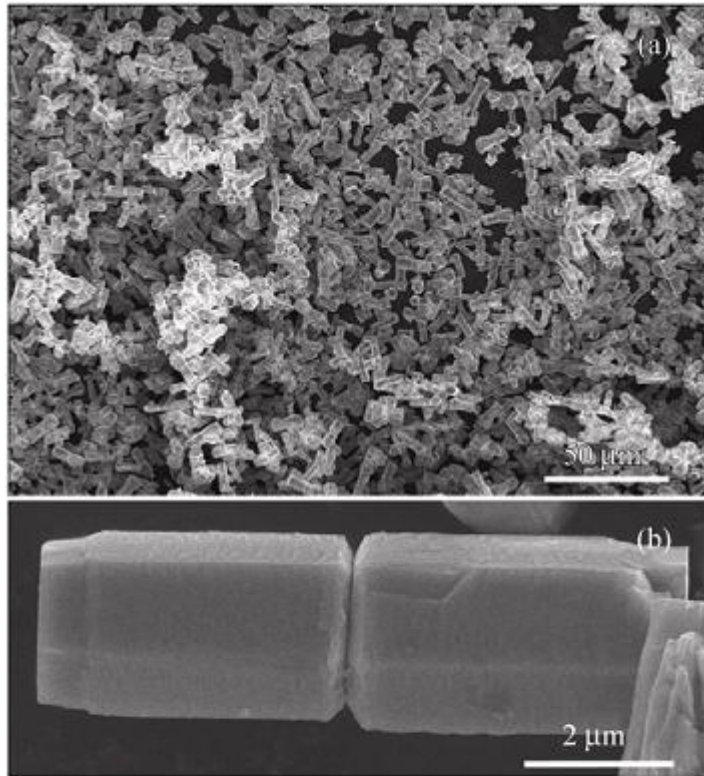
**Figure 14** SEM images illustrating the formation of ZnO nanotubes at different etching stages: (a) 0 min, (b) 5 min, (c) 10 min, (d) 15 min, (e) 60 min, and (f) 120 min [186]. Reproduced with permission

Trong nước kiềm thì các vòng ZnO cũng có thể được tổng hợp dựa sự tăng trưởng của đĩa và một đĩa định an mon tiếp theo [187]. Các công sự sử dụng natri bis (2-ethylhexyl) sullosuccinate (NaAOT) như là hoạt chất bề mặt / khuôn để chế tạo các vòng và đĩa ZnO ở nhiệt độ thấp trên quy mô lớn như hình 5 (a) [187]. Các NaAOT bề mặt anion có thể hình thành các vi hạt các buồng phản ứng siêu nhỏ với nhiều hình dạng từ hình cầu đến thành ellipsoid và đĩa bằng cách điều chỉnh các thông số thực nghiệm [188]. Cấu trúc nano ZnO có thể tăng trưởng trong các buồng phản ứng siêu nhỏ bởi cùng các ion AOT có cơ hợp tại bề mặt phản ứng nước / dầu có thể làm các ion Zn<sup>2+</sup> bị do do định hướng cho sự tạo mầm của ZnO. Bằng cách kiểm soát các thông số tăng trưởng như các nhiệt độ tăng trưởng và tỷ lệ mol của chất phản ứng, các đĩa nano có thể được chuyển đổi thành vòng do các tương tác liên diện giữa các ion AOT anion và các ion Zn<sup>2+</sup> trên bề mặt (b) của ZnO. Do đó nên cần các ứng dụng theo hướng [190] và thực đây tăng trưởng dọc theo hướng <110> hình thành các đĩa nano lục giác được báo cáo bởi các bề mặt bên (110). Mọi quá trình an mon tiếp theo dẫn đến sự hình thành các vòng nano lục giác [187].

Trong vòng tự tăng trưởng và quá định an mon, quá định tăng trưởng được vận hướng tự tạo khuôn cũng có thể chế tạo được các vòng ZnO như hình 5 (b) [189]. Bằng hướng phản ứng phân rã của các hạt polymer nhỏ và có hình dạng khác thường được hình thành từ sự kết hợp của 2 phối tử hữu cơ khác nhau cụ thể là xi-*N,N*-phenylenebis (sallylideneimine) dicarboxylic (A) và axi-*N,N*-benzenedicarboxylic (B). Cơ chế tăng trưởng được được biểu diễn trong hình 5 (c) [190]. Các phối tử này hình thành nên các đĩa polymer phối vị và sau đó sẽ đóng vai trò như các khuôn cho sự hình thành của vòng lục giác. Bước theo là sự hòa tan của đĩa polymer phối vị sau oxy hóa các đĩa cùng với vòng lục giác ZnO làm nảy sinh vòng ZnO. Nó là đa tinh thể trong tự nhiên [190].



**Figure 15** (a) SEM image of the as synthesized ZnO rings prepared by the growth and etching process [187]. (b) SEM image of the templated growth and calcination of ZnO rings [189], and (c) the proposed growth mechanism, where  $-\text{O}_2\text{C}-\text{L}-\text{CO}_2-$  represents deprotonated acid A or B [190]. Reproduced with permission



**Figure 16** (a) A general view of the as-grown twinned ZnO structures, and (b) a magnified view of a symmetric twinned structure [174]. Reproduced with permission

[REDACTED]

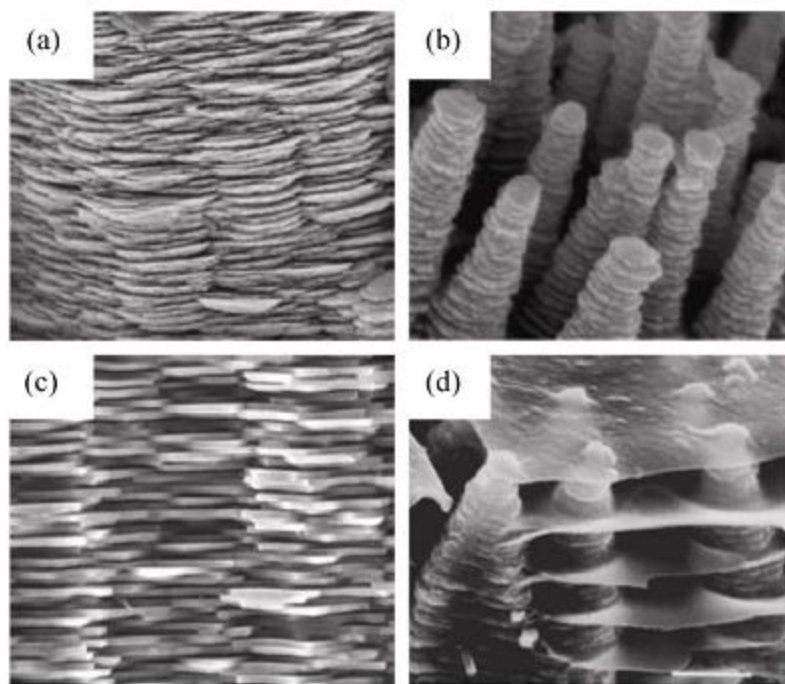
[REDACTED]

[REDACTED]

đang hai kim từ tính và lấy  $U_{11}$  làm mặt phẳng liên kết chung. Ngược lại khi ứng dụng laser trường từ KBR hoặc NaN<sub>3</sub> thì các chất khoáng học của laser song tinh có hình quả tạ và lấy  $U_{01}$  làm mặt phẳng liên kết chung. Đối với trường hợp thứ hai, các ion K<sup>+</sup> Na<sup>+</sup> có thể đóng vai trò như một cầu nối giữa các mảnh phân tử laser trường từ điện  $ZnO_4^{6-}$  tương tự như cấu trúc của mica [194]. Trong bất kỳ trường hợp nào, rõ ràng cấu trúc song tinh sẽ xuất hiện trong các điều kiện phản ứng cụ thể [174].

#### 3.4 Cấu trúc phân cấp

Đây là lập luận khi chế tạo các cấu trúc nano phức tạp ba chiều với hình thái học và sự định hướng có thể kiểm soát được. Liang và các cộng sự [175] đã đưa ra một phương pháp hóa ướt bề mặt quan trọng để tổng hợp các cấu trúc nano ZnO hình lập phương và có định hướng được điều khiển bởi TGA dựa trên sự tăng trưởng mầm thông thường của các dây nano ZnO. Họ đã sử dụng amon citrat làm tác nhân bắt đầu có thể kiểm soát an và có hướng hướng bám vào các mặt năng lượng của ZnO [160] gần đây [176] tăng trưởng dọc theo hướng [0001] dẫn đến sự hình thành các ống nano đồng nhất. Tốc độ biến đổi trong hình [17 (a) và 17 (b)] các ống nano dạng sợi ZnO dạng laser trường giống như ống xi măng trong cả hai chế độ được điều chỉnh trong hình [17 (c) và 17 (d)].



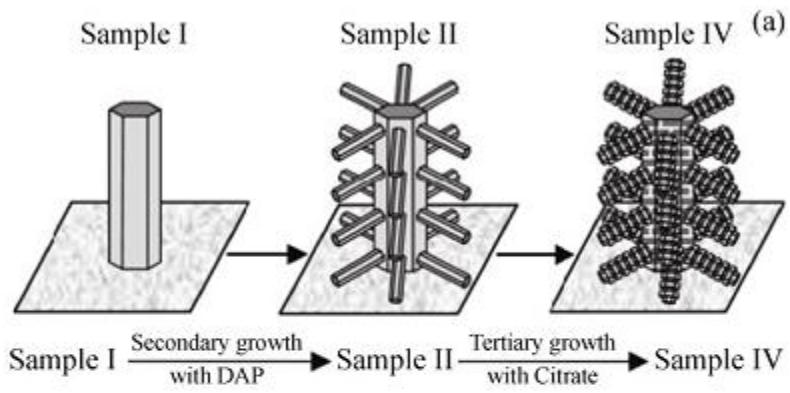
**Figure 17** (a) Side view and (b) oblique view of oriented biomimetic ZnO columnar nanoplates, which resemble the (c) side view and (d) oblique view of the nacreous plate structures in red abalone fish [161]. Reproduced with permission

[REDACTED]

ùng với các anion citrate, các diamine như ethylene diamine, diaminobutane, và diaminopropane cũng đã được sử dụng để dẫn hướng sự tăng trưởng, dẫn đến việc tạo ra cấu trúc cột nano ZnO [195–198]. Cơ chế tăng trưởng đã được đề xuất dẫn ra ảnh hưởng của chúng lên pH cũng như sự phối hợp với Zn<sup>2+</sup> [198]. Sự tạo mầm ưu cấp tương tự như trên các bề mặt dây nano ZnO mới đây cũng đã được chứng minh bằng cách phủ một vòng các hạt nano mầm [199]. Kể từ khi các phân tử diamino-propane kết hợp với các phân tử nước và các phân tử hydroxyl hấp thụ ra bên ngoài các phân tử diamino-propane trên bề mặt dây nano, sẽ nâng cao giá trị pH cục bộ, hỗ trợ sự hình thành của mầm ZnO trên bề mặt dây nano. Những hạt được tạo mầm đóng vai trò như mầm, tạo ra cấu trúc tăng trưởng dạng ống quanh hạt mầm, kết quả là tạo ra các dây nano có sự khuếch tán đồng

[REDACTED]

[REDACTED]



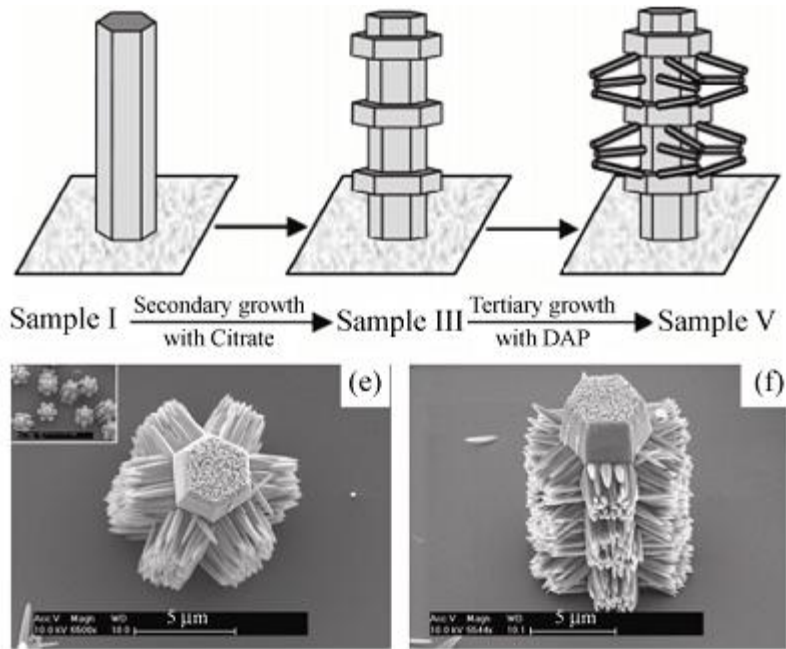
Sample I



Sample III

Sample V (d)



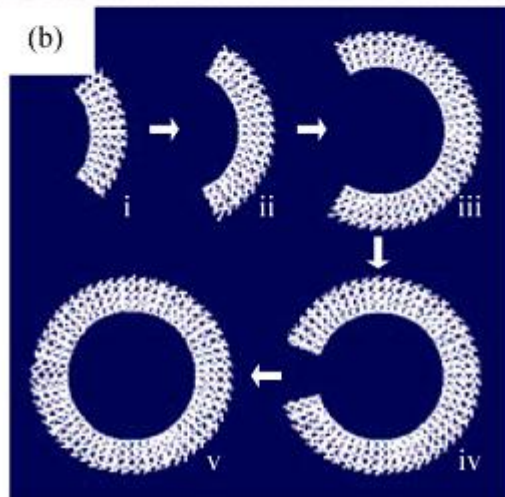
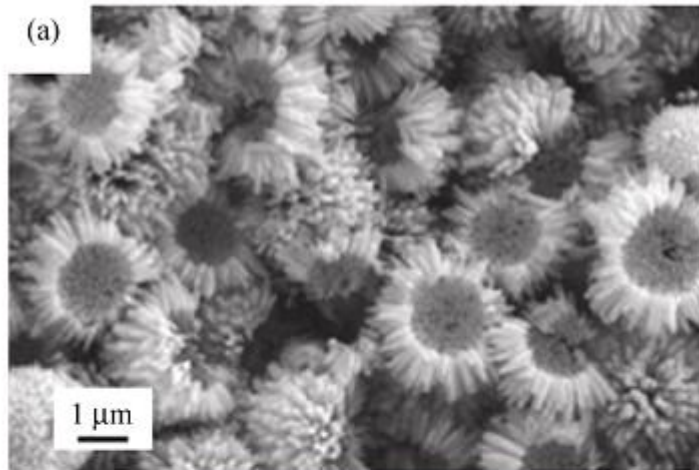


**Figure 18** (a) Schematic illustration of the effect of consecutive addition of diaminopropane and citrate on the growth of hierarchical ZnO nanostructures, and (b) and (c) the corresponding SEM images of the as-grown nanostructures. (d) Schematic illustration of consecutive addition of citrate and diaminopropane on the growth of hierarchical ZnO nanostructures, and (e) and (f) the corresponding SEM images of the as-grown nanostructures [195]. Reproduced with permission

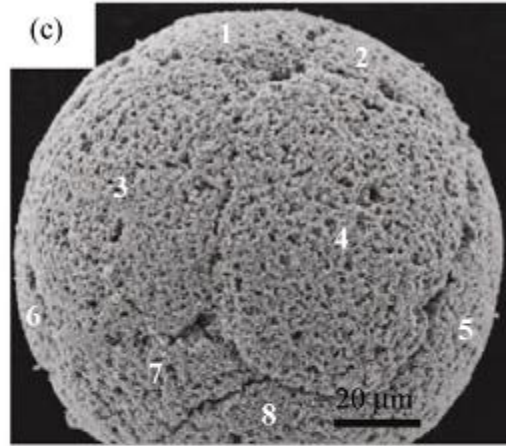
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



1



**Figure 19** (a) SEM image of the hollow hemispheres self-assembled from ZnO nanowire arrays [200]. (b) Schematic illustration of the self-assembly process of the hollow microspheres, and (c) SEM image of a self-assembled hollow microsphere [201]. Reproduced with permission

[REDACTED]

Sau đó, những hạt hình cầu thu cấp tiếp tục va chạm và sáp nhập với nhau để tạo thành các multimer (ví dụ, dimers, trimers, v.v.) bằng chuyển động Brown ngẫu nhiên. Qua quá trình Ostwald ripening, các bán cầu rỗng được tạo ra từ các nanowire nano ZnO đã được hình thành bằng cách hòa tan các multimer nhỏ. Lưu ý các công suất  $\alpha$  và  $\beta$  là dựa ra một phương pháp khác tương ứng các khối kết từ ZnO hình cầu rỗng như được biểu diễn trong các Hình 19 (b) và 19 (c) [201]. Sự tự tổ chức của các bán cầu rỗng ZnO đã được thực hiện bởi sự phối hợp của CTAB, Zn (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> và ethylene diamine. Sự gắn các thành tế bào có hình dạng bán cầu vào các điện trường làm ZnO được tiến nổi bằng sự hình thành các điện trường nhiều tầng phức tạp và cuối cùng sẽ hình thành các hình cầu từ các điện trường nhiều tầng.

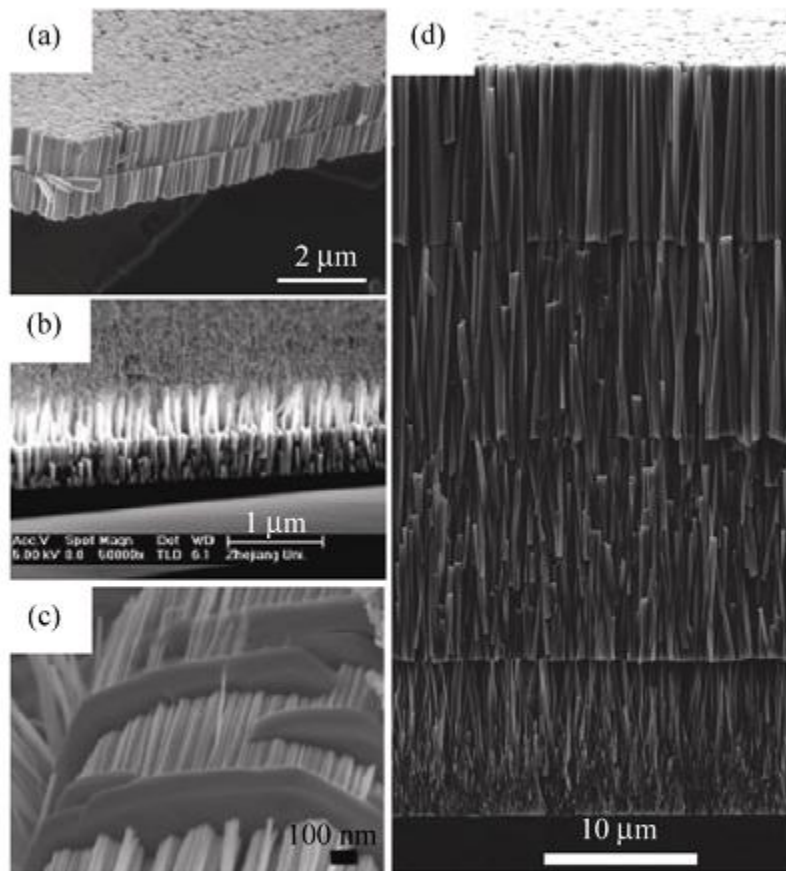
Nói cách khác, quá trình tổ chức phân cấp này bắt đầu từ sự hình thành nanowire ZnO, sau đó các thành nano bị kết tập thành các điện trường nhiều tầng, và cuối cùng các điện trường nhiều tầng kết tập vào vi cầu rỗng [201].

Sau khi các vi cầu rỗng ZnO được hình thành bằng phương pháp hòa tan  $\alpha$  và các công suất  $\beta$  kết hợp các công suất  $\alpha$  và  $\beta$

đây là tỉ lệ hỗn hợp cần không của các màng dây nano ZnO hai lớp xếp chất dây đặc, như hình 20 (a) [203]. Trong môi trường kiềm, lần đầu tiên, một lớp mỏng của tấm zincowoodwardite hydroxalate được hình thành như kết quả của phản ứng giữa kẽm và các ion nhôm  $[Al_3, Al_5, Al_6]$ . Zincowoodwardite thuộc các hợp chất bán dẫn có các lớp tích điện dương Zn và Al, và các ion hydroxide và các ion  $O_4^{2-}$  cân bằng điện tích xen kẽ. Nó có một băng số năng lượng rộng là 3,0 eV ở vùng mặt mang cơ sở tech mạng, và nó vô mặt mang cơ sở của ZnO và ZnS (2,9 eV) vì vậy, các tấm dạng zincowoodardite có thể cung cấp một đế epitaxy cho sự tăng trưởng. Hình hướng của các màng dây nano ZnO được hình thành bởi cả các bề mặt trên và dưới. Kích thước của dây nano có thể được điều khiển bằng cách thay đổi pH của dung dịch [205]. Vì tạo màng không đồng nhất trên tấm hydroxalate, tại thời điểm này, một hàng loạt phân giới hạn và có nhiều huan lợi hơn so với sự tạo màng đồng nhất của dây nano ZnO trong các dung dịch axit yếu. [206] Hai loại màng lớn của tấm zincowoodardite được tạo ra các tấm dây nano ZnO dạng dung dịch [207].

Màng dây nano ZnO cấu trúc hai lớp cũng được hình thành bằng một phương pháp tăng trưởng dung dịch trên màng mỏng ZnO như được hình thành trong hình 20 (b) [207]. Khi ở môi trường kiềm, các tấm zincowoodardite tăng trưởng theo hướng và đồng đều trên chất bán dẫn gây ra sự tăng trưởng thứ cấp và giảm đường kính của dây nano và cuối cùng hình thành cấu trúc hai lớp [207]. Các công nghệ đã chế tạo các cấu trúc thứ bậc dây nano ZnO nhiều lớp, như hình 20 (c) [208].

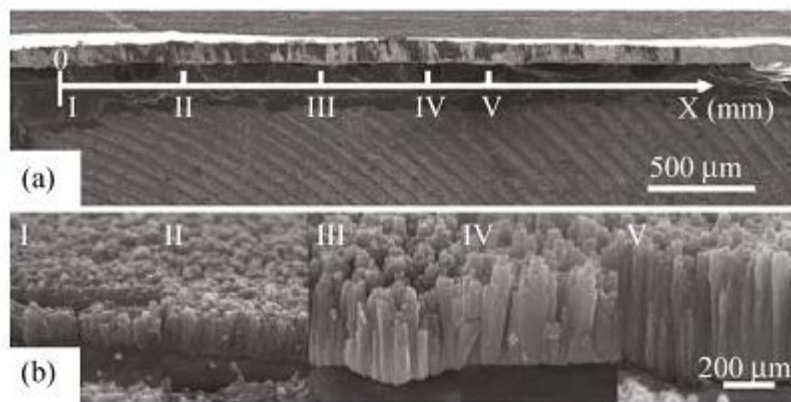
Các màng dây nano ZnO được kết nối giữa các tấm hình lục giác ZnO song song. Phản ứng được diễn ra một loạt qua trình nhiều bước phụ thuộc vào nhiệt độ. Liên chất Zn(OH)<sub>2</sub> tại qua quá trình thủy phân và mất nước để tạo thành màn cho các hạt lục giác hydroxit kẽm. Ở lớp đa nhân loại trúc, hạt sau đồng vai trò như một hạt trung gian cho sự tăng trưởng của dây nano ZnO. Đồng thời, khi nhiệt độ tăng lên, hạt kẽm hydroxide siêu bền mất nước và điện tích các đĩa ZnO. Trong quá trình mất nước, nhiều ốc dây ZnO tích nước nano đều đặn ở bề mặt bề mặt đĩa, tạo ra màn cho sự tăng trưởng thứ cấp của các sợi nano ZnO kết nối các siêu mạng dạng sandwich nhiều lớp dây nano-dây nano-dây nano, như hình 20 (c) [208]. Các dây nano ZnO và các công nghệ đã đưa ra một loạt mới cho các cấu trúc hỗn hợp dây nano ZnO nhiều lớp [209]. Họ đã làm việc trên là một nghiên cứu nước SAM trên các dây nano ZnO bán dẫn. Sau đó, bằng cách sử dụng zone là các lớp mặt trên của dây nano đã được cho ra các đơn lọc với dung dịch



**Figure 20** (a) SEM image of bilayered densely packed ZnO nanowire arrays on both sides of hydrotalcite-like zincwoodwardite plates [204]. (b) SEM image of bilayered ZnO nanowire arrays induced by secondary growth [207]. (c) SEM image of multilayered ZnO nanowire arrays sandwiched between parallel disks [208]. (d) SEM image of four-layered ZnO nanowire arrays [209].  
Reproduced with permission

đĩa mỏng này có thể được làm đi lặp lại nhiều lần và lớp dây nano ZnO thì được làm trong hình 21(d). Đối ứng với các ứng dụng thiết bị của các lớp phủ SAM có thể được loại bỏ bằng cách làm sạch và các công cụ là đưa ra một phương pháp không cần khuôn và ứng dụng trong dây nano ZnO liên cấp với chiều cao tăng bậc thang lên các kim loại thông thường [210]. Bằng cách sử dụng các dung dịch Zn (ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> và L-cysteine trong môi trường pH bằng 10 để kẽm kim loại được nhúng vào dung dịch theo chiều dọc mà không cần khuôn.

Các phản ứng diễn ra ở nhiệt độ phòng hơn 3 ngày. Dung dịch lần lần bốc hơi và do đó các đế Zn thành dung đã dần dần nhỏ ra không khí từ các vị trí I đến V như minh họa trong hình 21(a) một gian tăng trưởng của các dây nano ZnO trong dung dịch tăng từ các vị trí I đến V và do đó các dây nano có độ dài khác nhau. Chiều dài của dây nano ZnO cho thấy mối quan hệ gần như tuyến tính với vị trí trên đế Zn. Tuy nhiên, nguyên nhân của sự tăng trưởng tăng được chú không phải là tăng dần dần của chiều dài dây nano ZnO trên cùng đế Zn.



**Figure 21** (a) Gradational growth of 1D ZnO nanowire arrays on a common zinc substrate from left to right, and (b) cross-sectional SEM images of the 1D ZnO nanowire arrays at five different locations [210]. Reproduced with permission

đĩa mỏng này có thể được làm đi lặp lại nhiều lần và lớp dây nano ZnO thì được làm trong hình 21(d). Đối ứng với các ứng dụng thiết bị của các lớp phủ SAM có thể được loại bỏ bằng cách làm sạch và các công cụ là đưa ra một phương pháp không cần khuôn và ứng dụng trong dây nano ZnO liên cấp với chiều cao tăng bậc thang lên các kim loại thông thường [210]. Bằng cách sử dụng các dung dịch Zn (ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> và L-cysteine trong môi trường pH bằng 10 để kẽm kim loại được nhúng vào dung dịch theo chiều dọc mà không cần khuôn.

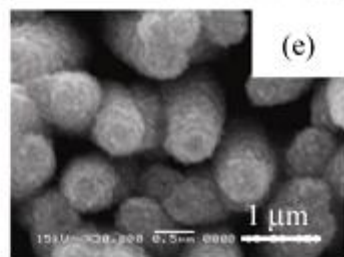
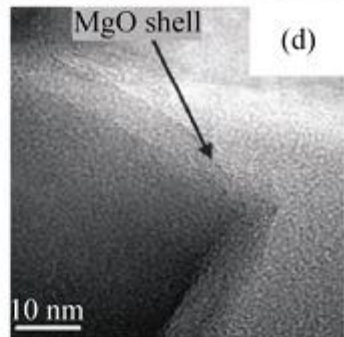
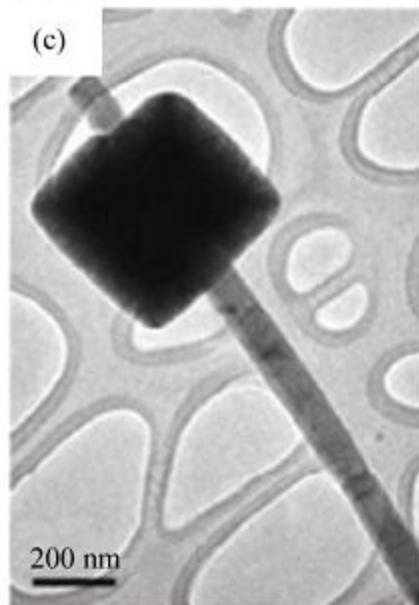
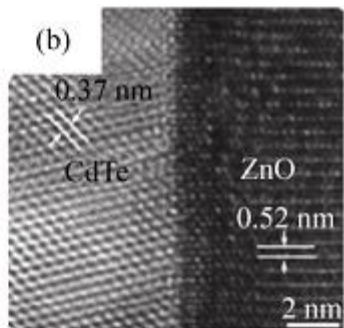
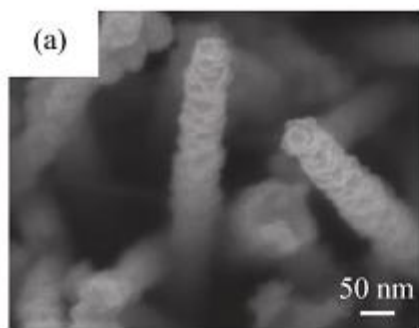
Mỗi vật liệu kết thành phần có chức năng riêng, mà nó là cũng có giới hạn của nó. Đối với hệ thống nano, là chức năng, trong tương lai cần phải tích hợp nhiều vật liệu khác nhau theo cách hợp lý, để cấu trúc mà vật liệu nano là một nước chuẩn bị hướng tới ứng dụng này.

### 3.5.1 Bản chất của chất ZnO

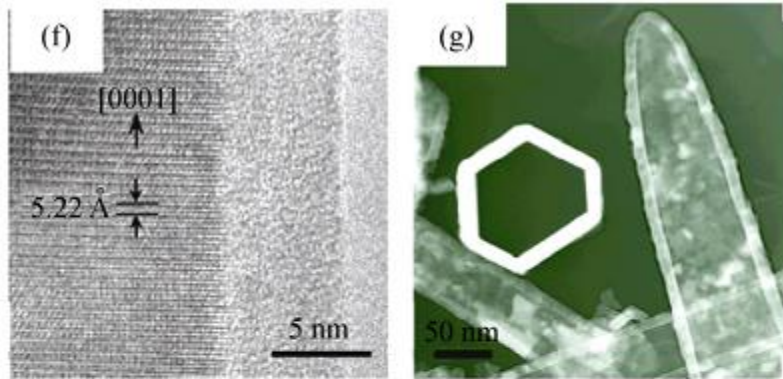
Có thể hiểu đơn giản hóa các tên kết dạng tinh thể mà các dây nano ZnO bằng cách phân các hợp chất bán dẫn khác chẳng hạn như CdSe [9, 21], 212 và GaTe [213], mà là tinh thể điện, CdS [214], SiC [215], MgO [216, 217], và ZnO [217] mà bán dẫn trực tiếp như [218] mà bán ứng quang học. ZnS [219, 220] qua sự sinh hóa, và Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [221] và TiO<sub>2</sub> [221] bằng cách lắng đọng lớp nguyên tử (ALD) trong hầu hết trường hợp, các lớp vô định được hình thành và đã tinh thể hoặc vô định hình trong tự nhiên.

CdSe được mạ điện lắng từ điện phân trên các dây nano ZnO từ một dung dịch nước N<sub>2</sub> [222], CdS [223], và Ni<sub>2</sub>SSe [224] ở nhiệt độ phòng [211]. Ni<sub>2</sub>SSe [225] lắng lại từ như một tác nhân tạo nhũ trong khi CdSe [226] và Ni<sub>2</sub>SSe [227] là các nguồn của Cd và Se tương ứng. Trong quá trình mạ điện, các dây nano ZnO đã được chọn là cực âm và Pt là điện cực đối. Như được biểu diễn trong hình 22 (a), lớp CdSe lắng lắng từ được phủ đều trên các dây nano ZnO. Độ dày lớp CdSe có thể tăng lên bằng cách lắng mạ từ lắng lắng từ và kéo dài một giờ lắng từ [212]. Nghiên cứu sự nhiễu xạ tia X cho thấy CdSe là đa tinh thể ở pha X-tiền lập phương [19]. Ở nhiệt độ nhiệt sẽ loại bỏ các thành phần hữu cơ và cũng có thể cải thiện sự kết tinh bên ngoài cho các ứng dụng quang điện sau này [19].

GaTe có hệ số hấp thụ quang học cao, nó rộng vùng cấm hẹp, và tạo thành một sự hình thành vùng loại II liên tiếp với ZnO, làm cho nó trở thành chất làm dây bán dẫn vô cơ tuyệt vời trong các ứng dụng pin mặt trời.







**Figure 22** (a) Top view of ZnO nanowires covered with a CdSe thin film [211]. (b) HRTEM image taken from the ZnO/CdTe interface region, showing the well-crystallized structure of the CdTe layer [213]. (c) Low magnification TEM image showing SnO<sub>2</sub> capping a ZnO nanowire with the nanowire tip exposed [215]. (d) TEM image of a ZnO–MgO core–shell nanowire [216]. (e) SEM image of cable-like ZnS–ZnO nanowire structures [219]. (f) HRTEM image of the interface of a ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> core–shell nanowire [221]. (g) Negative TEM image of an anatase TiO<sub>2</sub> nanotube formed by etching away the ZnO nanowire core in 1 mol/L aqueous HCl [222]. Reproduced with permission

[REDACTED]

các điện cực phân cực thuận thông qua điện cực CdTe rất khó để đưa dây nano ZnO vào. Vì vậy các công trình sử dụng điện cực phân cực thuận để chế tạo dây nano ZnO là không thực hiện được. Trên đây nghiên cứu sử dụng điện cực phân cực âm để chế tạo dây nano ZnO [215]. Công việc thực hiện được thực hiện với hệ ba điện cực, với màng dây nano ZnO là điện cực làm việc, điện cực chuẩn calomel (SCE) là điện cực chuẩn và điện cực kim là điện cực đối. Với điện thế được lấy từ điện thế dây đồng đều và có thể

được điều chỉnh từ vài chục đến vài trăm nm bằng cách thay đổi thời gian lắng và mật độ lắng. Như được hiển diễn trong hình 22b, sau khi lắng từ một bể lắng phân cách nguyên tử được hình thành giữa lớp dây nano ZnO đơn tinh thể và đế là có độ kết tinh cao. Các kết quả XRD cho thấy rằng với điều kiện lắng như thế và độ kết tinh có thể tăng lên nữa bằng cách nhiệt độ [213].

Trong vùng cảm quang này, Saito được đưa lên Ho hoặc In để thực nghiệm chế tạo rọi và được lắng trong công nghiệp như các điện cực trong suốt. Shi và các cộng sự đã đưa ra phương pháp phủ dây nano ZnO với SnO<sub>2</sub> được pha tạp, chúng đóng vai trò như một điện cực trên cùng của dây nano ZnO [15]. Lắng trong hóa ướt của lớp phủ SnO<sub>2</sub> đã được tiến hành trong dung dịch SnCl<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O, citamol và nước cất với độ pH = 7,2. Trong môi trường pH cao như thế, các dây nano ZnO đang lắng trong nước dần dần bị hòa tan và sau đó hình thành nên đế SnO<sub>2</sub> mà các dây phủ SnO<sub>2</sub> được hình thành trên đó như được hiển diễn trong hình 22c. Phủ bằng điện quang trong suốt của các màng dây nano trước và sau khi phủ SnO<sub>2</sub> cho thấy rằng chất trong điện và quang của dây nano ZnO bên trong không suy giảm sau quá trình lắng trong dung dịch lần thứ hai. Một loạt phân tích cấu trúc đã được tiến hành bằng cách sử dụng tia X để xác định vùng được lắng cũng như sự thay đổi mức sâu độ sai hỏng để biết đến sự phủ SnO<sub>2</sub> đã làm vùng cảm quang của ZnO đã giảm cảm các electron bị lắng trong các dây nano ZnO hiện quả làm và do đó dẫn đến hiệu suất quang điện bên trong cao hơn. Thêm vào đó, các trạng thái bề mặt của dây nano ZnO (các liên kết dang dở hoặc sai hỏng bề mặt) có thể bị giảm một phần qua sự hòa tan hóa các bề mặt phủ. Cấu hình lớp phủ dây nano cũng cho phép đo trực tiếp tiếp xúc dây nano đơn (Zn/ZnO/SnO<sub>2</sub>). Đường cong IV cho thấy có một hàng rào thế giữa đế Zn và dây nano ZnO, và bề mặt phân cách SnO<sub>2</sub>/ZnO không đưa vào bất kỳ hàng rào nào [215]. Ngược lại, dùng các dây nano SnO<sub>2</sub> được chế tạo bằng phương pháp lắng từ dung dịch hơi Cheng và các cộng sự đã báo cáo về sự tăng cường có sự tăng mạnh của các dây nano ZnO/SnO<sub>2</sub> và một kiểu lý thú là đặc tính phát laser ngẫu nhiên đã được quan sát từ cấu trúc [227].

Hank và các cộng sự đã đưa ra một phương pháp hóa ướt nhiệt độ thấp để phủ một lớp vỏ MgO lên dây nano ZnO không đòi hỏi sự lắng thêm vào sau đó [216]. Trong phương pháp của họ, cấu trúc nano lõi-vỏ ZnO/MgO được chế tạo bằng cách phủ dây nano ZnO trong một dung dịch hỗn hợp Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> và NaOH, hiện đây là lớp MgO được phủ do thế được điều khiển bởi pH như được hiển diễn trong hình 22d [216]. Các electron có thể bị hấp thụ qua vùng

cách đơn giản qua các dây nano vô cơ ZnO-MgO cho thấy hiệu suất được tăng cường trong các thiết bị pin mặt trời lai hóa bằng cách tăng cường sự hấp thụ ánh sáng [217] và các dòng quang và điện áp mạch hở [218]. Trong đó, ZnO cũng có thể được dùng để trên dây nano ZnO bằng cách thay thế nitrate của cerium triconium acetate như một chất [219].

Trong hợp các hợp chất sunfua như là rất khó khăn và cần có một môi trường khử mạnh để sunfua dễ dàng bị hòa tan trong oxit. Wang và các đồng sự đã đưa ra một phương pháp hòa tan chất cho các dây nano lai vô cơ ZnO-ZnS bằng cách sunfua hóa lần 2 các dây nano ZnO [219]. Trong phương pháp này họ cho pin đơn giản nhưng các màng dây nano ZnO đang tăng trưởng vào trong máy hấp thụ chứa dung dịch thioacetamide có nước bằng cách điều chỉnh thời gian tăng trưởng, sản phẩm có thể được điều chỉnh để tạo thành các màng dây nano ZnS đơn khối hoặc các cặp nano ZnO-ZnS với lõi ZnO-ZnS khác nhau. Cơ chế tăng trưởng được đề xuất không phải là epitaxy và có liên quan đến các đầu tinh thể tạo bởi ion  $S^{2-}$  và  $Zn^{2+}$  đang được phủ có cấu trúc lập phương và như chúng ta thấy từ hình 225 dưới đây, các hạt đang kết tinh ZnS cho thấy nó là sự kết tinh thường pháp dây có thể được điều chỉnh và được mô phỏng để chế tạo các hợp chất bán dẫn khác cũng nhạy với oxy, chẳng hạn như ZnSe và CdS [219].

Nhìn vào đó các dây nano ZnO được tăng trưởng hóa hơi cũng có thể được sử dụng như các đầu tinh thể để tăng trưởng các cấu trúc nano khác chẳng hạn như ZnS bằng cách sunfua hóa nữa bởi quá trình kết tinh trao đổi ion [220] và một màng mỏng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bằng cách lắng đọng dịch Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [221] hoặc ALD [222] lớp mỏng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bằng các phương pháp sol-gel [223-231] và các hạt nano ZnO và ZnS được kết hợp bằng phương pháp hòa tan [232]. Sau đó, lõi ZnO có thể được loại bỏ và cấu trúc hình ống của các lớp tăng trưởng thứ cấp có thể được chế tạo như được biểu diễn trong hình 224 và 225.

### 2.2.5 ZnO kim loại

Đầu tiên kim loại có như là một chất hóa học, quang học và điện tử như được ứng dụng trong chất xúc tác, y sinh, photocatalytic và quang điện tử [233]. Đặc biệt các dây nano bán dẫn được thêm các hạt kim loại duy vào có một số ứng dụng như là cảm biến, ứng dụng xúc tác và cảm biến quang học. Để đạt được độ nhạy cao của các dây nano bán dẫn là dây nano bán dẫn [234, 235]. Tương tự việc thêm Ag, Au, Pt hoặc

Được thêm vào các bề mặt này nano ZnO thay đổi cấu trúc mức Fermi và cấu trúc vùng của ZnO qua sự biến đổi của sự chuyển đổi lại của các electron được tạo ra bằng phương pháp quang xúc tác ZnO sang các acceptor trong các quá trình quang xúc tác [37, 236, 237]. Thêm vào đó hiệu suất quang xúc tác nội chúng bị ảnh hưởng bởi sự tái hợp nhanh của các cặp electron-lỗ trống được tạo ra bằng phương pháp quang xúc tác. Nhưng trong cấu trúc bán dẫn kim loại, các hạt tại điện cực được tạo quang xúc tác bởi kim loại quý, điều này làm tăng cường các quá trình trao đổi điện tích bề mặt theo cách và tăng thời gian sống của các hạt tại điện cực [238].

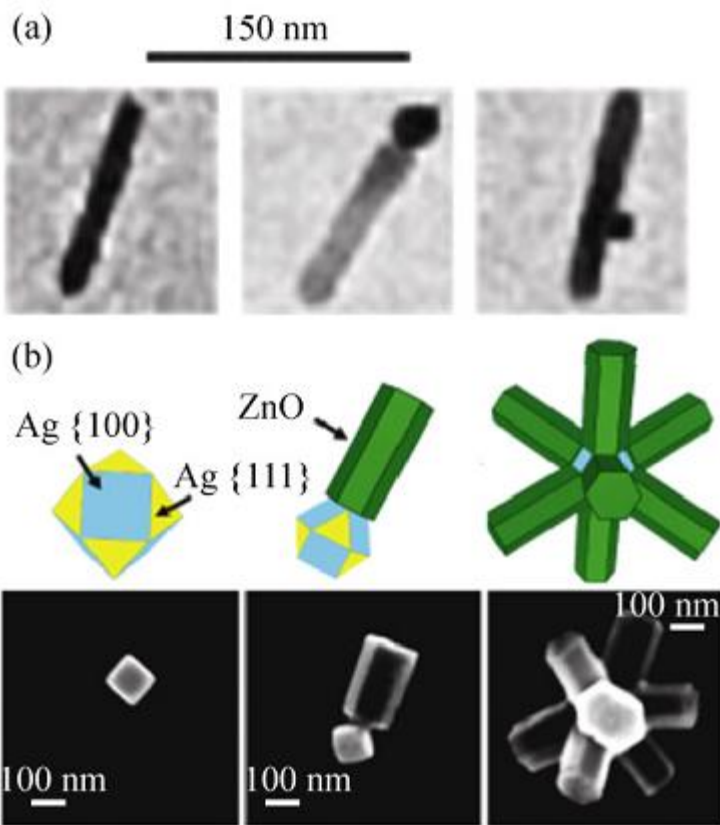
Yachiski và các cộng sự đã báo cáo một phương pháp lắng đọng theo điểm chuyển biệt các hạt nano Ag trên thành nano ZnO bằng phương pháp hóa ướt quang xúc tác như được biểu diễn trong hình 25a [239]. Dung dịch lắng đọng bảo vệ Ag được dịch AgNO<sub>3</sub> và các mảnh nano ZnO được phân tán tới khi chiếu sáng bằng ánh sáng cực tím, các electron và lỗ trống bị tách ra trong các mảnh nano ZnO. Các electron phản ứng với các ion Ag<sup>+</sup> để đáp ứng và khử trùng mảnh Ag, đồng thời lỗ trống oxy hóa các điện tử bên trong dung dịch. Các mảnh nano Ag được lắng đọng bằng phương pháp khử Ag<sup>+</sup> tại trung tâm một đầu của mảnh nano ZnO để vì sựetch mang điện tích của Ag và ZnO trong các mặt phẳng tinh thể đặc biệt như đã được chứng minh trong nghiên cứu HKTEM. Khi các mảnh Ag được hình thành trên thành nano ZnO, nó đóng vai trò như một màn chắn cho sự quang xúc tác Ag tiếp theo và do đó có hiệu quả hơn bị lắng đọng hình thành trên thành nano ZnO. Hàng rào Schottky được dựng lên giữa hai phân cách ZnO/Ag. Sự tăng cường Raman được quan sát trong các hạt nano Ag trên các mạng dây nano ZnO [92].

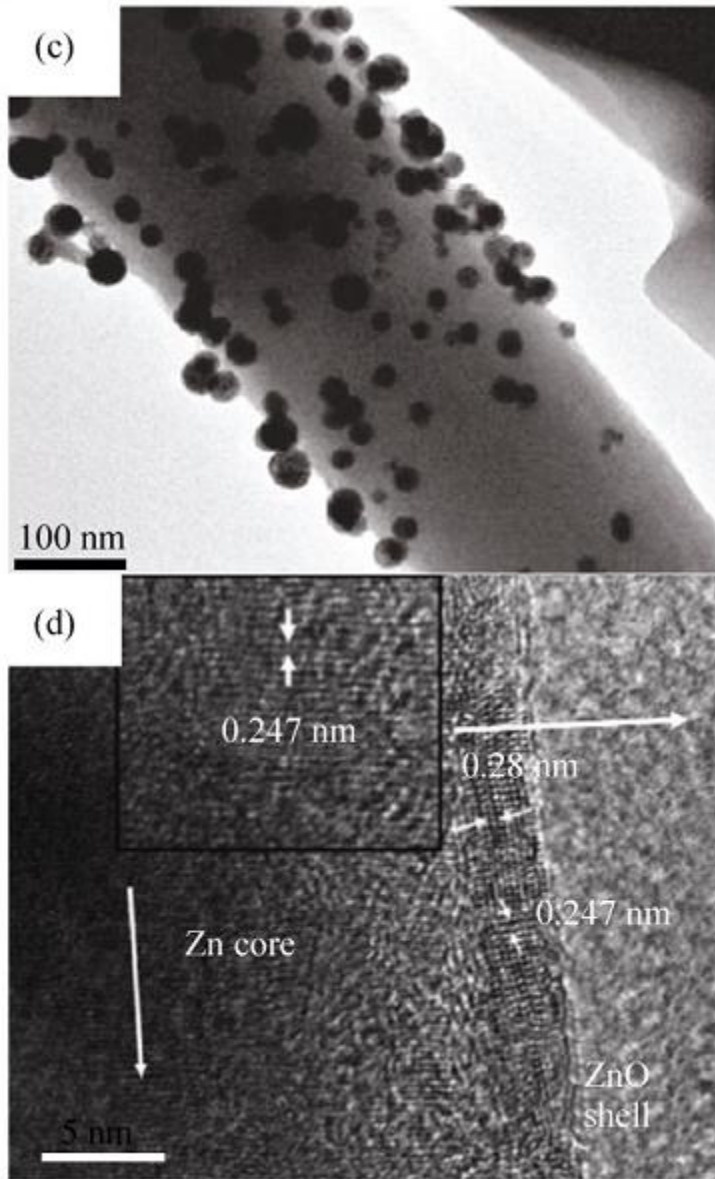
Như là một quá trình trái ngược với sự lắng đọng lần 2, các hạt nano Ag trên thành nano ZnO. Fan và các cộng sự đã đưa ra sự lắng đọng lần 2 của các mảnh nano ZnO trên các bề mặt (111) của các khối nano bị hạt Ag bằng phương pháp hóa ướt, như được biểu diễn trong hình 25b [239]. Dung dịch nano Ag như một mảnh nano ZnO được tạo mảnh và lắng đọng lên tấm mặt (111). Do sự giãn nở không gian, chỉ mảnh thành nano ZnO được quan sát. Cơ chế lắng đọng này có thể là do hai yếu tố chính, thứ nhất là có thể do sựetch mang điện tích (sự hấp thụ 2,68%) của hàng số (111) ZnO (1110) = 0,162nm và hàng số nano của Ag (112) = 0,160nm. Yếu tố thứ hai là các bề mặt phân cách giữa các lớp ZnO và Ag đã khởi đầu cho sự hình thành của ZnO. Các nghiên cứu

Điều xa Electron chùm hội tụ cho thấy rằng các nguyên tử Zn là lớp đầu tiên được liên kết với các nguyên tử Ag và bề mặt láng trượt về phía trước của thành nano là một lớp oxy [249].

Trong vụ Ag các hạt nano Au cũng đã được đưa vào dây nano ZnO bằng phương pháp hóa ướt. Au có độ hòa tan cao trong nước sinh học và khả năng giải phóng ion Ag trong hệ thống sinh học rất tốt [240]. Lưu ý các công trình sử dụng một hỗn hợp sodium citrate, axit ascorbic và HAuCl<sub>4</sub> để tổng hợp hạt nano Au trong [30]. Các hạt nano Au trong quá trình tổng hợp có đường kính 5-25nm và được phân tán tốt trên bề mặt của dây nano ZnO như được biểu diễn trong hình 2c. Các dây nano được điều chỉnh bằng cách cho thêm Au cho thấy sự thay đổi màu từ đỏ sẫm với các dây nano tinh khiết, nó phù hợp với peak cộng hưởng plasmon của Au xung quanh 530nm. Cũng vậy, việc tổng hợp hóa ướt hệ và các công sự đã mở ra một phương pháp mới để đưa các hạt nano Au vào các dây nano ZnO bằng phương pháp lắng đọng điện [241]. Quy tắc làm việc cơ bản của lắng đọng điện là các hạt nano kết dính trong dung dịch keo sẽ được điện phân để lắng xuống đế trong điện trường ngoài. Trong thí nghiệm của họ, dung dịch keo vàng được tạo bằng cách bốc bay laser đĩa vàng trong nước, tạo ra các hạt nano vàng với các mặt sạch [242]. Sau đó, một màng thành nano ZnO được phun vào trong dung dịch keo vàng và được sử dụng như là anốt cho sự lắng đọng điện. Các nghiên cứu TEM cho thấy rằng các hạt nano Au có liên kết bề mặt phân cách rất với các thành nano ZnO có lẽ là do các lực van der Waals. Tương tự, các hạt nano vàng có xu hướng gắn với các mặt mạng cơ sở ZnO bởi vì năng lượng phân giới giữa kim loại và các bề mặt cơ sở thấp hơn giữa kim loại và bề mặt không cực [243]. Các màng dây nano ZnO có chứa vàng như thế này nên hoạt tính quang phổ Raman tăng cường bề mặt rất nhiều do hiệu ứng ghép giữa các hạt nano Au và các dây nano ZnO [244]. Cũng vậy, các kỹ thuật xử lý điện phân và các công sự đã đưa ra một phương pháp mới phân biệt và đơn giản để tổng hợp từ dưới lên các ZnO-Au bằng cách lắng đọng điện để sử dụng các mặt phẳng (100) của các mặt phẳng ZnO (0001) và các mặt phẳng Au (111) [32].

Để tránh sự kết dính ZnO khi tạo dây các dây nano Au trên lõi ZnO như điều này đã thu được bằng phương pháp nhiệt phân [245] hoặc điện [246]. Như được mô tả trong hình 23d, ZnO wurtzite được hình thành bằng phương pháp epitaxy dọc theo hướng (100) vuông góc với hướng (0001) mà lại Zn đơn tinh thể [247].





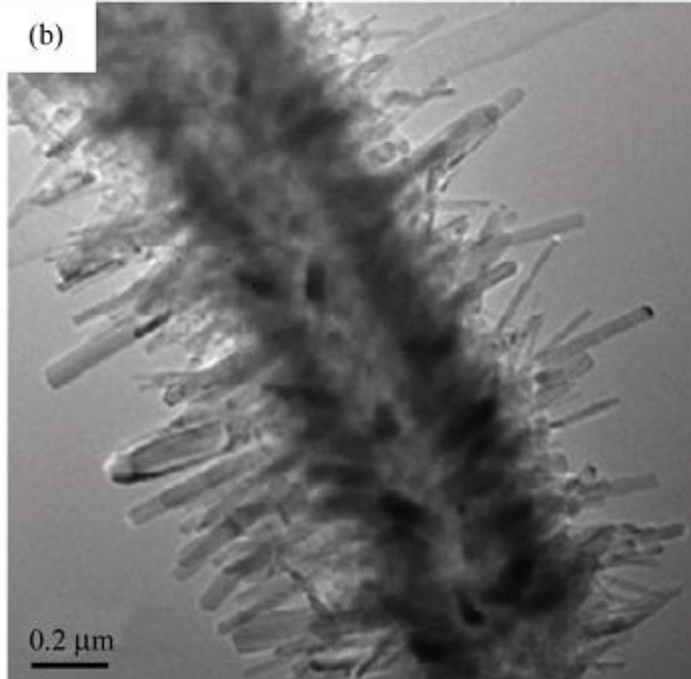
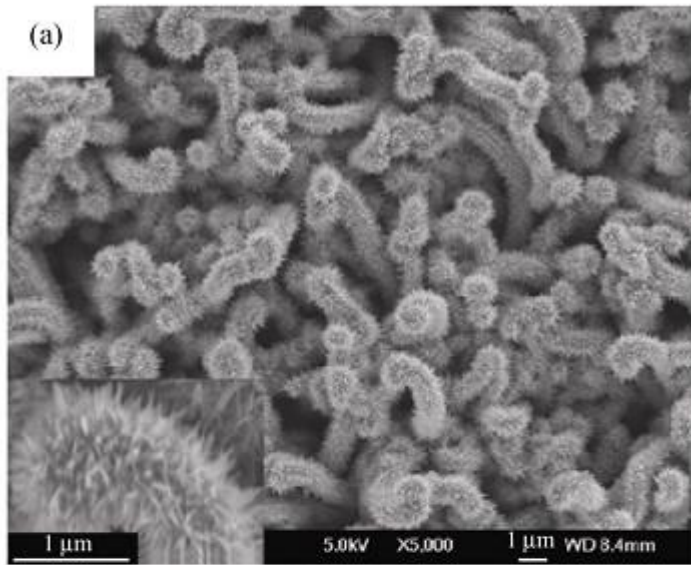
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

trong hình 24 [245]. Trong hướng nhập của họ, một màng mỏng lớp phủ ZnO được phủ lên một ống nano carbon [246]. Hình ảnh hiển vi điện tử truyền qua AED [246]. Sau khi phủ vào ống nano carbon vẫn giữ nguyên định hướng năng lượng của nó. Dung dịch lỏng trong được tạo thành từ ZnO và NaOH được hình thành bằng cách hòa tan ZnO trong dung dịch NaOH có nước. Mật độ cao khí dạng lỏng trung gian của các dây nano ZnO trên màng ống nano carbon cho thấy rằng các dây nano ZnO được hình thành trên bề mặt ống nano carbon. Hơn nữa, lớp phủ ZnO mỏng đã cung cấp một đường phân ứng biến để vận chuyển điện tại đây cho các ứng dụng điện tử [245, 247]. Trong một báo cáo khác [205], một lớp mỏng màng được phủ lên ống nano carbon để tạo một lớp phủ kim loại hydride dạng hydroalene được hình thành [205, 206]. Các lớp phủ này rất hiệu quả trong việc tăng cường sự ứng dụng của các thành phần ZnO.





... và ...  
 ...  
 ...

**Sự pha tạp nitơ và hợp kim**

... pha tạp và hợp kim là các ... thuật chế ... để điều khiển tính chất vật lý ...  
 ... các vật liệu nano bán dẫn chứng ... như tính chất dẫn điện, loại dẫn điện, độ ...  
 ... vùng cấm và tính chất ...



Đinh 2) Phương pháp phân tách màng mỏng bằng laser [24] và các kỹ thuật khác.

Ánh xạ điện hóa đã trở thành một phương pháp mới để pha tạp các dây nano ZnO bên cạnh clorua các kim loại. Các dây nano ZnO pha tạp Al cũng được chế tạo bằng cách đưa AlCl<sub>3</sub> [249], Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> [250] hoặc Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [118] vào trong dung dịch. Phân tích đầu đo micro đã xác định sự kết hợp Al vào các dây nano ZnO. Kích thước của các dây nano ZnO cũng có thể được thay đổi bằng cách điều chỉnh nồng độ ion Al<sup>3+</sup> trong chất điện phân. Sau khi pha tạp Al, người ta thấy rằng các dây nano ZnO có độ linh động điện tử cao hơn và độ dẫn điện tốt hơn so với dây nano ZnO không pha tạp thông thường [118, 249] cho dù cũng có sự tồn tại của vùng cấm sau khi pha tạp Al. Thêm vào đó, pha tạp Al cũng có một ảnh hưởng đến tính chất cơ và tính chất áp điện của các dây nano ZnO khi được khảo sát bằng kính hiển vi đầu dò quét [250].

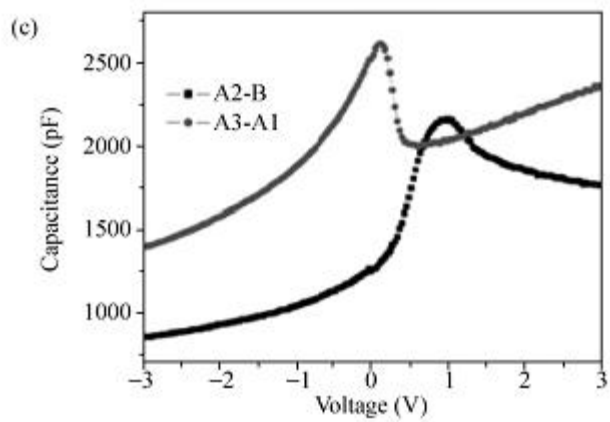
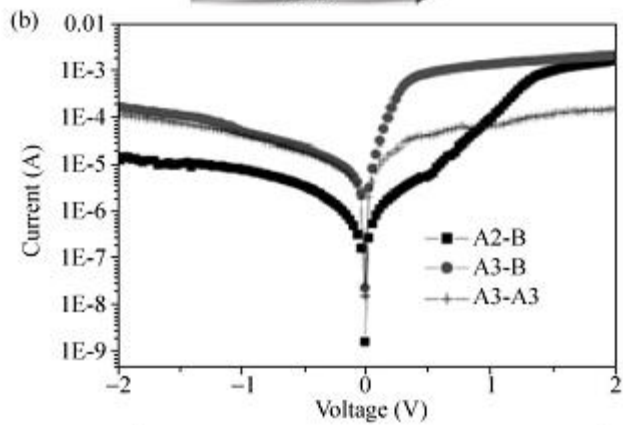
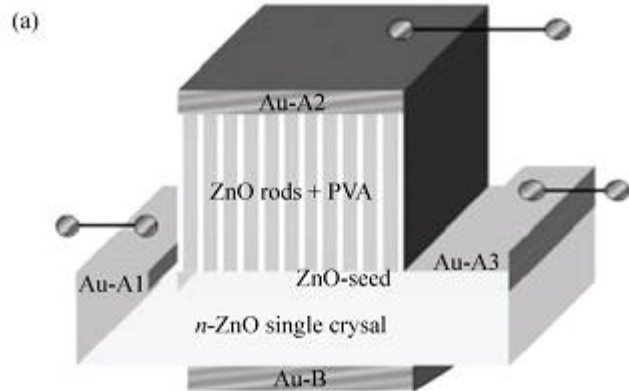
## 2.2. Pha tạp loại p

Để tạo ra ZnO loại p ổn định và có thể tái tạo để chế tạo các thiết bị điện tử, người ta đã pha tạp ZnO với các nguyên tố khác. Các dây nano ZnO loại p cũng có thể được chế tạo bằng cách đưa các nguyên tố nhận electron như Al và kẽm đồng [251] đã có mặt trong dung dịch trong quá trình tổng hợp. Phương pháp pha hơi [252, 253] và phương pháp lắng đọng pha dung [254] cũng được sử dụng để pha tạp loại p của màng dây nano ZnO đã được báo cáo bằng cách sử dụng sau các dây nano ZnO loại n dạng lắng đọng, chẳng hạn như dùng phương pháp plasma N<sub>2</sub> [255] và lắng tụ nitơ và khuếch tán As từ các tấm GaAs.

Một ứng dụng phương pháp hóa ướt Hsu và các cộng sự đã chế tạo được các dây nano ZnO loại p [256]. Trong công trình của họ, các dây nano ZnO loại n và loại p có thể được tăng trưởng từ cùng một dung dịch ở 90 °C và chỉ khác về điều kiện lắng đọng. Mẫu là chuẩn bị lớp màng. Các dây nano ZnO được chế tạo trên một lớp màng lắng đọng có tính chất loại n, trong khi đó các dây nano trên các lớp màng lắng xuống kết hợp các tính chất của một loại p. Sự khác biệt về tính chất là do sự thay đổi về nồng độ của các ion kim loại trong dung dịch. Điều kiện khác nhau của các chất khử và sự kết hợp các sai hỏng donor bù trừ khác nhau chẳng hạn như các nguyên tử và tạp chất trong nguyên cội của dây nano ZnO loại p dạng lắng đọng trên đồng tiếp xúc lớp màng loại n được xác định tính chất điện như là loại khác nhau chẳng hạn như độ doping, sự phụ thuộc điện dung vào điện áp và đặc độ quang phổ hấp thụ. Hình ảnh TEM được chụp và trình bày trong hình 26. Sự kết hợp của các sai hỏng nên quan tâm cho thuyết khi được xác nhận bằng phép đo quang phổ phát xạ vị trí.

Nồng độ doping được tinh toán vào các dây nano ZnO có thể là đủ để tổng hợp trong thời gian ngắn. Quan trọng hơn điện phân quang nhiệt độ không đã được

Đặt điện trường lên các điện môi trong hệ để xác định và phân tích các đặc tính của ZnO loại p đang làm trong công việc này.  
 3. Phân tích kết quả thực nghiệm.  
 Sau đây là hình ảnh của các loại cấu trúc được quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét trong các thiết bị phân tích và hình ảnh của các điện cực được chế tạo bằng công nghệ quang khắc và các điện cực được chế tạo bằng công nghệ quang khắc và các điện cực được chế tạo bằng công nghệ quang khắc.  
 Hình ảnh của các điện cực được chế tạo bằng công nghệ quang khắc và các điện cực được chế tạo bằng công nghệ quang khắc.

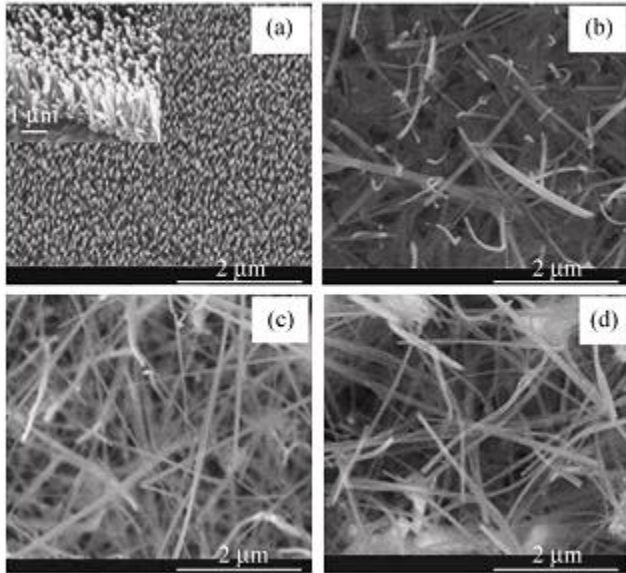


Hình ảnh của các điện cực được chế tạo bằng công nghệ quang khắc và các điện cực được chế tạo bằng công nghệ quang khắc.





đây nano ZnO. Mặt khác, cho thấy các hạt ZnO kích thước nanomet vùng dịch chuyển. Sản phẩm của phản ứng được phân bố đồng đều và tương đối đồng nhất với các dây nano ZnO thông thường.



Đặc tính quang học của các dây nano ZnO được nghiên cứu bằng cách đo phổ hấp thụ và phát quang của chúng. Hình 1.10 cho thấy các đặc tính quang học của các dây nano ZnO được nghiên cứu bằng cách đo phổ hấp thụ và phát quang của chúng.

Đặc tính quang học của các dây nano ZnO được nghiên cứu bằng cách đo phổ hấp thụ và phát quang của chúng. Hình 1.10 cho thấy các đặc tính quang học của các dây nano ZnO được nghiên cứu bằng cách đo phổ hấp thụ và phát quang của chúng.

Đặc tính quang học của các dây nano ZnO được nghiên cứu bằng cách đo phổ hấp thụ và phát quang của chúng. Hình 1.10 cho thấy các đặc tính quang học của các dây nano ZnO được nghiên cứu bằng cách đo phổ hấp thụ và phát quang của chúng.

chính bên, là các phân tử đơn nguyên nhỏ tạo ra các phân tử  $\text{ZnO}$  hơn có độ hòa tan thấp hơn trong dung môi phân cực so với các phân tử đơn nguyên ban đầu. Trong các hai trường hợp, polime nhạy quang được hòa tan có chọn lọc và phân rã của các hạt được thúc đẩy ra. Theo cách này, vẫn được sao chép trên các hạt mới mà không có thể dừng lại được.

Các kỹ thuật và các công nghệ kết hợp một quy trình quang khắc và phương pháp hóa học để tạo ra các mảng dây nano  $\text{ZnO}$  theo van [27]. Ưu điểm của kỹ thuật này là các nhơn tố như tốc độ và kích thước nhỏ hơn, diện tích vuông trong một đơn vị diện tích này dẫn đến năng suất cao và giá thành thấp. Tuy nhiên bước sóng của ánh sáng cực tím thông thường là vài trăm nm và do đó kích thước đặc trưng của van bị giới hạn đến khoảng micro. Kỹ thuật này dẫn đến các mảng dây nano mà dây nano được gắn trên đế mà một vài công nghệ [27, 29]. Trên một đế được tạo van, nhơn tố này được tăng cường của dây nano  $\text{ZnO}$  thích với mặt đế dây nano [26].  $\text{ZnO}$  trên bề mặt là vì chúng chất tăng cường được chế tạo các dây nano trên nhơn tố từ các dây nano đang tăng cường không ảnh hưởng đến các dây nano trên bề mặt đế [27]. Cho dù các mảng dây nano  $\text{ZnO}$  được chế tạo bằng tăng cường trên đế vẫn dùng quang khắc với nhơn tố hoặc hạt dây nano tăng cường nhơn tố [20].

Quang khắc cũng có thể được thực hiện mà không cần polime nhạy quang bằng cách dùng sự kết hợp thành chức năng hóa bề mặt quang [20, 27]. Một vài các công nghệ đưa ra một phương pháp như theo van các mảng dây nano trên polime như quang khắc nhơn tố như polycarbonat và polieste thường nhơn [27]. Như được biểu diễn trong hình 29a, bề mặt polycarbonat có thể bị oxy hóa và được ghép với các axit cacboxylic [27] hoặc các nhóm anion sulfat [27]. Nó có thể được phủ ra với ánh sáng cực tím trong không khí. Điều này được xác định bởi phương pháp chuẩn ánh quang phổ tuyến quang [27]. Các nhóm axit có thể được chuyển thành các nhóm hydroxy thêm nữa bằng một quá trình thủy phân đơn giản [27]. Các nhóm axit cacboxylic tạo ra các môi trường axit bề mặt và vì thế, giảm thiểu sự kết tụ của các dây nano  $\text{ZnO}$ . Nếu không phải nhơn tố các bề mặt polime, sự kết tụ vẫn có thể được sự tăng cường trên các mảng dây nano  $\text{ZnO}$  bằng phương pháp hóa học. Như được biểu diễn trong hình 29b, các mảng dây nano  $\text{ZnO}$  sắp xếp lại được tăng cường trên các bề mặt polime không phủ ra [27].





điều kiện môi trường khác nhau như [1274]. Các loại màng mỏng cũng có thể là một polymer rất mỏng, ví dụ như poly(methyl methacrylate) (PMMA) hoặc các loại vật liệu vô cơ như SiO<sub>2</sub> [1275].

Màng mỏng là một epitaxy của màng dây nano ZnO trên các tấm Si hoặc các loại vật liệu khác để polymer có thể được tích tụ trên một lớp màng mỏng ZnO [1276]. Mặc dù đã được chứng minh rằng màng mỏng vẫn còn bảo vệ nhiều tính chất của kích thước dây nano mà đến hàng chục nanomet được định hướng tự nhiên trong mặt phẳng. Kích thước khe hở được tạo ra bằng kỹ thuật quang khắc chùm tia điện tử khoảng 100 nm, trong đó có một số loại màng phủ là [1277]. Một số nghiên cứu đã chứng minh rằng dây nano ZnO có thể làm nảy sinh 1 dây nano. Do đó trong nhiều trường hợp, nhiều dây nano tăng trưởng từ một khe hở được tạo ra, như được biểu diễn trong hình 30 (a). Điện thế và các bằng cách tăng nhiệt độ tăng trưởng từ 100 °C đến 195 °C, nhiều dây nano từ một khe hở tập nhả với nhau và tạo thành một dây nano dày hơn (Hình 30 (b)), có lẽ vì các dây nano ZnO gần nhau có xu hướng kết hợp lại với nhau [1272, 22, 276].

Sau hàng các mối quan hệ epitaxy giữa ZnO và GaN, màng dây nano ZnO hình thành tốt đã được tổng hợp như được biểu diễn trong hình 30 (c) [1278]. Màng ZnO đơn tinh thể có hoặc không có kim loại [1279]. Khi cũng đã được sử dụng để tạo các màng dây nano ZnO hình thành tốt [277]. Các dây nano dạng màng mỏng có sự hình thành là được dạng chùy và có đường kính và chiều dài đồng đều. Dựa trên độ dày công tắc kích thước từ 120 cho tới 1000 nm chiều rộng ở giá trị nửa cực đại chỉ là 15-148 nm. Cần lưu ý, bởi vì các dây nano tăng trưởng trong các khe hở kính như vậy, chúng có thể kết nối với nhau và tạo thành một chuỗi dây nano trong các lỗ rỗng siêu tới hạn để duy trì sự hình thành ở trạng thái [278]. Nếu không, các giới dụng dịch dư trên các dây nano dần dần tan biến đi.



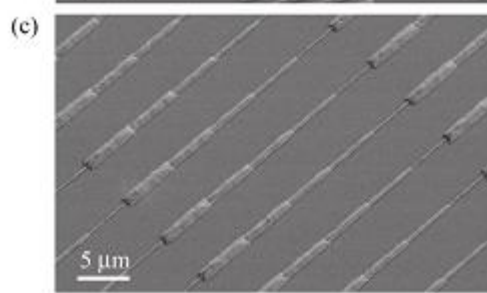
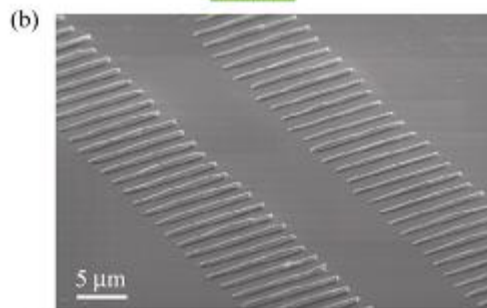
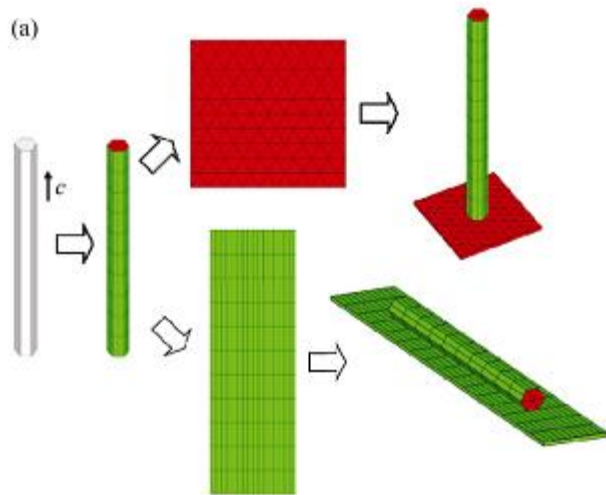
Kích thước của ống nano được tạo ra. Theo đó, một quá trình lắng đọng hai bước đã được đề xuất trong [18]. Đầu tiên, dây nano lắng đọng trong khe ống nano được tạo ra và kích thước bên trong là vì bị giam cầm bởi khe ống. Khi các dây nano lắng đọng tiếp theo, khe ống không có sự giam cầm ở mặt bên của dây nano và nó có thể lắng đọng theo hướng dọc và hướng bên bởi vì các phân tử liên chuỗi từ các dung dịch xung quanh có thể bám vào cả hai bên và mặt bên. Nhưng sự lắng đọng theo hướng dọc dừng đột ngột như nhanh hơn theo hướng bên như đã được báo cáo trước đây. Sự lắng đọng theo hướng bên làm cho chiều rộng dây nano lớn hơn kích thước khe ống. Mặc dù có sự giãn nở theo hướng bên, chiều rộng dây nano vẫn có thể được điều chỉnh bằng cách điều chỉnh kích thước khe ống [19].

Một cách điều chỉnh phương pháp quang khắc chùm electron là độ phân giải của nó cao. Như có thể thấy từ hình 30(c) và 30(d), một màng mỏng (200nm-200nm) của các dây nano ZnO hoàn toàn xác định vì đường kính khe ống được tạo ra có thể là 100 nm và 1 micro mét có thể được tăng dần [18]. Tuy nhiên, nhược điểm của nó là chi phí cao và năng suất thấp do thời gian chuyển động của chùm electron quang khắc chùm electron là rất ngắn. Trong quá trình ổn định đặc biệt là trên điện trở [20].

Các màng dây nano ZnO định hướng theo chiều ngang có nhiều ứng dụng quan trọng như bóng đèn huỳnh quang [21]. Những việc nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực này còn nhiều hạn chế. Vì vậy, một lớp màng được đưa vào thành dây nano trên bề mặt của ống nano. Một số dây nano ZnO ngang [22, 23]. Cũng đã có một báo cáo về sự lắng đọng epitaxy của các dây nano ngang bằng cách lắng đọng tại [24]. Tuy nhiên, tính định hướng và kích thước không gian hẹp của chúng lắng đọng theo phương ngang của các dây nano ZnO sau khi lắng đọng cũng đã được bằng cách phân tán các dây nano trong dung môi và sau đó lắng đọng vào một màng mỏng xoay chiều có tần số cao [25].

Một cách điều chỉnh chưa từng có đối với các màng dây nano ZnO ngang được báo cáo đã được đưa ra bằng cách kết hợp quang khắc chùm tia điện tử và phương pháp nhúng dung dịch [26]. Nguyên tắc cơ bản được minh họa trong hình 31 (a). Đối với lắng đọng ngang, cần phải có các dây ZnO đơn tinh thể hình nón [2110] hoặc [0110] ngoài ra vì đặc tính lắng đọng bất đẳng hướng của dây nano ZnO, các khe ống lắng đọng định hướng theo hướng [100] của đế lắng đọng các dây nano tách biệt. Như hình 31 (b), các dây nano ngang được nhúng epitaxy bên dưới [27].

[REDACTED]



[REDACTED]

nhận hưởng sự phát triển của công nghệ laser công suất thấp. Do sự phát triển của công nghệ laser công suất thấp.

Mỗi chùm tia điện từ đều có thể được sử dụng để tạo ra các hiệu ứng quang học khác nhau trên chất bán dẫn. Khi chiếu laser công suất thấp vào các tấm bán dẫn, các hạt tải điện sẽ được kích thích và tạo ra các hạt tải điện tự do. Các hạt tải điện tự do này sẽ di chuyển dưới tác dụng của điện trường ngoài, tạo ra dòng điện.

### 3. Quang khắc giao thoa

Quang khắc giao thoa là một kỹ thuật khắc quang học dựa trên nguyên lý giao thoa của ánh sáng. Trong quá trình khắc, ánh sáng laser được chiếu qua hai khe hở, tạo ra các vân giao thoa. Các vân giao thoa này sẽ chiếu lên một lớp vật liệu nhạy sáng, tạo ra các vân khắc. Các vân khắc này sẽ được khắc sâu vào lớp vật liệu, tạo ra các cấu trúc nano. Ngoài việc là một kỹ thuật khắc quang học, quang khắc giao thoa còn được sử dụng để chế tạo các cấu trúc nano khác nhau, chẳng hạn như màng mỏng, dây nano, ống nano, v.v. Ngoài ra, dựa trên nguyên lý giao thoa của ánh sáng, người ta còn có thể chế tạo được các cấu trúc nano khác nhau, chẳng hạn như màng mỏng, dây nano, ống nano, v.v. Ngoài ra, dựa trên nguyên lý giao thoa của ánh sáng, người ta còn có thể chế tạo được các cấu trúc nano khác nhau, chẳng hạn như màng mỏng, dây nano, ống nano, v.v. Ngoài ra, dựa trên nguyên lý giao thoa của ánh sáng, người ta còn có thể chế tạo được các cấu trúc nano khác nhau, chẳng hạn như màng mỏng, dây nano, ống nano, v.v.

### 4. Quang khắc nhũ cầu nano

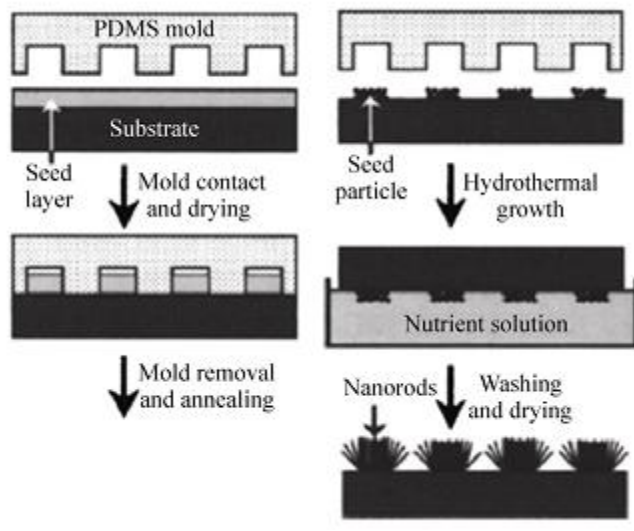
Quang khắc nhũ cầu nano là một kỹ thuật khắc quang học dựa trên nguyên lý nhũ cầu. Trong quá trình khắc, ánh sáng laser được chiếu qua một lớp nhũ cầu, tạo ra các hạt nhũ cầu. Các hạt nhũ cầu này sẽ chiếu lên một lớp vật liệu nhạy sáng, tạo ra các hạt nhũ cầu. Các hạt nhũ cầu này sẽ được khắc sâu vào lớp vật liệu, tạo ra các cấu trúc nano. Các cấu trúc nano này sẽ được khắc sâu vào lớp vật liệu, tạo ra các cấu trúc nano. Các cấu trúc nano này sẽ được khắc sâu vào lớp vật liệu, tạo ra các cấu trúc nano. Các cấu trúc nano này sẽ được khắc sâu vào lớp vật liệu, tạo ra các cấu trúc nano.



Nó được đổ lên với độ nhẵn gần đạt nước dưới 100 nm trên mọi quy mô từ 1 μm đến 1 cm và chỉ phụ thuộc vào vận tốc lăn, độ sâu và hình dạng khuôn mẫu. Lượng dầu in là 0,1 ml, vận tốc lăn là 1000 rpm và vận tốc quay của trục là 1000 rpm. Các khuôn cũng không được làm bằng vật liệu bán dẫn như silicon và PDMS mềm dẻo có thể được dùng nhiều lần. Vận trong khuôn thường được viết bằng quang khắc chùm electron. Tinh chất bề mặt của khuôn có thể được điều chỉnh là ưa nước hoặc kỵ nước [29]. Một lớp phủ chống dính thường được đặt trên khuôn để ngăn chặn dầu dính. Để tạo ra các khuyết tật vào vận, hình 33 cho thấy quy trình quang khắc in điện nano. Vận được ghi lại trên một miếng khuôn bằng quang khắc chùm electron và an môn hóa học. Trên bề mặt lớp phủ ZnO dẫn xuất sol-gel, sau đó khuôn được in tiếp vào vận. Sau khi sấy, một vận sạo độ sáng của khuôn được đặt ra trong lớp phủ in [30].

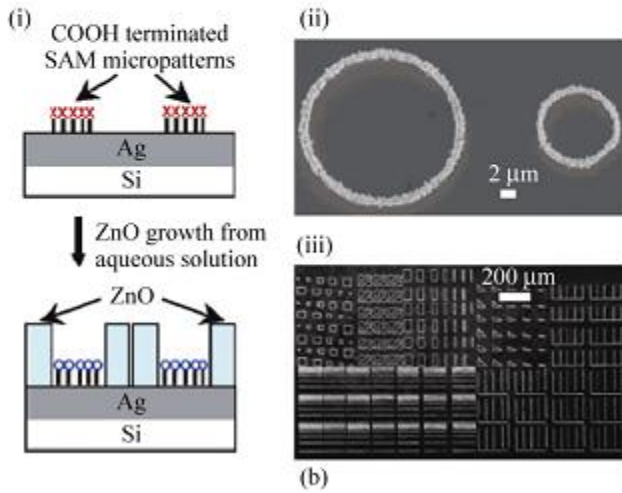
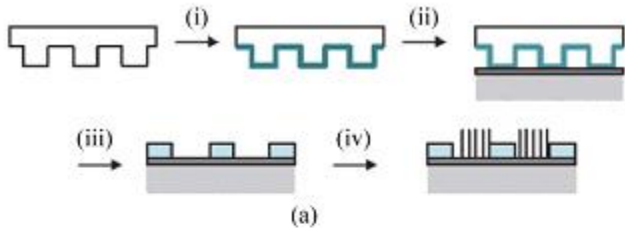
### 3.6 In tiếp xúc micro

Với một phương pháp in tiếp xúc micro (ICP) sử dụng một khuôn được liên kết với các phân tử chức năng [30]. Khi khuôn tiếp xúc với các phân tử chức năng được chuyển và từ đó lớp phủ được theo các vận của khuôn như trong hình 34 (a). Các phân tử chức năng từ đó lớp phủ có thể là các chất tẩy rửa trong cấu trúc nano ZnO một cách dễ dàng. H<sub>2</sub>O và các dòng nhiệt độ này dùng một phương pháp kết hợp ICP và các đơn lớp từ đó lớp phủ để lại Ag để in tiếp xúc.



Hình 34. Quy trình in tiếp xúc micro để tạo ra các nanorod ZnO [30].





[REDACTED]

[REDACTED]

ten mới là [1302]. Các tác giả cũng thấy rằng các phức chất COO<sup>-</sup> /MTA<sup>+</sup> đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh độ bám dính của ZnO. Trong thí nghiệm được kiểm soát, độ bám dính của ZnO được đưa vào các nhóm cacboxylate của lớp màng nano để tạo ra độ bám dính. Ngoài ra, các vùng hạn chế độ bám dính của màng nano ZnO trong các vùng không bị hạn chế [303].

## 2.7. In phun

Hiện thực hóa bản vẽ in phun bao gồm một hệ thống để được đặt các hạt và với phun rồi in. In phun được tiến vào các đế [305]. Đối với sự tăng trưởng của màng dây nano ZnO, tiền chất acetate có nguồn gốc sol-gel từ [306] [307] [308]. Tiền chất này được hòa tan trong dung môi acetate thành các tinh thể ZnO [309]. Độ phân giải thông thường của máy in phun vào bậc micromet, và phụ thuộc vào nhiều yếu tố chẳng hạn như kích thước của giọt nhỏ, tốc độ in, độ phân giải, hình dạng của các giọt rơi trên đế, khả năng thấm ướt và lan rộng của giọt trên đế, và khả năng cuộn / tương tác giữa các giọt lân cận nhau. Trong số những yếu tố này, kích thước của các giọt hiện đang là một trở ngại chủ yếu kích thước đặc trưng của [310] [311] [312] [313] [314] [315] [316] [317] [318] [319] [320] [321] [322] [323] [324] [325] [326] [327] [328] [329] [330] [331] [332] [333] [334] [335] [336] [337] [338] [339] [340] [341] [342] [343] [344] [345] [346] [347] [348] [349] [350] [351] [352] [353] [354] [355] [356] [357] [358] [359] [360] [361] [362] [363] [364] [365] [366] [367] [368] [369] [370] [371] [372] [373] [374] [375] [376] [377] [378] [379] [380] [381] [382] [383] [384] [385] [386] [387] [388] [389] [390] [391] [392] [393] [394] [395] [396] [397] [398] [399] [400] [401] [402] [403] [404] [405] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] [413] [414] [415] [416] [417] [418] [419] [420] [421] [422] [423] [424] [425] [426] [427] [428] [429] [430] [431] [432] [433] [434] [435] [436] [437] [438] [439] [440] [441] [442] [443] [444] [445] [446] [447] [448] [449] [450] [451] [452] [453] [454] [455] [456] [457] [458] [459] [460] [461] [462] [463] [464] [465] [466] [467] [468] [469] [470] [471] [472] [473] [474] [475] [476] [477] [478] [479] [480] [481] [482] [483] [484] [485] [486] [487] [488] [489] [490] [491] [492] [493] [494] [495] [496] [497] [498] [499] [500] [501] [502] [503] [504] [505] [506] [507] [508] [509] [510] [511] [512] [513] [514] [515] [516] [517] [518] [519] [520] [521] [522] [523] [524] [525] [526] [527] [528] [529] [530] [531] [532] [533] [534] [535] [536] [537] [538] [539] [540] [541] [542] [543] [544] [545] [546] [547] [548] [549] [550] [551] [552] [553] [554] [555] [556] [557] [558] [559] [560] [561] [562] [563] [564] [565] [566] [567] [568] [569] [570] [571] [572] [573] [574] [575] [576] [577] [578] [579] [580] [581] [582] [583] [584] [585] [586] [587] [588] [589] [590] [591] [592] [593] [594] [595] [596] [597] [598] [599] [600] [601] [602] [603] [604] [605] [606] [607] [608] [609] [610] [611] [612] [613] [614] [615] [616] [617] [618] [619] [620] [621] [622] [623] [624] [625] [626] [627] [628] [629] [630] [631] [632] [633] [634] [635] [636] [637] [638] [639] [640] [641] [642] [643] [644] [645] [646] [647] [648] [649] [650] [651] [652] [653] [654] [655] [656] [657] [658] [659] [660] [661] [662] [663] [664] [665] [666] [667] [668] [669] [670] [671] [672] [673] [674] [675] [676] [677] [678] [679] [680] [681] [682] [683] [684] [685] [686] [687] [688] [689] [690] [691] [692] [693] [694] [695] [696] [697] [698] [699] [700] [701] [702] [703] [704] [705] [706] [707] [708] [709] [710] [711] [712] [713] [714] [715] [716] [717] [718] [719] [720] [721] [722] [723] [724] [725] [726] [727] [728] [729] [730] [731] [732] [733] [734] [735] [736] [737] [738] [739] [740] [741] [742] [743] [744] [745] [746] [747] [748] [749] [750] [751] [752] [753] [754] [755] [756] [757] [758] [759] [760] [761] [762] [763] [764] [765] [766] [767] [768] [769] [770] [771] [772] [773] [774] [775] [776] [777] [778] [779] [780] [781] [782] [783] [784] [785] [786] [787] [788] [789] [790] [791] [792] [793] [794] [795] [796] [797] [798] [799] [800] [801] [802] [803] [804] [805] [806] [807] [808] [809] [810] [811] [812] [813] [814] [815] [816] [817] [818] [819] [820] [821] [822] [823] [824] [825] [826] [827] [828] [829] [830] [831] [832] [833] [834] [835] [836] [837] [838] [839] [840] [841] [842] [843] [844] [845] [846] [847] [848] [849] [850] [851] [852] [853] [854] [855] [856] [857] [858] [859] [860] [861] [862] [863] [864] [865] [866] [867] [868] [869] [870] [871] [872] [873] [874] [875] [876] [877] [878] [879] [880] [881] [882] [883] [884] [885] [886] [887] [888] [889] [890] [891] [892] [893] [894] [895] [896] [897] [898] [899] [900] [901] [902] [903] [904] [905] [906] [907] [908] [909] [910] [911] [912] [913] [914] [915] [916] [917] [918] [919] [920] [921] [922] [923] [924] [925] [926] [927] [928] [929] [930] [931] [932] [933] [934] [935] [936] [937] [938] [939] [940] [941] [942] [943] [944] [945] [946] [947] [948] [949] [950] [951] [952] [953] [954] [955] [956] [957] [958] [959] [960] [961] [962] [963] [964] [965] [966] [967] [968] [969] [970] [971] [972] [973] [974] [975] [976] [977] [978] [979] [980] [981] [982] [983] [984] [985] [986] [987] [988] [989] [990] [991] [992] [993] [994] [995] [996] [997] [998] [999] [1000].

## 2.8. Chạy điện

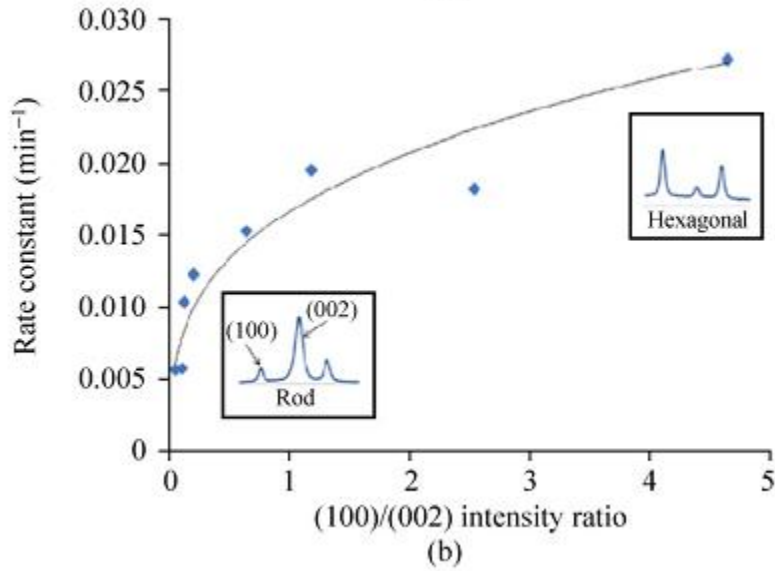
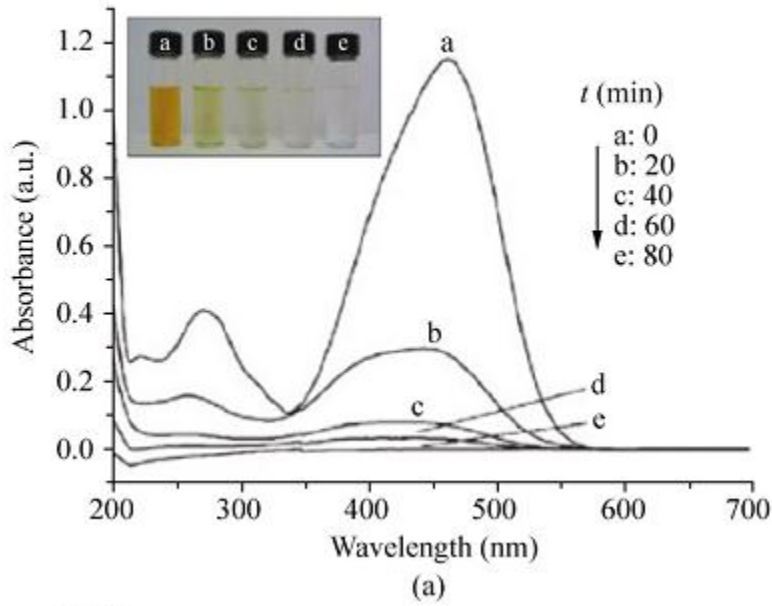
Các màng dây nano ZnO đang tăng trưởng có thể được chuyển nguyên vật liệu vào đế [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54] [55] [56] [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63] [64] [65] [66] [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74] [75] [76] [77] [78] [79] [80] [81] [82] [83] [84] [85] [86] [87] [88] [89] [90] [91] [92] [93] [94] [95] [96] [97] [98] [99] [100] [101] [102] [103] [104] [105] [106] [107] [108] [109] [110] [111] [112] [113] [114] [115] [116] [117] [118] [119] [120] [121] [122] [123] [124] [125] [126] [127] [128] [129] [130] [131] [132] [133] [134] [135] [136] [137] [138] [139] [140] [141] [142] [143] [144] [145] [146] [147] [148] [149] [150] [151] [152] [153] [154] [155] [156] [157] [158] [159] [160] [161] [162] [163] [164] [165] [166] [167] [168] [169] [170] [171] [172] [173] [174] [175] [176] [177] [178] [179] [180] [181] [182] [183] [184] [185] [186] [187] [188] [189] [190] [191] [192] [193] [194] [195] [196] [197] [198] [199] [200] [201] [202] [203] [204] [205] [206] [207] [208] [209] [210] [211] [212] [213] [214] [215] [216] [217] [218] [219] [220] [221] [222] [223] [224] [225] [226] [227] [228] [229] [230] [231] [232] [233] [234] [235] [236] [237] [238] [239] [240] [241] [242] [243] [244] [245] [246] [247] [248] [249] [250] [251] [252] [253] [254] [255] [256] [257] [258] [259] [260] [261] [262] [263] [264] [265] [266] [267] [268] [269] [270] [271] [272] [273] [274] [275] [276] [277] [278] [279] [280] [281] [282] [283] [284] [285] [286] [287] [288] [289] [290] [291] [292] [293] [294] [295] [296] [297] [298] [299] [300] [301] [302] [303] [304] [305] [306] [307] [308] [309] [310] [311] [312] [313] [314] [315] [316] [317] [318] [319] [320] [321] [322] [323] [324] [325] [326] [327] [328] [329] [330] [331] [332] [333] [334] [335] [336] [337] [338] [339] [340] [341] [342] [343] [344] [345] [346] [347] [348] [349] [350] [351] [352] [353] [354] [355] [356] [357] [358] [359] [360] [361] [362] [363] [364] [365] [366] [367] [368] [369] [370] [371] [372] [373] [374] [375] [376] [377] [378] [379] [380] [381] [382] [383] [384] [385] [386] [387] [388] [389] [390] [391] [392] [393] [394] [395] [396] [397] [398] [399] [400] [401] [402] [403] [404] [405] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] [413] [414] [415] [416] [417] [418] [419] [420] [421] [422] [423] [424] [425] [426] [427] [428] [429] [430] [431] [432] [433] [434] [435] [436] [437] [438] [439] [440] [441] [442] [443] [444] [445] [446] [447] [448] [449] [450] [451] [452] [453] [454] [455] [456] [457] [458] [459] [460] [461] [462] [463] [464] [465] [466] [467] [468] [469] [470] [471] [472] [473] [474] [475] [476] [477] [478] [479] [480] [481] [482] [483] [484] [485] [486] [487] [488] [489] [490] [491] [492] [493] [494] [495] [496] [497] [498] [499] [500] [501] [502] [503] [504] [505] [506] [507] [508] [509] [510] [511] [512] [513] [514] [515] [516] [517] [518] [519] [520] [521] [522] [523] [524] [525] [526] [527] [528] [529] [530] [531] [532] [533] [534] [535] [536] [537] [538] [539] [540] [541] [542] [543] [544] [545] [546] [547] [548] [549] [550] [551] [552] [553] [554] [555] [556] [557] [558] [559] [560] [561] [562] [563] [564] [565] [566] [567] [568] [569] [570] [571] [572] [573] [574] [575] [576] [577] [578] [579] [580] [581] [582] [583] [584] [585] [586] [587] [588] [589] [590] [591] [592] [593] [594] [595] [596] [597] [598] [599] [600] [601] [602] [603] [604] [605] [606] [607] [608] [609] [610] [611] [612] [613] [614] [615] [616] [617] [618] [619] [620] [621] [622] [623] [624] [625] [626] [627] [628] [629] [630] [631] [632] [633] [634] [635] [636] [637] [638] [639] [640] [641] [642] [643] [644] [645] [646] [647] [648] [649] [650] [651] [652] [653] [654] [655] [656] [657] [658] [659] [660] [661] [662] [663] [664] [665] [666] [667] [668] [669] [670] [671] [672] [673] [674] [675] [676] [677] [678] [679] [680] [681] [682] [683] [684] [685] [686] [687] [688] [689] [690] [691] [692] [693] [694] [695] [696] [697] [698] [699] [700] [701] [702] [703] [704] [705] [706] [707] [708] [709] [710] [711] [712] [713] [714] [715] [716] [717] [718] [719] [720] [721] [722] [723] [724] [725] [726] [727] [728] [729] [730] [731] [732] [733] [734] [735] [736] [737] [738] [739] [740] [741] [742] [743] [744] [745] [746] [747] [748] [749] [750] [751] [752] [753] [754] [755] [756] [757] [758] [759] [760] [761] [762] [763] [764] [765] [766] [767] [768] [769] [770] [771] [772] [773] [774] [775] [776] [777] [778] [779] [780] [781] [782] [783] [784] [785] [786] [787] [788] [789] [790] [791] [792] [793] [794] [795] [796] [797] [798] [799] [800] [801] [802] [803] [804] [805] [806] [807] [808] [809] [810] [811] [812] [813] [814] [815] [816] [817] [818] [819] [820] [821] [822] [823] [824] [825] [826] [827] [828] [829] [830] [831] [832] [833] [834] [835] [836] [837] [838] [839] [840] [841] [842] [843] [844] [845] [846] [847] [848] [849] [850] [851] [852] [853] [854] [855] [856] [857] [858] [859] [860] [861] [862] [863] [864] [865] [866] [867] [868] [869] [870] [871] [872] [873] [874] [875] [876] [877] [878] [879] [880] [881] [882] [883] [884] [885] [886] [887] [888] [889] [890] [891] [892] [893] [894] [895] [896] [897] [898] [899] [900] [901] [902] [903] [904] [905] [906] [907] [908] [909] [910] [911] [912] [913] [914] [915] [916] [917] [918] [919] [920] [921] [922] [923] [924] [925] [926] [927] [928] [929] [930] [931] [932] [933] [934] [935] [936] [937] [938] [939] [940] [941] [942] [943] [944] [945] [946] [947] [948] [949] [950] [951] [952] [953] [954] [955] [956] [957] [958] [959] [960] [961] [962] [963] [964] [965] [966] [967] [968] [969] [970] [971] [972] [973] [974] [975] [976] [977] [978] [979] [980] [981] [982] [983] [984] [985] [986] [987] [988] [989] [990] [991] [992] [993] [994] [995] [996] [997] [998] [999] [1000].



các chất như đồng methanol, tin, Cu và Fe [15], hoặc như một khung xốp như các chất xúc tác khác như Cu [317], hợp chất Cu / Fe [318], CuO [319], Au [320], để tăng lực hút nước oxy hóa của methanol.

Chất xúc tác nano ZnO là một chất quang xúc tác mà quá trình oxy hóa methanol sẽ diễn ra nhanh hơn so với các vật liệu ZnO khối [ Zhou và Wong đã chứng minh rằng các hạt nano ZnO thậm chí có hoạt tính xúc tác cao hơn và vật liệu khối do đó, tính khiến và độ hoạt tính của chúng cao hơn [19]. Ngoài ra, nếu kích thước của hạt nano ZnO giảm xuống khoảng 50 nm, độ hoạt tính cảm biến của ZnO sẽ tăng thêm năng lượng oxy hóa sẽ tăng và do đó các điện tử sẽ được tạo ra bằng ánh sáng xanh lam, oxy hóa mạnh hơn. Ngoài ra, với năng lượng độ hoạt tính của ZnO lớn hơn các cặp electron và lỗ trống được tạo ra bằng ánh sáng xanh lam có thể đóng vai trò như chất trung gian giữa các chất xúc tác và các chất gây ô nhiễm [310]. Ngoài ra còn có một số phương pháp khác để tăng cường hoạt tính của ZnO bằng cách ghép các electron và lỗ trống được tạo ra bằng ánh sáng xanh lam với các hạt nano CdS-hạt nano ZnO [321] và ghép chất SiO<sub>2</sub> và ZnO để cải thiện hiệu suất tách nước [322].

Hình 36 (a) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch chất xúc tác ZnO và sự biến đổi ánh sáng của hai chất khác nhau. Hình 36 (b) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (c) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (d) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (e) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (f) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (g) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (h) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (i) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (j) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (k) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (l) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (m) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (n) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (o) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (p) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (q) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (r) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (s) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (t) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (u) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (v) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (w) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (x) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (y) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng. Hình 36 (z) cho thấy quang phổ hấp thụ của dung dịch methyl da cam và dung dịch ZnO trước và sau khi chiếu sáng.



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] 1 [REDACTED]

[REDACTED] 1 [REDACTED] 11 [REDACTED]

quang xúc tác xanh methylene [159]. Trong nghiên cứu của họ, họ đã tổng hợp các tấm nano lục giác và các dây nano hình que được tổng hợp bằng cách điều khiển pH axit cloric và kẽm acetate. Như được hiển thị trong hình 37 (b), họ đã thấy rằng khi pH của dây nano đến thành nano và sau đó đến các tấm nano, thì các mặt phẳng có số lượng phổ ra so với các mặt phẳng và hàng số bậc độ phản xạ quang xúc tác của xanh methylene cũng tăng theo. Hoạt tính của các tấm nano cao hơn năm lần hoạt tính của các dây nano. Hoạt tính mạnh hơn của các mặt phẳng có số lượng cực được quy cho hàng hướng bề mặt cao (dày 1000 Å), nó có khả năng hấp thụ các phân tử chất nhuộm [159]. Tuy nhiên, Li và các đồng nghiệp đã quy hoạt tính cao này cho sự tương quan giữa tỷ lệ các bề mặt có cực được phơi ra và mật độ khuyết oxy bề mặt. Bởi vì các chỗ khuyết oxy giúp đẩy các electron được tạo quang và vì thế, nó tạo sự chia tách điện tích [241].

Nước kiềm của các chất quang xúc tác ZnO là sự phân giải và do trên ZnO trong môi trường môi trường axit và bazơ, do đó, các mặt phản quang học dưới ánh sáng cực tím được coi là một trong những lý do chính để độ suy giảm mật độ quang xúc tác của ZnO theo thời gian. Vì vậy, ZnO chỉ thích hợp cho các ứng dụng quang xúc tác môi trường trong môi trường [314].

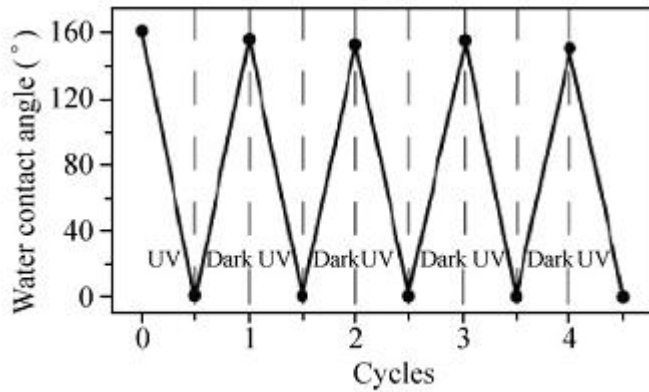
## 2.2. Tính chất kỹ thuật

Khả năng thấm ướt của một bề mặt rắn cực kỳ quan trọng trong các ứng dụng công nghiệp [326]. Phong và các đồng nghiệp đã báo cáo về khả năng thấm ướt của bề mặt tinh thể siêu kỹ thuật (góc tiếp xúc > 150°) và siêu ưa nước (góc tiếp xúc < 10°) của các màng dây nano ZnO bằng cách chiếu xạ tia cực tím và làm nguội trong bóng tối liên tiếp như trong hình 37 (a) cho thấy. Mọi giọt nước trên màng dây nano ZnO trước chiếu xạ tia cực tím và sau khi chiếu sáng UV bởi một đèn Hg 2, giọt nước trên bề mặt kỹ thuật được bốc hơi bằng cách đặt các dây nano trong bóng tối khô trong 7 ngày. Quá trình này có thể được lặp đi lặp lại nhiều lần mà không có sự thay đổi rõ ràng như hình 37 (b). Hiện tượng này là do mật độ tương quan siêu tinh nhạy quang bề mặt và cấu trúc xốp của các màng dây nano ZnO đặc [327]. Khả năng thấm ướt bị chi phối bởi hóa học bề mặt vật liệu và cấu trúc hình học của bề mặt [304, 328]. Mọi màng dây nano ZnO đang tăng trưởng với mật độ thích hợp là một cấu trúc hơi xốp và chủ yếu, nó ra các bề mặt phủ hàng loạt tiếp không gian cực [101]. Chính nó tăng cường các hành vi được tái nhúng. Dưới bức xạ

là sự liên kết nano ZnO giữa các hạt ecidin và ô nhiễm và các ô nhiễm có thể giải phóng.



(a)



(b)

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

3-(trimethoxysilyl)propylferrocene-carboxamide, có một nhóm gắn vào bề mặt này nano ZnO. Nội dung này một nhóm thay đổi oxy hóa kim loại khác. Hai nhóm này thay phiên cách nhau bởi một chuỗi alkyl. Dưới tác dụng của nhiệt độ, các liên kết liên kết thay đổi oxy hóa kim loại ferrocen sang ferrocenium. Với ferrocen là trạng thái năng lượng tự do thấp và ferrocenium là trạng thái năng lượng tự do cao. Sự thay đổi này có thể được sử dụng để điều chỉnh quá lại bề mặt từ nước sang môi trường nước. Những bộ cảm biến minh này có thể được ứng dụng trong phân phối thuốc và các cảm biến điện sinh học [35].

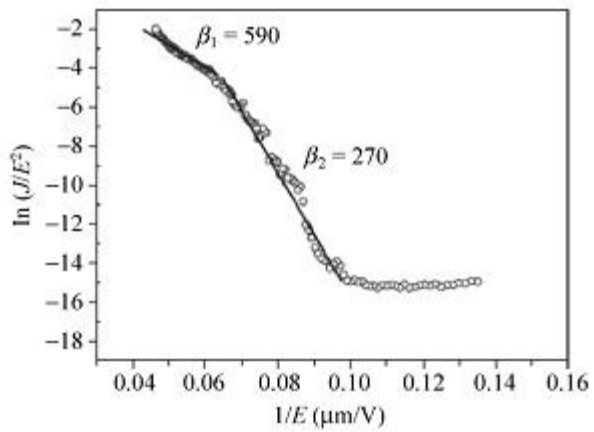
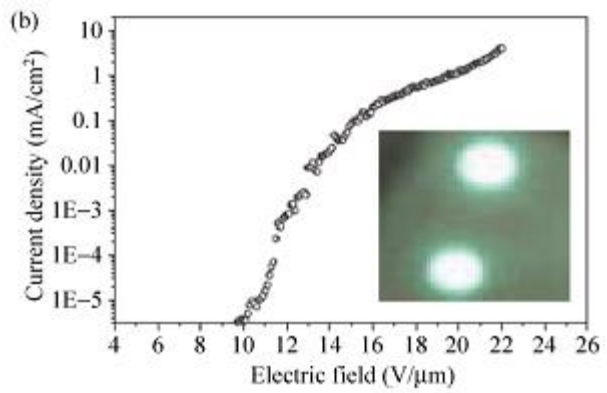
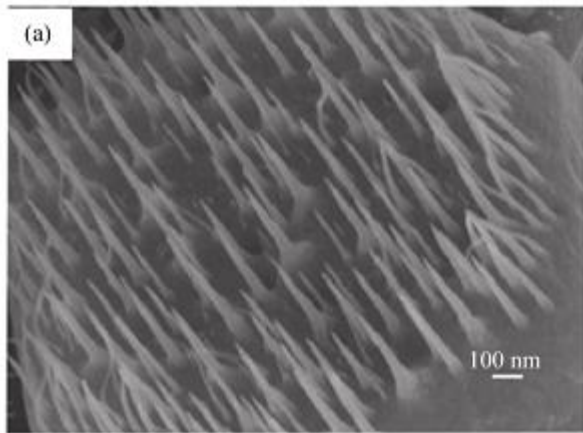
### 3. Lĩnh vực phát xạ hồng ngoại

Phát xạ hồng ngoại được ứng dụng trong màn hình panel điện quang, nguồn tia hồng ngoại và các thiết bị vi sóng [32]. ZnO với nội dung của thành sản xuất thép trên quy mô lớn và cũng cho phép áp suất riêng phần oxy trong môi trường cao trong quá trình sản xuất, đã trở thành một ứng cử viên tốt để sử dụng cho các loại phát xạ hồng ngoại.

Nhôm là hợp kim mỏng có được các mức độ mặt độ hướng đối cao và định hướng thẳng đứng để ứng dụng điện trường cực tốt. Thành phần độ [20], [33], [34] và các công cụ báo cáo bộ phát xạ hồng ngoại màng mỏng nano ZnO [34]. Các cấu trúc màng mỏng ZnO (Hình 38 (a)) được tăng trưởng bằng phương pháp thủy nhiệt trên một màng mỏng ZnO được phun xạ hoặc các thành phần ZnO kích thước nano. Với sự có mặt của nitrate kẽm và HMTA (102 đồng vai trò là dung môi). Các phép kiểm tra phát xạ hồng ngoại thường được thực hiện trong chân không nhiệt độ phòng. Các màng mỏng nano ZnO được đặt làm cathode và anode đối với kích thước đã biết được đặt ở một khoảng cách xác định từ cathode. Với trường điện được áp dụng giữa hai điện cực khi điện áp được đặt vào [20]. Trường điện và trường từ được định nghĩa là các trường vì nó cần thiết để tạo ra một dòng điện [35]. Hình 38 (b) cho thấy một số đặc điểm phát xạ hồng ngoại như hàm theo trường điện áp [36]. Trường điện có thể giải thích khi thay đổi các mức ZnO bằng các hạt nano kim loại [35]. Sự ổn định phát xạ hồng ngoại phụ thuộc vào một mối quan hệ lớn trong công nghệ phát xạ hồng ngoại [36].

Phát xạ hồng ngoại tuân theo lý thuyết Fowler-Nordheim (F-N) lý thuyết [37]  $J = A E^2 \exp(-B/E)$  trong đó  $J$  là mật độ dòng điện phát xạ theo trường điện,  $E$  là trường điện trường và nó được đặt vào theo đồng nghĩa  $V/d$  và  $B$  là hằng số tỷ lệ tăng cường trường điện được xác định là  $B = \frac{4}{3} \pi \epsilon_0 \epsilon V^2 / d$  đây là hằng số điện





màu hình dạng nền đen bụi xạ chất thông thường. Hình ảnh này liên kết theo chiều dọc, sự hình thành theo chiều dọc. Đạt được các giá trị cao là điều rất quan trọng. Mai đây các kỹ thuật đóng vai trò quan trọng. Nếu nó qua kính thì tại đây lòng kính sẽ không dẫn nó qua các bộ phận trong bộ phận quanh mũ phát có thể hình thành tinh thể do các dây nano lân cận nhau, nơi chúng điều đó làm giảm giá trị [112, 338]. Đó là công thoát của bộ phận khoảng 5.4 eV đối với ZnO [338] và B là hạt năng số bộ phận 5.6 eV [338] và 6.85 eV [338].

$1 \mu m$  Bảng vẽ và (b) theo 1/1 hình ảnh 38 (C) [334] dường công có thể hơn một hệ số độc, có thể là do sự biến đổi tương cực bộ phận mũ hoặc nắp mũ. Hình ảnh bao phủ phát xạ [334]. Khi tương đại vào cao, dường công mũ mũ nguyên hình ảnh do đó nghĩa là dòng phát xạ dường là do sự xuyên hàng rào được mở ra qua điện trường đại vào 1/21. Các giá trị này có thể được suy ra bằng cách khớp dường công thực nghiệm và dường công từ thuyết F-N theo  $\beta = 0.83 \times 10^9$  [334]. Đây là khoảng cách khoảng cách giữa hai đầu cực và là hằng số của dường công F-N.

### 3.3. Tinh thể photonic

Các hàng dây nano ZnO dọc định hướng từ hoàn toàn thay đổi sự biến đổi màu của các hàng số. Khi một khi các photon đi chuyển bên trong thì đến khi trong phần chế suất, dây được gọi là tinh thể photonic [340]. Cũng giống như sự sắp xếp từ hoàn toàn là các nguyên tử trong tinh thể thì đây cũng là bản đồ hoàn của điện thế khi điện tử đi chuyển bên trong dẫn đến dải vùng cấm điện tử tinh thể photonic có dải vùng cấm quang tử đối với các photon. Sự phân bố của photon về bản chất nó do trong vùng cấm quang tử [340]. Các sự tương trong tinh thể photonic cũng có thể đưa vào các trạng thái k bộ trong vùng cấm photonic, cho phép sự lan truyền của photon với tần số tăng với tần số các trạng thái k bộ. Nhưng đặc tính của tinh thể photonic có thể được dùng để điều khiển sự phát xạ và lan truyền của các photon để phát triển truyền thông quang học tích hợp trong tương lai [341-345]. Tinh thể photonic ngược cũng có thể được tạo ra bằng cách cho vào các khoảng trống giữa các dây nano ZnO polymer, rồi sau đó loại bỏ các dây nano bằng axit hoặc  $D_2O$ .

Bằng phương pháp số mô phỏng như được biểu diễn trong Hình 39 (a), các giá trị công suất và hình toán của trục vùng photonic của một hàng liên hoàn các dây nano định hướng thẳng đứng với sự phân tán tần số đối với mode từ ngang

TMJ lý dạy điện từ (sóng sóng với trục dọc của dây nano) [340]. Trong tình trạng của họ mang trên hoàn toàn dây nano, thì hình ảnh cơ thể xem như một thể photon hai chiều và chiều cao của dây nano là hơn như số vị trí chiều rộng dây nano. Ngược lại nếu chiều cao của các dây nano quá nhỏ tính thể photon hai chiều qua mỏng. Trong trường hợp dây sự tam chiều quang học của nó là khả yếu và không thích hợp để dùng như ống dẫn sóng. Các kết quả thí nghiệm cho thấy rằng vị trí trung tâm và chiều rộng của khe ngang lại phụ thuộc vào chiều dài dây nano và bước của mạng. Bằng cách dùng chính lý về giao thoa vị trí có thể đã được dùng để vùng cấm quang tử trong vùng khả kiến như hình 39 (c) [340]. Chất lượng tinh thể của các khối cơ sở của cơ thể photon hai chiều là quan trọng do vì các sai hỏng chẳng hạn như khoảng trống và các điện hạt tải sẽ các sóng điện từ tới đến một mặt truyền thấy. Hình 39 (c) đã thể hiện một số kết quả thí nghiệm tính thể photon hai chiều. Do tổng loạn điện lại của các đỉnh của peak lại qua cho thấy rằng nó là tính thể photon không hoàn hảo [341-342]. Hình 39 (d) cho thấy kết quả thí nghiệm quang học bức xạ của ánh sáng thông qua một mạng dây nano ZnO được tạo van lực các sự biến sắc dọc theo hướng xuyên tâm được minh chứng rõ ràng [343-344].

### 3.5 Bộ phát ánh sáng

Một phát ánh sáng dựa trên ZnO đã được xem như là một ứng dụng tiềm năng cho các thiết bị nguồn sáng màu xanh lam và tím đơn sắc cao cấp theo đó mang lại những ứng dụng tiềm năng đến từ 3-3.7 eV, năng lượng liên kết exciton của nó về 25 meV, nhiệt độ phòng và một số lợi thế khác trong quá trình sản xuất ZnO. Các bộ phát ánh sáng dựa trên dây nano ZnO đã được nghiên cứu để ứng dụng an toàn hơn với bức xạ năng lượng cao và ổn định trong thời gian dài. Chúng có thể được sử dụng cho một loạt các mục đích công nghệ, chẳng hạn như phát sáng trắng thái rạn, các đèn kết quang học, và lưu trữ thông tin mật độ cao.

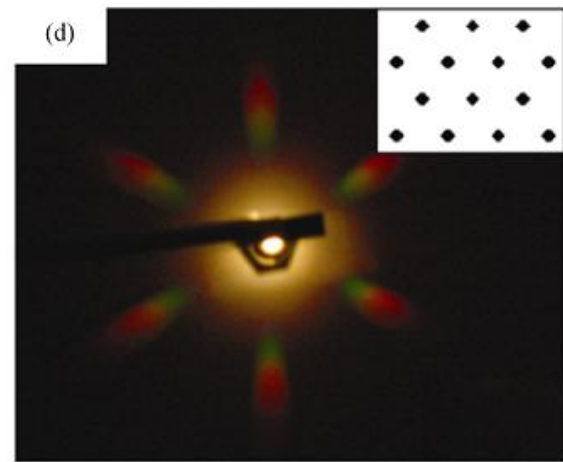
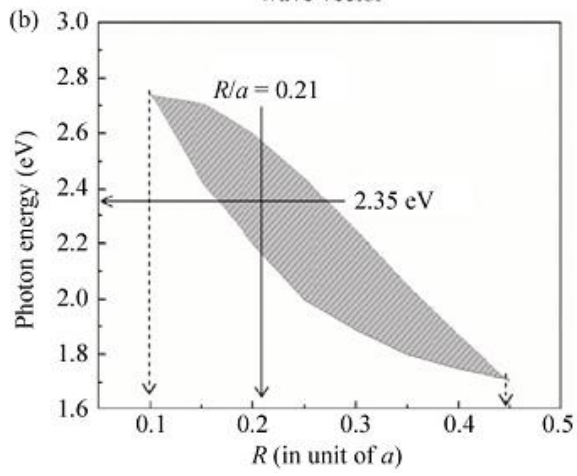
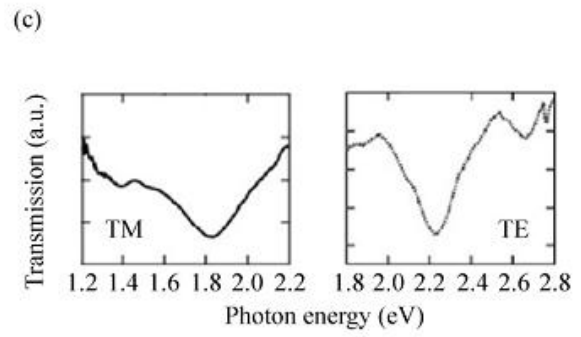
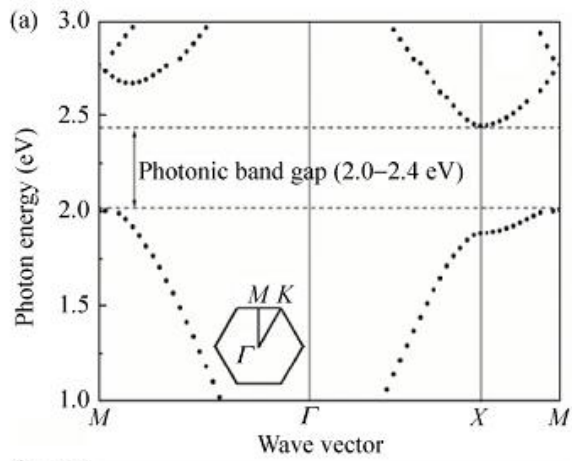
### 3.5.1 Sự phát xạ ánh sáng được kích thích quang

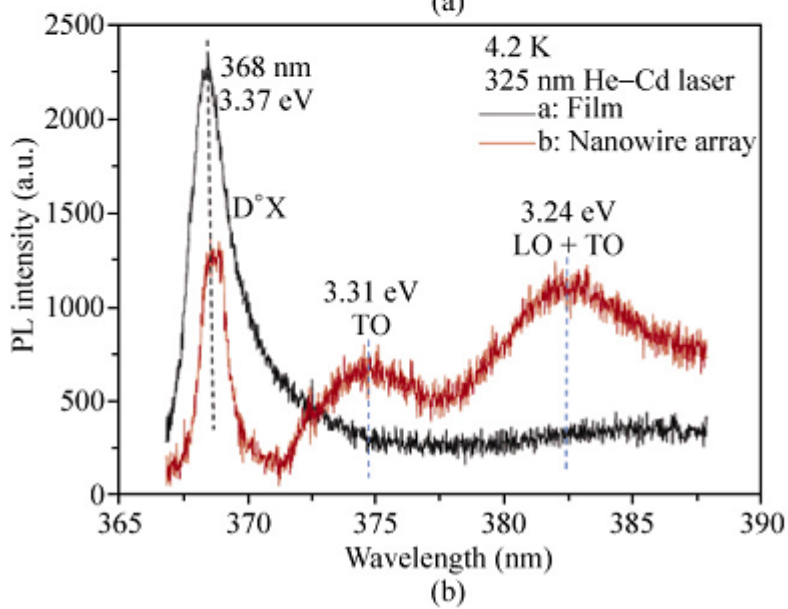
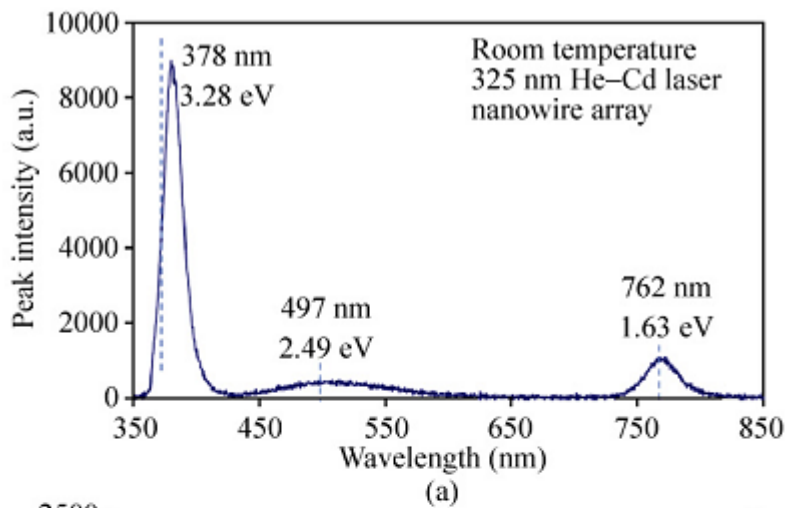
Sự kích thích quang học các dây nano ZnO, các nhà nghiên cứu đã nghiên cứu tính chất quang phát quang của chúng, đã nhận thấy đặc tính phát laser từ những công trình Fabry-Pérot được hình thành bởi hai mặt phẳng cơ sở và cũng đã nhận được các đặc tính như sau:

### 3.5.1.1 Quang phát quang

Hiện tượng phát quang của ZnO được kích thích bởi ánh sáng laser cực tím ở nhiệt độ phòng thường có hai vùng phát xạ. Một vùng cực tím do phát xạ tái liên vùng của quá trình va chạm exciton [exciton (347)]. Vùng còn lại nằm trong vùng khả kiến và có liên quan đến sự tái hợp electron-lỗ trống xảy ra trong vùng cấm của các sai lệch điểm nút và các sai hỏng bề mặt. Ví dụ như các chỗ khuyết oxy, liên mạng kẽm, và sự tích hợp các nhóm hydroxyl vào trong mạng tinh thể trong quá trình tăng trưởng dung dịch [24, 548-550]. Các vùng phát xạ này đã được sử dụng để làm cường độ chiếu sáng quang phát quang của các hợp chất đất hiếm [551].

Hình 40 (a) biểu diễn phổ quang phát quang điển hình của các dây nano ZnO một chiều phòng [552]. Peak phát xạ UV chiếm ưu thế được quan sát quanh 360 nm, cùng với sự phát xạ trong vùng khả kiến khả yếu, khoảng 500 nm. Phát xạ hồng ngoại gần xung quanh 760 nm của các dây nano ZnO được nhắc đến để bổ sung là do đặc trưng đặc trưng của phát xạ khe vùng UV [553, 554]. Dịch chuyển xanh trong vị trí peak của phát xạ exciton gần khe vùng khi kích thước dây nano giảm từ 10 nm xuống 10 nm đã được nhắc đến trong phần còn lại [555]. Phát xạ khả kiến sai lệch thường dẫn đến





Nhà nghiên cứu Arrhenius [184] Peak phát xạ UV chính được quy cho exciton liên kết nông (3.81 eV) dịch chuyển xanh từ 378 nm đến 368 nm. Do vậy dải vùng cấm của ZnO tăng lên khi nhiệt độ tăng theo hệ thức Varshni [185]. Ngoài ra, các hạt phonon quang học và ngang (LO và TO) phonon cũng có năng lượng 3.81 eV. Khoảng cách năng lượng giữa các hạt phonon được đại diện như trong hình 40 (b), phù hợp với mức năng lượng phonon được báo cáo trong các tinh thể ZnO [1, 360-362].

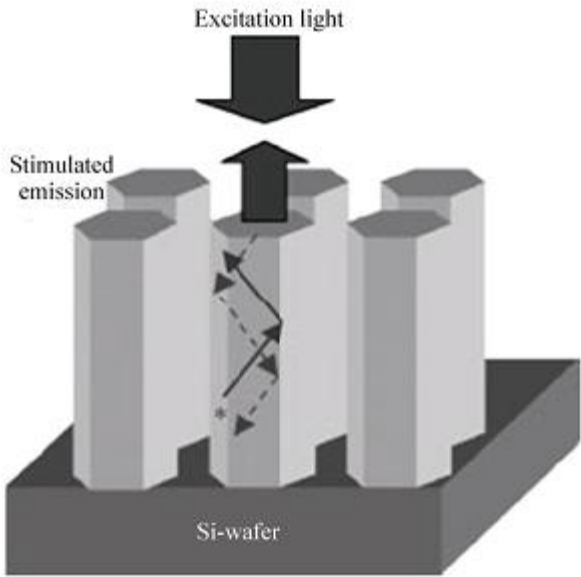
## 6.5.1.2 Các laser được bơm quang

Các năng lượng nano ZnO là vật liệu lý tưởng để chế tạo các laser nhiệt độ phòng vì dải hạt UV do (UV). Đầu tiên, ZnO là vật bán dẫn có dải vùng cấm lớn với năng lượng liên kết exciton lớn (60 meV), giá trị này lớn hơn năng lượng nhiệt (kT) nhiệt độ phòng (25 meV). Vì vậy, các exciton có thể tồn tại định tại nhiệt độ phòng, và tái kết hợp exciton hiệu quả, điều cần thiết cho phát laser. Thứ hai, cấu trúc dây nano và các bề mặt đầu trên và dưới có độ nhẵn cao tạo hình thành buồng cộng hưởng Fabry-Pérot, như hình 41 (a) [363]. Mỗi dây nano có một buồng cộng hưởng Fabry-Pérot. Hơn nữa, chiết suất ZnO cao ( $n = 2,45$ ) có thể giam giữ ánh sáng theo chiều ngang đồng vai trò như ống dẫn sóng dưới bước sóng dài với các mode bậc thấp với chiều dài đủ lớn hiệu quả.

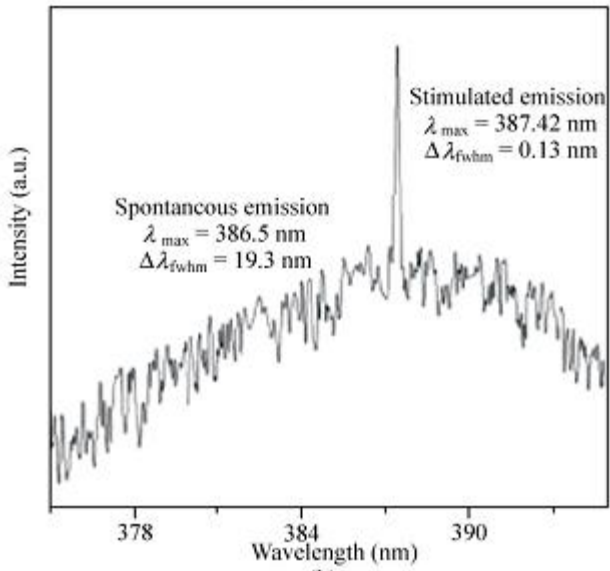
Govender và các cộng sự đã chế tạo một laser kích thước dài rộng được bơm quang học bằng các mảng dây nano ZnO được tăng trưởng bằng phương pháp hóa hơi (HV). Các mảng dây nano được bơm quang học bằng laser nhiệt với bước sóng 357 nm và xung (800 ps) phù hợp với độ rộng vùng cấm (3.65 nm) và thời gian sống exciton ( $\tau = 350$  ps) của các dây nano ZnO. Nguồn bơm hoặc theo hướng thẳng đứng (UV, 365 nm) hoặc một góc tới nghiêng so với đế [182]. Detector được đặt vuông góc với đế. Mật độ dòng suất ngược bơm được xác định là sự thay đổi của độ rộng của cường độ quang phát quang (PL) như hàm theo cường độ laser kích thích. Các kết quả được xem như thấy với mật độ dòng suất đặt tại diện vùng 1 là yếu nhất và kích thước của hướng của hướng UV và hướng nằm tại là khoảng 100 nm. Wavelength: 365 nm, 357 nm, 350 nm, 340 nm, 330 nm, 320 nm, 310 nm, 300 nm, 290 nm, 280 nm, 270 nm, 260 nm, 250 nm, 240 nm, 230 nm, 220 nm, 210 nm, 200 nm, 190 nm, 180 nm, 170 nm, 160 nm, 150 nm, 140 nm, 130 nm, 120 nm, 110 nm, 100 nm, 90 nm, 80 nm, 70 nm, 60 nm, 50 nm, 40 nm, 30 nm, 20 nm, 10 nm.

Khi giảm mật độ dòng suất ngược bơm thì phát xạ laser không tăng, phát xạ laser phát khuếch đại xảy ra.

■



(a)



(b)



Sự phát laser do các exciton, có lẽ là sự chuyển hóa của vùng cấm từ các trạng thái liên lạc Coulomb giữa các electron từ đó và từ vùng liên lạc vùng liên lạc. Thời gian sống nơi chúng giam giữ phát xạ là phát laser EHP [364].

Các photon phát ra dao động giữa hai trạng thái cơ sở, và một loạt các phát xạ xuất hiện tại các lần số node của đường cong bẫy điện tử có thể được phát hiện. Do thành tích bước sóng giữa các mode này có thể được tính bằng công thức  $\Delta\lambda = \frac{2L}{n}$ , trong đó  $n$  là chiết suất của đường cong bẫy điện tử,  $L$  là chiều dài của đường cong bẫy điện tử và  $\lambda$  là bước sóng của ánh sáng. Các mode laser hầu như bao phủ toàn bộ vùng khả kiến [10] và như vậy có thể đóng vai trò như một nguồn ánh sáng trắng. Choy và các cộng sự đã báo cáo peak phát xạ kích thích của lớp (EHP) ở bước sóng 387.42 nm, như hình 41 (b) [365]. Hình ảnh hiển vi khoảng 0.13 nm, khá nhỏ. Bởi vì các dây nano ZnO có thể đóng vai trò như ống dẫn sóng, phát laser ngẫu nhiên qua các mặt bên của dây nano không có khả năng xảy ra. Hình ảnh phát laser ngẫu nhiên có nguồn gốc hơn phát laser từ ống dẫn sóng dây nano [10, 364]. Hình ảnh phát laser ngẫu nhiên tại một loạt trong một phát laser từ ống dẫn sóng dây nano có sự biến đổi các mode trong một dải để được [364].

### 3.5.1.3 Ống dẫn photon

Ảnh hưởng quang phổ tuyến của các dây nano bán dẫn có những ứng dụng liên quan trong các bộ máy quang học và các yếu tố quang / điện tử. Trong các mạch quang điện tử, hình ảnh [366]. Đặc biệt, ZnO với các bề mặt có các cấu trúc có thể được sử dụng để biến đổi ánh sáng thành các xung laser siêu ngắn và cường độ cao.

Puls và các cộng sự nghiên cứu sự phát sóng hai bậc hai (SHG) từ màng dây nano ZnO khi kích thích với các xung xung femto giây cường độ cao [367]. Trong thí nghiệm, sự biến đổi của sự biến đổi dao động từ femto giây ngoài ánh sáng được song điện cảm ứng được (700-900 nm) để kích thích các dây nano. Các xung ánh sáng có năng lượng của 12 nJ với khoảng thời gian xung là 50 fs, hình 42. Khi điện trường công suất và những lần kích thích khác nhau. Trong quang phổ, sự biến đổi peak khác nhau trong vùng khả kiến được song có thể được phân biệt như sau. SHG công suất cao được song song để kích thích dao động từ



đây nano ZnO được nuôi bằng phương pháp hóa hơi chùm tia laser. Các LED Laser này hơn 100 lần nhỏ hơn bình thường do chất liệu là hình ống. Tiếp xúc của các dây nano ZnO với điện cực được thực hiện trong ống và do đó độ nhạy tiếp xúc rất cao. Thiết bị thường dùng trong khi đại diện những phát laser do sự tỏa nhiệt Joule khi có điện áp phân cực cao.

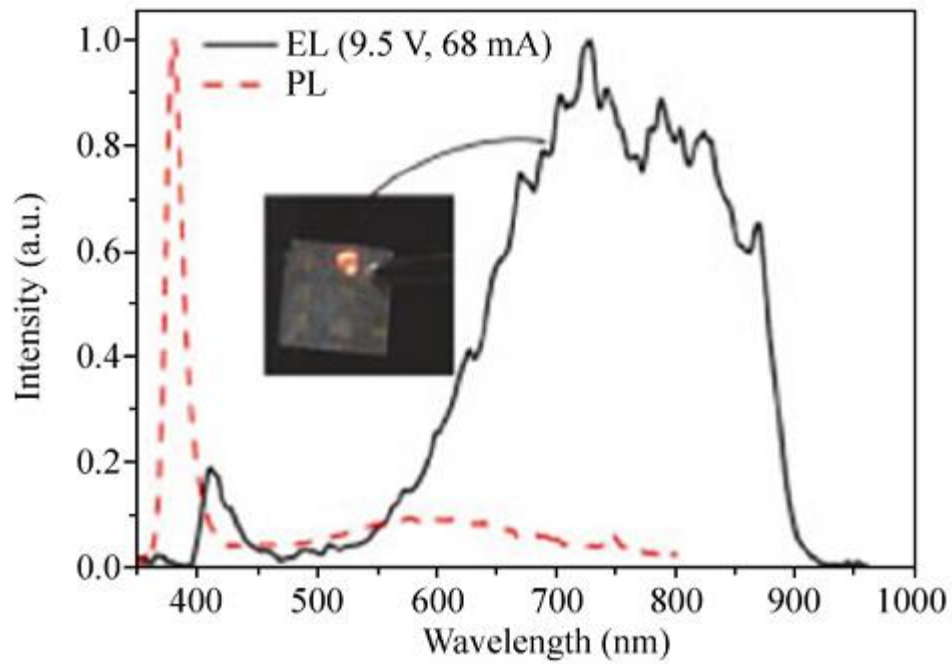
### 3.5.2.1 LED dòng tiếp xúc ZnO

Để nuôi cấy ánh sáng trạng thái rắn hiệu quả nhất thì ứng dụng tiếp xúc p-n [251], [252] và các công nghệ khác là phương pháp tối ưu nhất để tổng hợp tiếp xúc dây nano ZnO loại p không hòa tạp và đã sử dụng các màng dây nano ZnO loại p đang tăng trưởng để chế tạo LED loại tiếp xúc [254]. Hình 43 cho thấy phổ quang phát quang và điện phát quang của các dây nano ZnO loại p trên đế GaN loại n. Khi phân cực peak màu xanh và một vùng phát xạ hồng ngoại gần đó cũng có thể xuất hiện. Hình nhỏ là ảnh camera của LED khi bị phân cực. Peak màu xanh phát sinh từ sự tái hợp exciton của các electron từ đế GaN và lỗ trống từ các dây nano, và phát xạ hồng ngoại gần cũng có thể do phát xạ electroluminescence bởi vì vùng này không có sự hiện diện của phổ quang phát quang [254].

### 3.5.2.2 LED dị tiếp xúc vô cơ

Trong LED thường người ta hay sử dụng tiếp xúc của các vật liệu ZnO loại n và GaN thay vì tiếp xúc dây nano ZnO. Trong đó GaN là vật liệu được quan tâm đặc biệt vì nó có tính chất điện và tính quang học giống với ZnO [11, 367-369]. Ngoài ra người ta thấy rằng dị tiếp xúc dây nano ZnO / đế GaN có hiệu suất tiêm hạt tải cao hơn và tốc độ tái hợp cao hơn so với các tiếp xúc khác [370].

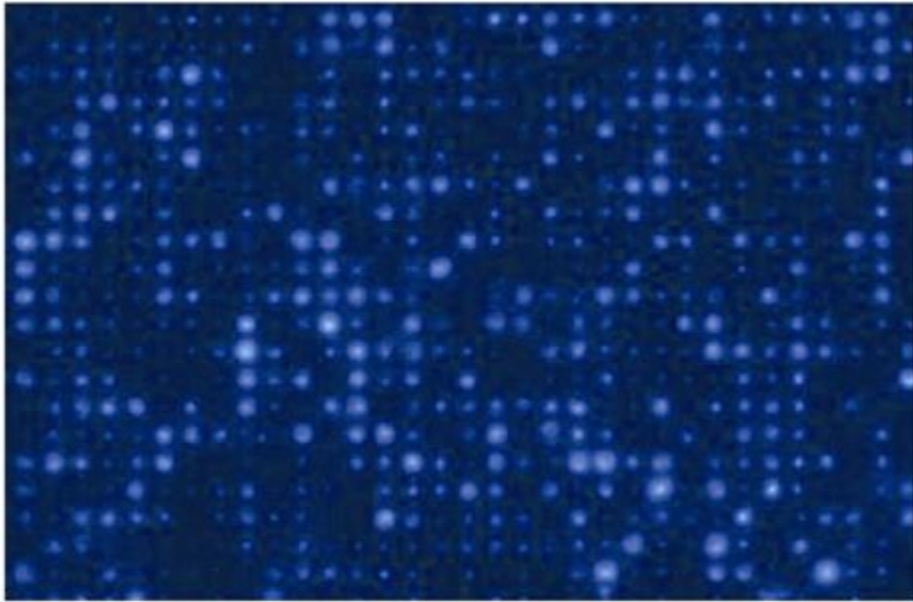
Trong tất cả các trường hợp trước đây dây nano ZnO loại p được phân phối ngẫu nhiên trên bề mặt. Tuy nhiên Xu và các cộng sự đã chứng minh khả năng điều khiển phân bố không gian của các LED xanh / gần UV.



[REDACTED]

[REDACTED]

Nguồn gốc vật lý của hiệu phát quang dị hướng chủ yếu tại những vùng có dạng tranh luận [373, 375]. Đa ứng có cấu trúc các vùng phát xạ từ phía ZnO loại n [147, 376] hay phía GaN loại n [372, 377]. Trong thực tế, nồng độ lỗ trống trong vùng đất GaN loại n pha tạp Mg ( $\sim 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>) cao hơn hơn nữa do electron trong các dây nano ZnO loại n ( $\sim 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>) nhưng do tính đồng hạt tại trong GaN loại p.



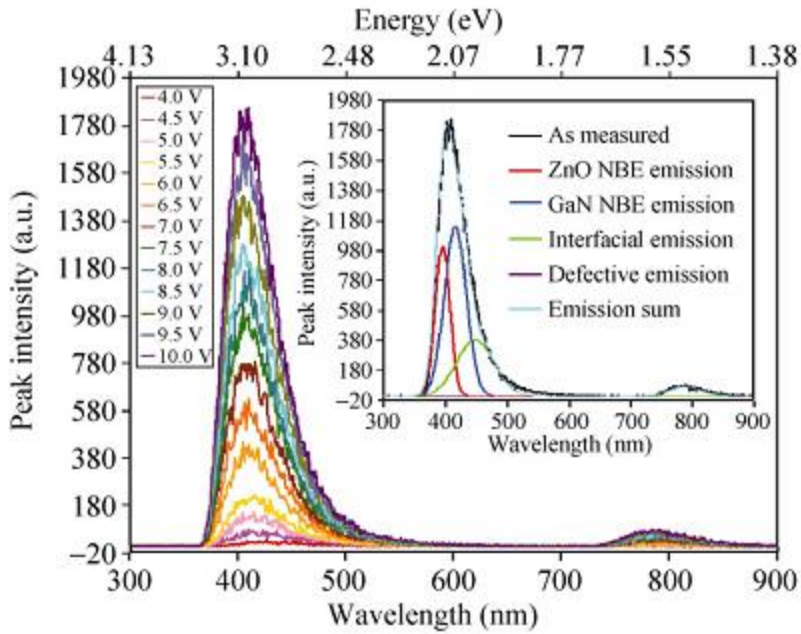
Hình 45. Hình quang học với màu xanh lam của LED đồng hướng được làm từ màng dây nano ZnO được tăng trưởng trên substrates GaN loại n kích thước  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  trên các chất nền GaN loại p và sự phóng xạ chụp lại.

Đặc tính số với trong ZnO loại n. Lượng tử các chủ cao hàng rào từ mặt phân cách dị với các lỗ trống (1.57 eV) và đối với electron (1.59 eV) là bằng nhau. Trong trường hợp này, sự tiêm hàng rào từ các electron và lỗ trống sản phẩm nhau từ cả hai bên. Tái nhiên, lượng bù vùng năng lượng tại bề mặt phân cách ZnO/GaN phần lớn được xác định bởi quá trình chế tạo [378] và bất kỳ mất hấp thụ ở mặt phân cách nào được tích hợp trong tăng trưởng hóa hơi [379].

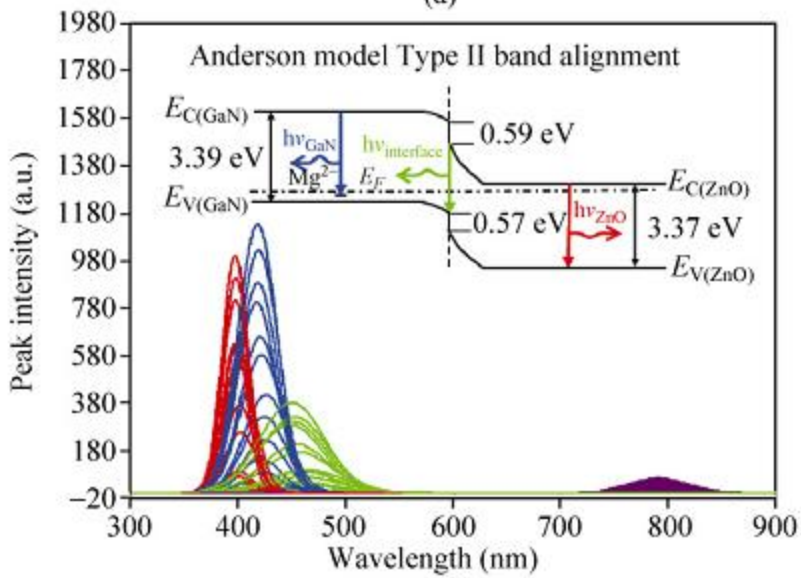
Như được biểu diễn trong hình 45 (a), phổ phát xạ của LED màng dây nano ZnO loại n / GaN loại p được giảm sâu ở các điện áp phân cực khác nhau. Mật độ dòng, từ 4 V đến 10 V, peak phát xạ chỉ ra ưu thế hơi dịch chuyển xanh trong khoảng 400–420 nm với FWHM khoảng 60 nm. Giải chấp peak của phát xạ màu xanh gần UV với các hàm Gauss (thể hiện trong các hình thức trong hình 45

đã cho thấy phổ phát xạ màu xanh / xanh-UV rộng bao gồm ba vùng (bài) riêng biệt (Hình 45) bao quanh 375-415 nm, 420-440 nm, và 450-510 nm. Mỗi vùng phát xạ trong ba vùng này có thể là kết quả của quá trình tái hợp exciton. Vùng phát xạ UV quanh 400 nm do phát xạ tái hợp exciton trong các dây nano ZnO có nguồn gốc từ các mức tạp của ZnO loại n và các exciton liên kết [377, 380]. Trong khi đó, vùng phát xạ tím-dịch chuyển do quanh 430 nm là do các dịch chuyển từ vùng dẫn hoặc các donor nông đến các mức acceptor nông sâu trong độ băng vùng GaN loại p [372, 373, 380]. Phát xạ quanh 460 nm là do sự tái hợp của các electron từ ZnO loại n và lỗ trống từ GaN loại p [380-382]. Nói chung, các trạng thái bề mặt phân cách đóng vai trò như các tâm không phát xạ triệt tiêu các electron từ độ và lỗ trống. Do đó, để đạt được hiệu suất phát xạ cao là cần thiết để có được LED hiệu suất cao. Phát xạ UV quanh 270 nm do sự tái hợp điện tử mức sâu tới lại là do khuyết oxy và các liên mạng kết nối trong các dây nano ZnO [377]. Cần lưu ý rằng phổ phát xạ có thể thay đổi do [377, 381].

Sử dụng áp điện cực tăng lên, cường độ của peak chính và của các peak phụ cũng có thể tăng lên hơn nữa và các vùng dịch chuyển xanh. Dịch chuyển xanh này phụ thuộc vào nguyên nhân, chẳng hạn như sự tái chuyển hóa vùng và sự tái hấp thụ vùng [383], và các hiệu ứng chế biến của ứng dụng áp điện có sẵn [384].



(a)

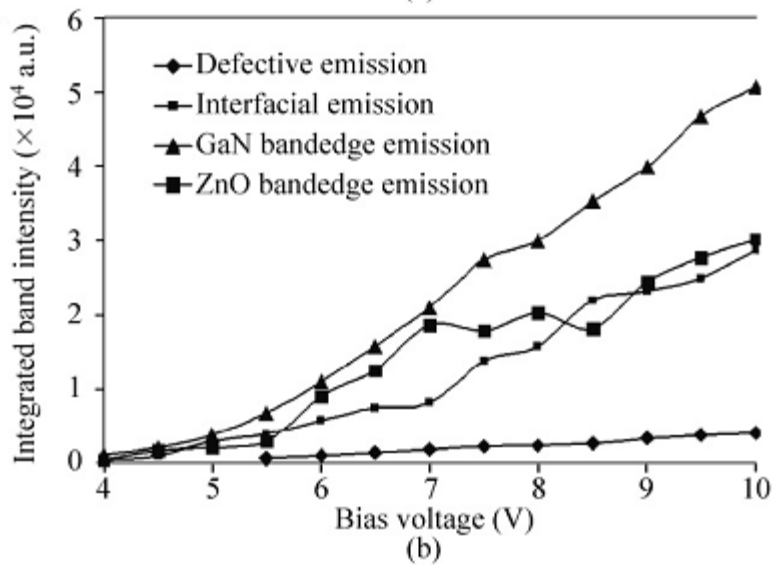
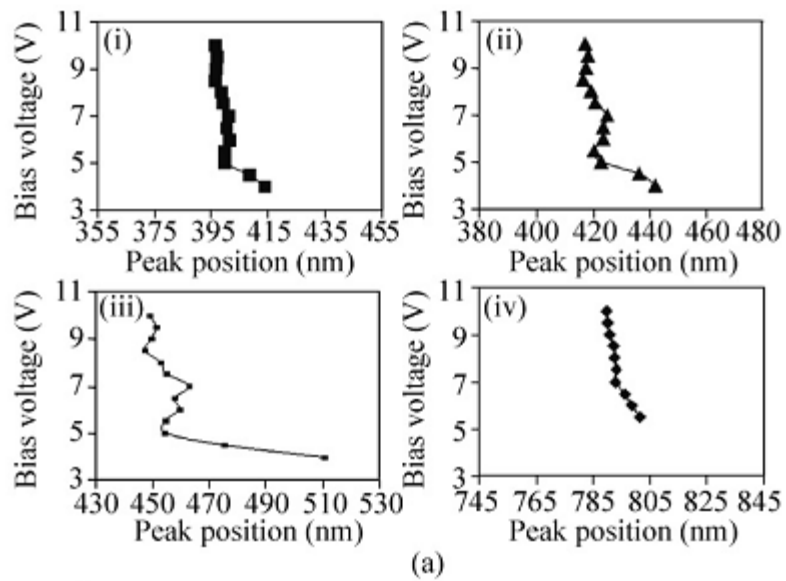


(b)

Quang hướng dẫn tại các nồng độ khác nhau (380, 1) độ chuyển xanh của các vị trí khác nhau trên điện vùng ZnO và GaN (Hình 46) và là có thể độ sự tăng cường của các electron và lỗ trống khi điện áp phân cực tăng lên. Khi điện áp phân cực tăng dần lên, năng lượng của các hạt tải điện từ vùng rào tăng theo (các vị trí dòng của các hạt tải điện không thay đổi quá nhiều khi điện áp phân cực tăng lên) có thể đóng góp vào năng lượng của các photon phát ra. Dịch chuyển xanh để thể hiện của vị trí peak đo qua trình tại hợp bề mặt phân cách (Hình 46 (a)) đơn giản là vì sự tăng dòng năng của các electron và lỗ trống đã đóng góp vào sự tái hợp bề mặt phân cách.

Dịch chuyển xanh của phổ điện phát quang cũng là do sự thay đổi cường độ dòng điện của bốn vùng như được biểu diễn trong hình 46 (b). Cường độ phát xạ gần biên vùng GaN tăng nhanh nhất trong số bốn vùng còn khi điện áp phân cực tăng, sự tái hợp vùng của GaN loại p và ZnO loại n giảm xuống, do đó dòng năng lượng



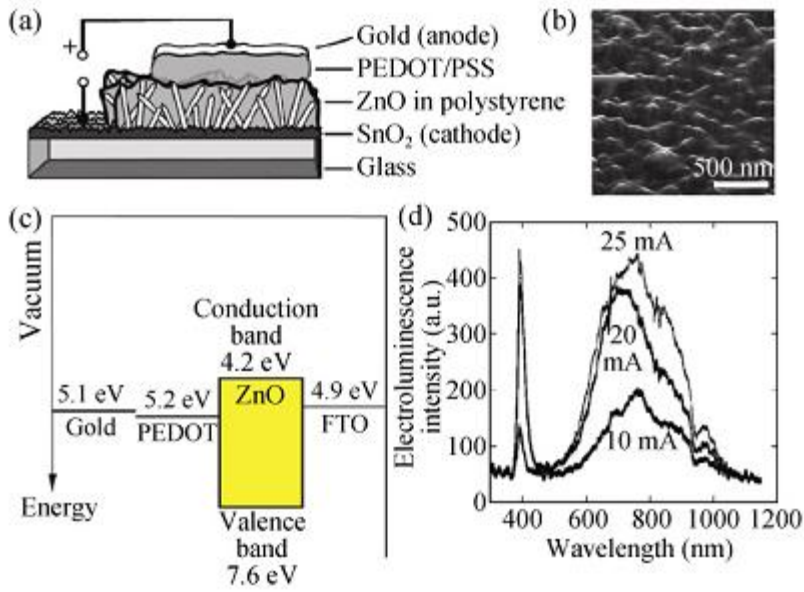


Mọi màng mỏng bán chất dẫn là cao được chế tạo bằng MOCVD, mức sai hỏng thì nhiều trong đời cao trong các dây nano ZnO tăng trong thủy nhiệt không xác định hiện tại trong nghiên cứu trong của nó đặc biệt khi diện tích tương đối các. Những sai hỏng này trong các dây nano ZnO này đóng vai trò như các tâm khuyết và làm giảm sinh sự tái hợp không bức xạ.

### 6.5.2.3.1 LED lai hóa vô cơ- hữu cơ

Màng dây nano ZnO có thể được nuôi trên đế polymer ở nhiệt độ thấp và chi phí thấp trên quy mô lớn bằng cách lắng từ nhiệt hóa [385, 386] hoặc nuôi có sự dung nạp [251]. Khi được làm dày vì polymer cách điện như một đế để các dây nano ZnO này có thể lai hóa vô cơ- hữu cơ để chế tạo các LED mới từ hiệu suất hoạt động hoặc các vai trò cho các ứng dụng pin mặt trời [249]. Các thiết bị này có thể thay thế cho các thiết bị bán hữu cơ. Trong thực tế chúng có thể tương đối so với tất cả các thiết bị bán hữu cơ theo nghĩa là thành phần quang học tích cực trong các cấu trúc lai hóa như vậy là vật liệu vô cơ, thường có độ linh động hạt tải cao hơn và thời gian sống ngắn hơn so với vật liệu hữu cơ [386]. Tương tự đó, pin điện trong không khí có thể tốt hơn so với các thiết bị bán hữu cơ [385, 387].

Konenkamp và các cộng sự đã đưa ra một LED lai hóa dây nano ZnO polymer [385]. Cấu trúc thiết bị được minh họa bằng sơ đồ trong hình 47 (a). Màng dây nano ZnO được nuôi trên thủy tinh được phủ oxit pha tạp flo (FTO) bằng cách lắng từ nhiệt hóa. Các màng tương tự cũng có thể làm được trên các đế polymer mềm dẻo [249, 386, 388]. Nhiệt độ khoảng 300 °C giúp tăng độ kết tinh và độ dài của các dây nano, dẫn đến sự tăng phát xạ và hiệu suất quang của exciton. Với thêm AlCl<sub>3</sub> vào dung dịch lắng từ là cần thiết để dẫn điện của các dây nano, dẫn đến sự tăng cường độ phát xạ [249]. Trong các điều kiện lắng từ đã



[REDACTED]

[REDACTED]

Diode đã được chế tạo bằng cách phủ một lớp poly (3,4-ethylenedioxythiophene) phủ tạp p- poly (styrenesulfonate) (PEDOT/PSS) lên các mũi dây nano trong hình 2. PEDOT/PSS có độ dày khoảng 100 nm. Tiếp theo, một lớp polymer có độ dày khoảng 100 nm được phủ lên PEDOT/PSS. Sau đó, các mũi dây nano ZnO được phủ lên lớp polymer này. Các mũi dây nano ZnO

Trong các dây nano ZnO là vai trò chính để sự tái hợp electron và lỗ trống diễn ra. Quan hệ mức năng lượng được biểu diễn trong hình 4.7(c). Có một hàng rào 2.4 eV đối với sự thêm lỗ trống từ PEDOT/PSS sang vùng hóa trị ZnO. Nhiều loại polyme khác cũng được sử dụng như PEDOT/PSS và ZnO đóng vai trò như các lớp tăng bậc bù vùng để làm bảo vệ và chuyển lỗ trống và tái hợp electron hiệu quả [389, 390]. Có một hàng rào 0.7 eV đối với sự thêm electron từ PEDOT/PSS sang vùng dẫn ZnO, vì vậy làm có điện áp phân cực thuận 3.0 V để điều khiển thiết bị. Trong thực nghiệm, phát quang đã xuất hiện quanh 5 đến 7 V trong chế độ điện áp hoạt động, dòng thêm vào một bình phương của điện áp phân cực có thể được ghi nhận của sự thêm giới hạn điện tích không gian [249]. Không các đó, trên thực nghiệm với điện áp một-Gurley, chúng ta thấy rằng các dây nano ZnO không có bất kỳ [242]. Sự tiếp điện áp cao ( $\sim 40$  V) đã được chứng minh là có thể cho sự tiếp điện do từ điện của nó trong việc tác động lên các hạt nhân các lớp khác nhau [385]. Phát xạ LED lại hoạt động sau khi các dây nano ZnO đã được tiếp điện được biểu diễn trong hình 4.7(d) [386]. Phát xạ bao phủ hầu như toàn bộ vùng khả kiến, làm phát sinh màu trắng. Ngoài ra, có một vùng UV hẹp quanh 393 nm với FWHM khoảng 24 nm. Cho dù không có dòng giới thêm ultra-thin bị tích lũy hơn trong 1 giờ, trong điều kiện môi trường xung quanh [385].

Bên cạnh PEDOT/PSS, các polyme khác cũng được sử dụng như lớp thêm lỗ trống, chẳng hạn như poly(3,4-methylthiophene) [391] và nhiều vật liệu khác [392]. CN và các công cụ là sử dụng N,N'-di(naphthyl-2,6)N,N'-diphenylbenzidine (NPB), mà dù với nó orbital phân tử không bị chiếm thấp nhất, nhưng mức cao hơn so với PEDOT/PSS, và tăng cường sự chuyển đổi năng lượng cũng như sự tái hợp electron. Các electron không thể đi từ ZnO sang NPB và được tích lũy ở phía ZnO để bù lại điện tích ZnO/NPB, và dẫn đến làm giảm vùng dẫn ZnO, cuối cùng dẫn đến dịch chuyển xanh và phát xạ exciton đó cũng là 392 nm [393].

#### 5.2.4 Các LED dựa trên diode Schottky

Tương tự như tiếp xúc p-n, các diode Schottky cũng có thể tạo ra điện phát quang khi phân cực thuận, lần đầu tiên đã được phát hiện trong thực nghiệm đối với SiC [394]. Kể từ đó, LED dựa trên diode Schottky đã được báo cáo đối với các vật liệu khác

đầu khi phân cực thuận hoặc phân cực ngược. Báo gồm ZnSe (325-396), Si xấp xỉ (397), GaN (398), cũng như các dây nano và ống nano ZnO (399-401).

Nguyên tắc làm việc của LED loại Schottky được minh họa trong hình 48. Một điện cực dây nano ZnO loại IV-Au làm vì thế một diode Schottky được hình thành khi các hàng, khi phân cực thuận, trên điện áp ngược, electron sẽ chuyển từ ZnO vào Au. Khi các phân cực thuận tiếp tục tăng lên, tất nhiên thì electron hơn sẽ khuếch tán qua các hàng phân cách. Cũng có thể rằng các lỗ trống sẽ được tiêm từ Au vào vùng hóa trị ZnO khi vùng hóa trị ở mức Fermi dưới điện áp phân cực thuận cao. Để giải nó vào một đường khác, electron được tiêm từ vùng hóa trị ZnO sang Au để lấp các lỗ trống trong vùng hóa trị ZnO. Sau đó các lỗ trống này sẽ tái hợp với các electron tạo ra phát xạ bán dẫn vùng. Khi diode Schottky phân cực ngược mạnh, các electron có thể vượt hàng rào Schottky và tiêm vào vùng dẫn ZnO. Các electron mang năng lượng này sẽ tái hợp ion hóa đó và chuyển tạo ra một cặp electron và lỗ trống hơn theo điều kiện thực tế. Sự tái hợp electron và lỗ trống có thể tạo ra phát xạ bán dẫn vùng trong ZnO.

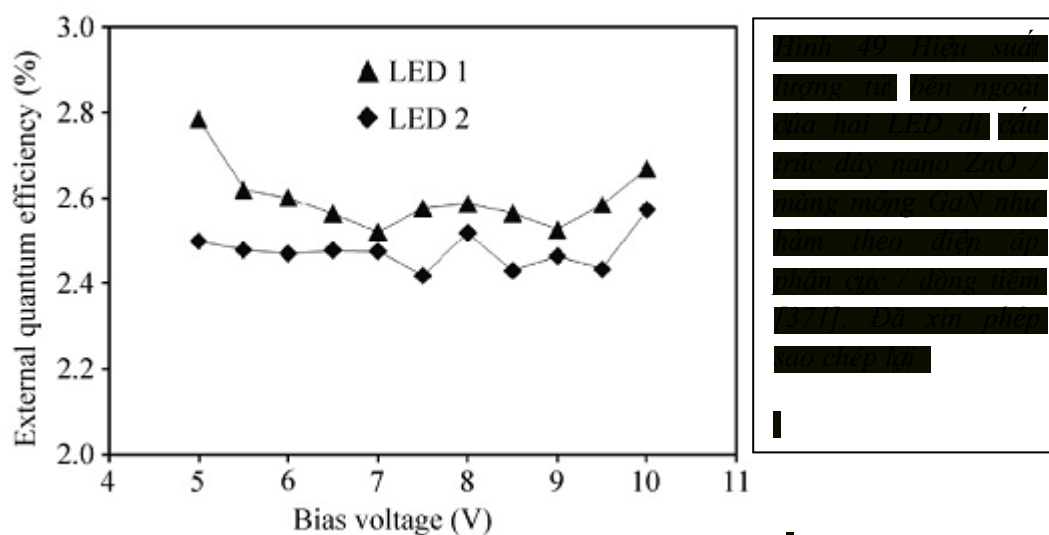
Trong nghiên cứu của Wang và các cộng sự, diode Schottky được hình thành giữa các hàng dây nano ZnO và điện cực trên Au bán trong suốt (399). Diện tích phát quang xấp xỉ diện tích tiếp xúc phân cực thuận 6  $\mu\text{m}^2$  (mặt đầu trong Hình 48) phát quang bao gồm dải ánh sáng từ 392 nm và chỉ còn lại 325 nm trong vùng phát xạ bán dẫn vùng exciton và phát xạ tái dòng (399). Phát xạ liên phát quang ở bán dẫn vùng (392 nm trong Hình 48) hợp này) đã dịch chuyển do sự yếu weak quang phát quang (378 nm trong hình 49 (a)). Điều này là do sự tồn tại của các trạng thái bán như các sai hỏng điểm và các liên kết dang dở trong các dây nano có thể hình thành nên các trạng thái dưới vùng bán dẫn vùng. Lượng tái tái điện dư được tiêm bởi dòng điện nhỏ hơn nhiều so với dòng điện được kích thích bằng laser. Hệ quả là mật độ hạt tải được tiêm điện thấp chủ yếu làm đầy các trạng thái dưới vùng, dẫn đến dịch chuyển đỏ của phát xạ bán dẫn vùng (402).



đây là những hằng số nhiệt độ thường có như hình tron và bề mặt của các dây nano ZnO, ZnO/Polymer và ZnO/Polymer/Ag. Các dây nano ZnO được chế tạo bằng phương pháp thủy nhiệt sử dụng các chất phản ứng ZnO, PMMA và không khí trong ống là 2.49, 2.10, 1.59 và 1.00. Dựa trên lý thuyết môi trường hiệu ứng chiết suất phản xạ có thể tìm thấy mối liên hệ giữa chiết suất giữa các bề mặt phản xạ các ZnO, ZnO/Polymer và PMMA và PMMA. Không khí, có lợi cho truyền qua quang học. Dựa trên các thí nghiệm của dây nano, ánh sáng có thể được lọc qua màng lọc ZnO có thể truyền qua ít hơn 90% trong vùng khả kiến [14-16]. Có độ số tự hấp thụ độ các dây nano không dạng đoạn tâm.

Hình 19 cho thấy hiệu suất lượng tử bên ngoài tại nhiệt độ phòng (tính bằng công suất ánh sáng đầu ra trên công suất điện đầu vào) theo dòng điện một chiều của LED dựa trên các dây nano ZnO như hình 15/16. Hiệu suất lượng tử bên ngoài của LED không 25% tại các điện áp LED dựa trên một tiếp xúc p-n. Khi điện áp phản xạ dòng điện tăng thì hiệu suất lượng tử bên ngoài tăng lên. Hình 19 cho thấy rằng điện áp nối tiếp được sử dụng để đo được đặc xạ qua các sự kiện. Một bộ lọc Ag/AgCl không thể đo được sự biến đổi dòng điện.

Các màng dây nano ZnO theo hình 17 đã tạo nên các tính chất quang học như là một chế độ cộng hưởng của plasmon bề mặt. Những lớp màng ánh sáng này có thể được sử dụng để chế tạo các thiết bị quang học.

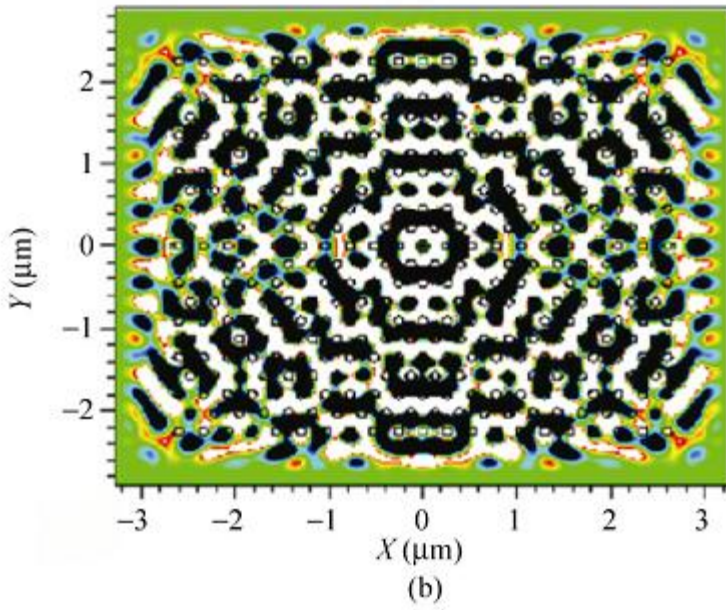
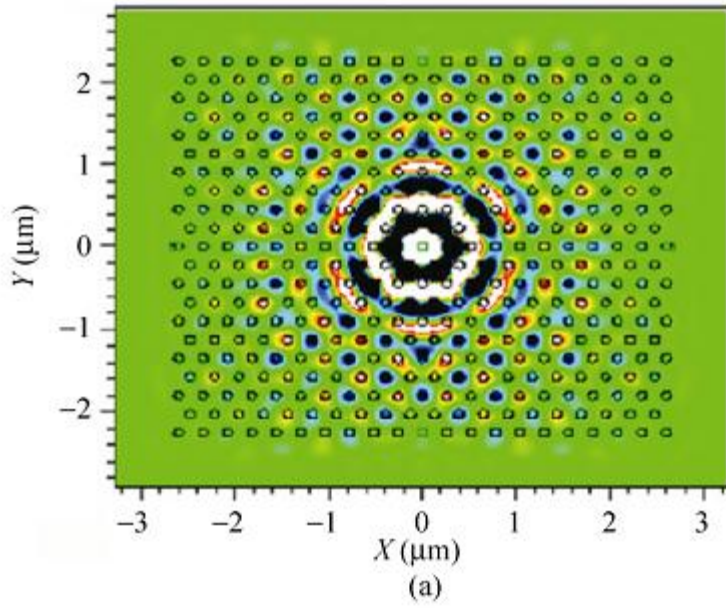


đó. Vì vậy, bằng cách kiểm soát được (khiến đổi) độ dày màng dây nano, có thể điều khiển được sóng điện phát quang với độ dài bước sóng nằm trong vùng cấm của tinh thể photonic. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự thay đổi độ dày màng dây nano là thời gian sấy phân hủy lần đầu tiên được tinh thể photonic chiếu sáng trong tinh thể photonic [40]. Hình 50 cho thấy sự phân bố trường điện của điện trường chế độ TM trong tinh thể photonic dây nano ZnO làm các gần hai chiều. Khi tần số photon nằm trong và bên ngoài độ rộng vùng cấm photonic, khi tần số photon nằm ngoài độ rộng vùng cấm photonic, photon được truyền theo hướng thẳng trong mặt phẳng. Tuy nhiên, khi tần số photon nằm bên trong độ rộng vùng cấm photonic, các photon không truyền tại các các mode điện từ trong phẳng, mà nằm đến không và các photon được ghép hoàn toàn với các mode không gian từ. Điều này dẫn đến việc suy giảm được ứng dụng và sự thay đổi ánh sáng theo hướng vuông góc [39].

### 6. Màng hình điện sắc

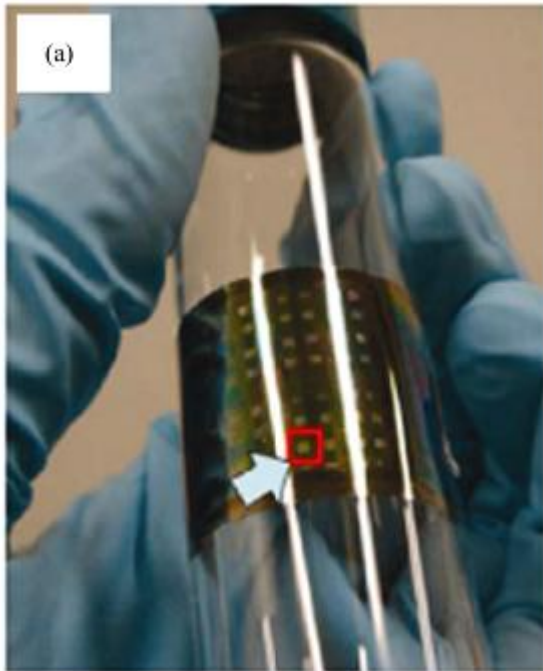
Các thiết bị điện sắc là thay đổi màu sắc khi có một điện áp ngoài làm thay đổi sự phân bố điện tích [42]. Chúng có thể hiện và tiêu thụ năng lượng, hiệu suất phát màu cao, và các hệ thống bộ nhớ trong trạng thái mạch hở. Nội dung có liên quan các thiết bị điện sắc [42]. Sản phẩm và các công nghệ đã chế tạo một thiết bị điện sắc chuyển mạch nhanh dựa trên điện cực mỏng dây nano ZnO được mô tả trong [42]. Sơ đồ cấu trúc của thiết bị được biểu diễn trong hình 51. Các dây nano ZnO được tăng trưởng lên trên mặt

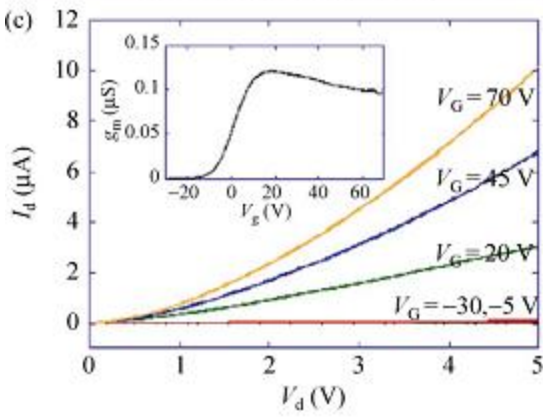
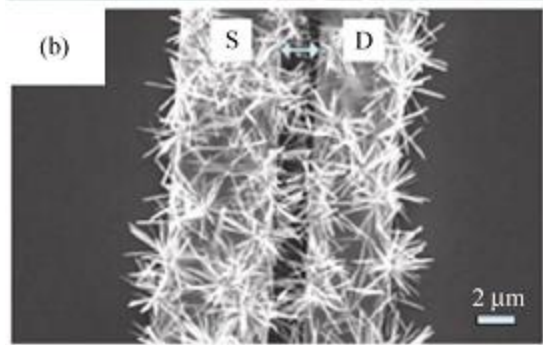






Transistor hiệu ứng trường (FETs) dựa trên dây nano ZnO [426] hoặc màng mỏng dây nano ZnO [427] đã được chế tạo để sử dụng trong thiết bị điện tử theo cơ học trong suốt về mặt quang học [428, 429]. Việc các dây nano ZnO có thể hấp thụ ánh sáng là một đặc tính quan trọng và màng là một trong những ưu điểm của phương pháp hóa ướt nhiệt độ thấp [283, 430, 431]. Kỹ thuật này là dựa vào một quy trình chế tạo toàn diện dùng dung dịch cho transistor dây nano ZnO trên các polymer, như được biểu diễn trong hình 52 (a) [450]. Các điện cực nguồn và màng được chế tạo bằng quang khắc in điểm nano các hạt nano vàng trước khi tiến hành nhiệt độ thấp. Các hạt nano ZnO được áp vào các điện cực Au được tạo trước và sau đó tạo mầm cho sự lắng đọng các dây nano ZnO. Phụ thuộc vào độ rộng kênh giữa các điện cực nguồn và màng, các dây nano ZnO có thể tăng trưởng và kết nối hai điện cực thông qua việc hình thành màng dây nano đứt đoạn, như được biểu diễn trong hình 52 (b). Mặc dù có sự bất lịch công nghệ của Au (51 eV) và ZnO (45 eV).





[REDACTED]

10 μm [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

$$\mu_e = g_m^2 L / 2 I_d C_{ox} W$$

[REDACTED]

[REDACTED]

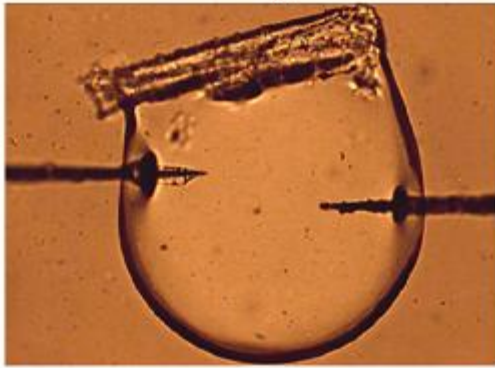
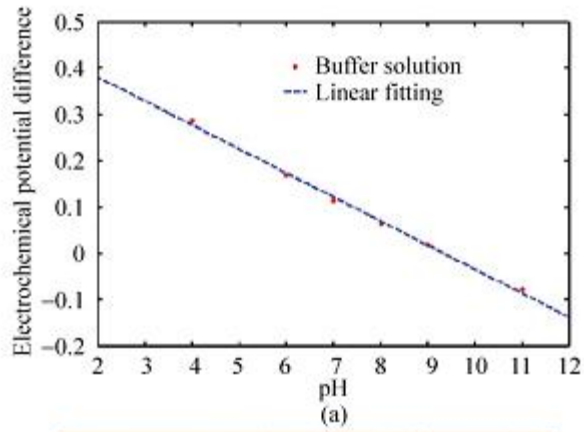
[REDACTED]

[REDACTED]

## 3.8 Cảm biến

Các dây nano ZnO đã được sử dụng như là các thành phần tích cực trong các cảm biến khí [167, 168, 435], cảm biến ánh sáng [434], cảm biến UV [169], cảm biến nhiệt độ [170, 435], cảm biến sinh học [194, 436], và các cảm biến áp lực [437]. Các cảm biến này phụ thuộc vào sự thay đổi của trở kháng áp lực (diezoresistance) của dây nano [438], hoặc sự thay đổi điện trở cao hàng rào tại nơi tiếp xúc [171-173, 439], hoặc dựa trên các điện trở di chuyển [434].

ZnO là lưỡng tính, với điện tích dương trên của khoảng 9,5 [34]. Bề mặt ZnO sẽ xảy ra việc phân ly các proton  $H^+$  hoặc các nhóm hydroxyl  $OH^-$  khác nhau, khi giá trị pH thấp hơn hoặc cao hơn điện tích dương của nó. Bằng cách sử dụng các dây nano ZnO như là một loại đầu dò điện hóa, Al-Hilli và các cộng sự đã chế tạo một loại cảm biến pH bên trong khoảng [440]. Những kết quả của việc sử dụng các màng dây nano ZnO là chúng có số bị mất trên thế tích cao và có đặc tính nhớt cao và phát hiện thế gian thực. Trong thí nghiệm của Al-Hilli, màng dây nano ZnO được tăng trưởng bên một mẫu borosilicate nhon đồng và trở là đầu dò của cảm biến, và  $Ag^+/AgCl$  được sử dụng như điện cực gốc. Nguyên tắc hoạt động cơ bản là sự thay đổi độ pH trong môi trường xung quanh dẫn đến sự thay đổi thế điện cực trong các dây nano, điện này được phát hiện qua sự thay đổi trên áp suất đầu dò của cảm biến và điện cực gốc. Đầu tiên, hai điện cực được hiệu chuẩn vì cùng điện thế pH hiệu chuẩn là thiết lập thông. Như được miêu tả trong hình 53 (a), thế điện hóa giữa hai điện cực gần như là bằng 0V. Khi giá trị pH của điện phân điện (the buffer electrolyte pH) trong phạm vi pH từ 1 đến 11, với độ thay đổi khoảng 52 mV/pH. Các tác động của thế điện và các dây nano ZnO là định nhiệt độ thế điện hóa trong khoảng pH được kiểm tra ở nhiệt độ phòng [440]. Để kiểm tra các phép đo giá trị pH trong tế bào, cả hai điện cực được đẩy để làm nhập vào tế bào mẫu người. Như được miêu tả trong hình 53 (b), hai điện cực tiếp xúc trực tiếp với tế bào chất, và giá trị pH trong tế bào đo được là 6,8 [440]. ZnO



(b)

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Mặt trời trực tiếp dựa trên sức cơ mặt trời để chiếu và có thể được hạ lại diện tích cao và diện tích đang phát triển nhờ công nghệ năng lượng mặt trời do hiệu suất chuyển đổi năng lượng trong đời cao và công nghệ sản xuất phát triển [14-17]. Các nghiên cứu vật liệu và cơ sở vật chất khác đã được thực hiện rộng rãi nhằm mục tiêu tập trung giảm chi phí trên mỗi đơn vị năng lượng đầu ra. Các màng mỏng ZnO là một ứng dụng nổi bật đặc biệt cho các ứng dụng pin mặt trời vì độ dày đơn giản, chúng có thể được sản xuất bằng công nghệ phun sương, lắng đọng màng trên diện tích tương đối cao cho phép chế tạo các tấm pin mặt trời bằng cách và vật chuyển electron thành dòng theo các dây nano kết nối để có thể tăng hiệu suất thu nhận diện tích. Màng mỏng ZnO đã được thực hiện cho các pin mặt trời tiếp xúc p-n, chuyển tiếp và pin mặt trời exciton, bao gồm pin mặt trời đơn cơ sở và pin mặt trời đa cơ sở thuộc nguyên và sản phẩm nano, như được trình bày trong các phần sau.

### 3.9.1. Màng mỏng ZnO hấp thụ ánh sáng

Các lớp phủ mỏng phim xác định một vai trò quan trọng trong việc tăng cường hiệu suất thiết bị bằng cách tăng ánh sáng được ghép vào vùng hoạt động của pin mặt trời [150, 118, 138, 444]. ZnO hấp thụ cho mục đích này vì đặc tính trong suốt tốt của nó, chiết suất thích hợp ( $n = 2$ ) và sự tương tác kết cấu cơ kiện suốt [444].

Để và các công sự là báo cáo các màng mỏng ZnO có cấu trúc được tổng hợp bằng phương pháp tăng trưởng dung dịch nhiệt độ thấp có thể được áp dụng như là một lớp phủ mỏng phim xác định một vai trò quan trọng [444]. Nguyên nhân là do bản chất màng mỏng được áp dụng và bề mặt có kết cấu của thành nano đã báo sự giảm dần chiết suất từ bề mặt sáng không khí và dẫn đến khúc xạ ngược lại không khí, dẫn đến sự tăng photon và sự tăng diện tích bề mặt để không được song song trong nghiên cứu của Lee [16] về cách thay đổi các điều kiện tăng trưởng với sự biến đổi của 1,3-diaminopropane. Hình dạng của các mũi thành nano ZnO có thể được điều chỉnh và sự thay đổi nhỏ trong hình thái học của mũi cũng làm phát sinh sự thay đổi đáng kể tính chất quang phân xạ. Các kết quả thí nghiệm phù hợp với các mô phỏng qua phần mềm song ghép nghiệm tại Phố Manhattan [16] minh họa cho thấy ánh sáng đang kết nối bề mặt phim xác định năm mũi khác nhau màng mỏng sợi-gel lớp phủ mỏng phim xác định nổi bật trên pin mặt trời Si, màng thành nano định phẳng, hình thành nano với mũi và màng thành nano với thoi cao





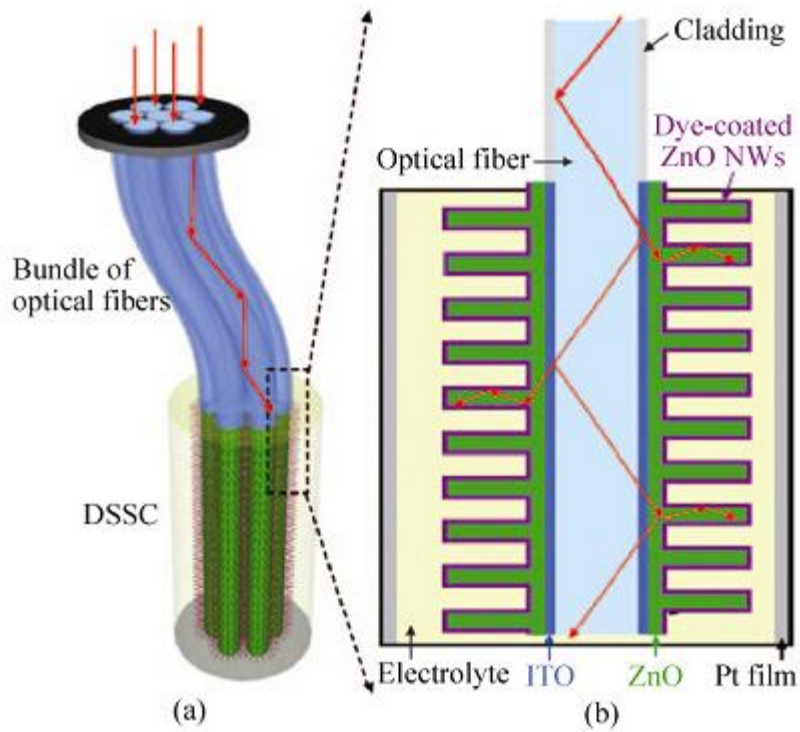


chức như là một diode được chứng minh dựa các nghiên cứu dòng quang điều biến  
cực độ [15]. Độ tin cậy và sự ổn định của dây nano carbon và đặc biệt một diode  
những ngoài ra, các nghiên cứu của tách exciton và thu điện tích [18-24]. Dựa trên ý  
thông này, đây và các nghiên cứu của chế tạo ISSC dựa trên các dây nano ZnO định  
dạng bằng cách dùng dây đặc và hiện nay được tăng lên đến 1,5% tại cường độ ánh  
sáng mặt trời đủ để như trong hình 56 (a) [18]. Người ta thấy rằng các dây nano  
carbon có những hiệu suất cơ học, suất năng lượng và tính tương tự cho thấy rằng  
sự chuyển electron trong các dây nano không phải là một yếu tố hạn chế [25].  
Mặc cho các tính chất quang học của dây nano tăng trưởng thấy  
nhất có hiệu suất chuyển đổi công suất cao hơn so với các dây nano được nuôi  
dưỡng do sự hấp thụ nước mạnh hơn [26]. Ngoài ra, những lợi ích của  
các dây nano so với màng mỏng hạt nano cũng bao gồm cả sự giảm electron dòng  
đặc hiệu quả cho các dây nano do các tính chất [27, 28]. Quang phổ hấp thụ  
chuyển tiếp tiếp theo đây đã cho thấy rằng sự liên electron từ nước nhuộm  
phenanthrene được kích thích quang vào các dây nano vì các hệ hạt nano phía không  
điện cực có hằng số điện môi nhỏ hơn nhiều so với hằng số điện môi của các hạt  
nano với một lớp lớp các bề mặt ngẫu nhiên [18]. Tương tự, các dây nano được  
nuôi cấy trên cực để đảm bảo tiếp xúc chặt chẽ cho sự chuyển electron  
giữa các dây nano và đế. Ngoài ra, lĩnh vực học dây nano có khả năng can thiệp vào  
tính chất của dây sự hình thành và sự liên tiếp so với các màng mỏng hạt nano do  
sự thay đổi cơ chế quang học nên công suất (đơn vị) dây nano hiện cho các  
ứng dụng trong các pin mặt trời [29].

■







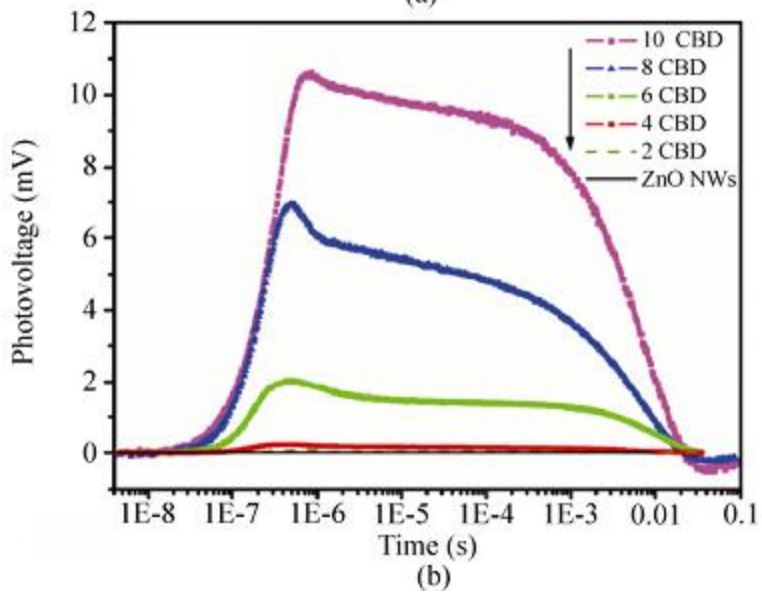
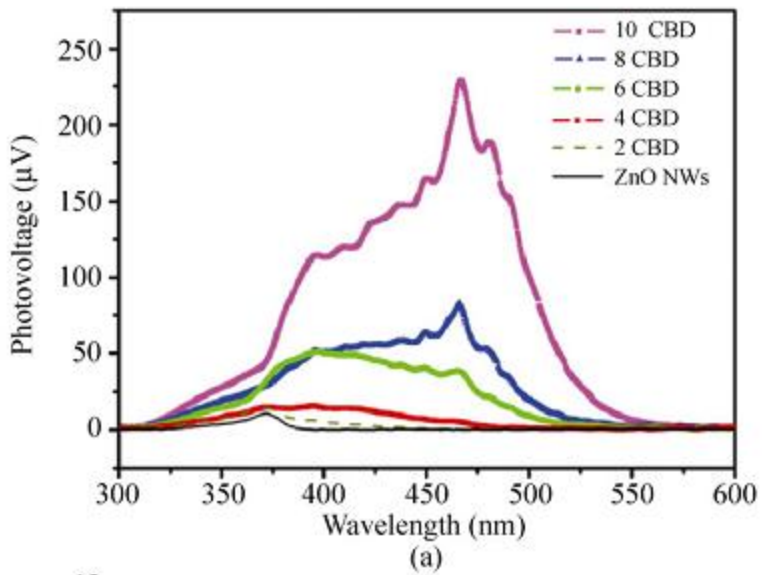
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

được hiện do thế vùng cấm và do đó phổ hấp thụ là chấm lượng tử có thể được thay đổi bằng cách thay đổi vật liệu bán dẫn kích thước cỡ nm hoặc nhiệt độ [47]. Và có thể được điều chỉnh để khớp với quang phổ mặt trời và cực đại hóa sự hấp thụ ánh sáng như được biểu diễn trong hình 58 (a) [47]. Thu hai chế độ này đã được chứng minh có khả năng sinh ra nhiều cặp electron-lỗ trống và mỗi photon tới có thể hiệu suất lượng tử lên trong thiết bị [473, 474]. Thu và các chất bán dẫn, chẳng hạn như CdS [469] và CdSe [454], thường hình thành nên tiếp xúc loại I với ZnO và bề mặt phân cách tiếp xúc rất nhiều giữa các chấm lượng tử và các dây nano ZnO rất thú vị cho cả hấp thụ ánh sáng và sự phân ly điện tích. Như được biểu diễn trong hình 58 (a) quang điện cực đại tăng khi tăng số lượng chế độ hấp thụ CdS trên dây nano ZnO [472]. Theo chiến lược này, các chế độ lượng tử phân tán rất tốt trên các dây nano đã được thay thế với các loại của các vật liệu khác nhau, chẳng hạn như CdS [475], CdSe [211, 212], và GaTe [213, 476], tiếp tục nâng cao hiệu suất và thiết bị.



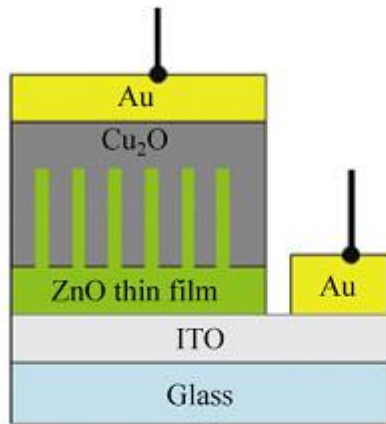
ứng hòa trị của các chất bán dẫn từ nano, chẳng hạn như ZnO hoặc một khi của các cấp oxy hóa khi. Mọi phân tích tương tự được áp dụng khi các cấp electron cũng được lập ra bên trong các dây nano ZnO. Sự phân li điện tích bề mặt phân cách chấm lượng tử - dây nano được hỗ trợ điều kiện thuận lợi để sự chuyển lên nhanh của các trạng thái điện tử của chấm lượng tử và các vùng điện tử của ZnO [454], và bình thường xuất hiện trên thang thời gian đủ nano giây [454], ngắn hơn so với thời gian sống của exciton. Như được biểu diễn trong hình 58 (b) [472], các nghiên cứu quang điện tức thời chỉ ra rằng thời gian sống của các hạt tải tăng đột ngột từ micro giây đối với các dây nano ZnO tới đến mili giây đối với các dây nano ZnO phủ với chất làm mờ CdS. Hơn thế nữa, khi một chất nhạy CdS tăng, thì thời gian sống của các hạt tải tăng theo [472]. Các điện tử được tích tụ trong dây nano với các điện tử ở đầu thì hình thành nên các liên kết hóa học mới trên các dây nano ZnO. Vì vậy, chiều dài phân li điện tích thì hướng đến đầu lỏng do sự chuyển đổi điện tích tại bề mặt phân cách với chiều dài chấm ngắn thì lỏng do sự chuyển đổi nhanh hơn [472].

### 3.2.1.4 Pin mặt trời kết hợp xúc p-n vô cơ

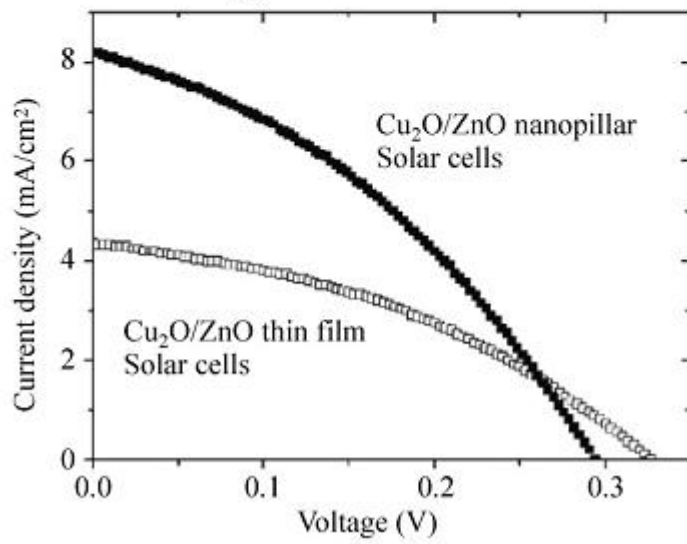
Điện trường có sẵn tại bề mặt phân cách giữa lớp tiếp xúc p-n để tích các cấp electron cũng được kích thích quang ra và nó có thể hỗ trợ dòng điện pin mặt trời kết hợp xúc p-n với nó truyền trong dây cũng là một trong những sự khác biệt quan trọng giữa pin mặt trời kết hợp xúc p-n truyền thống và pin mặt trời exciton-electron và nó cũng là nó trong pin mặt trời truyền thống. Vì các exciton là các electron cũng tích lên kết cấu thông qua lực coulombi trong pin mặt trời exciton. Mọi khác biệt cơ bản khác là điện áp mạch hở trong các pin mặt trời truyền thống thì nhỏ hơn nhiều so với độ lớn của sự chuyển công vùng trong khi pin mặt trời exciton điện áp mạch hở thường lớn hơn sự uốn công vùng.

Trong khi pin mặt trời kết hợp xúc p-n ZnO hơi khó chế tạo do thiếu vật liệu ZnO loại p thì định chế pin mặt trời đã được sử dụng như một sự thay thế của các công suất chế tạo pin mặt trời dựa trên các mảng nanopillar n-ZnO/p-CdS được chế tạo bởi phương pháp lắng từ điện hóa chi phí thấp [478]. Cấu trúc thiết kế được biểu diễn trong hình 59 (a). Lớp CdS định là chất hấp thụ do độ rộng vùng cấm của nó hợp 2.1 eV. Cấu hình này cũng giải quyết hóa điện tích bề mặt phân cách trong khi duy trì sự chuyển nhanh trực tiếp của các electron dọc theo các dây nano, được phân ánh bởi mặt độ mỏng ngắn mạch cao so với các mảng như được

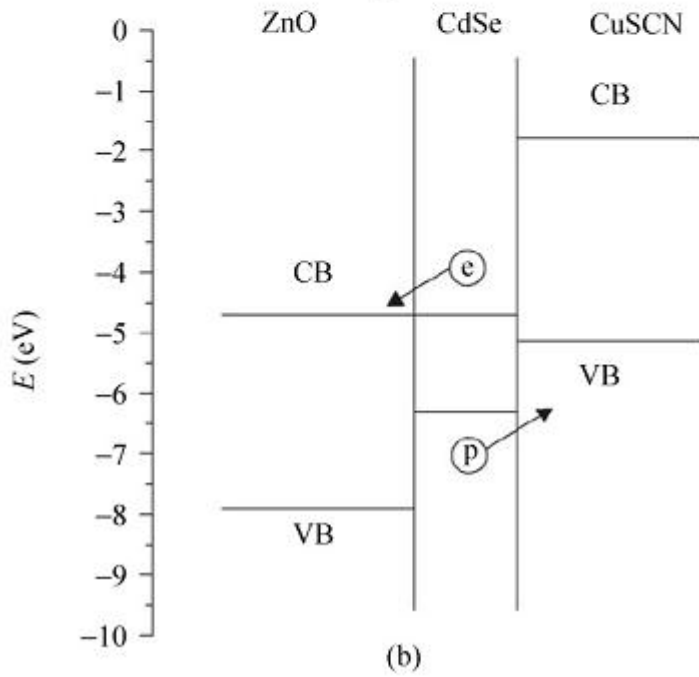
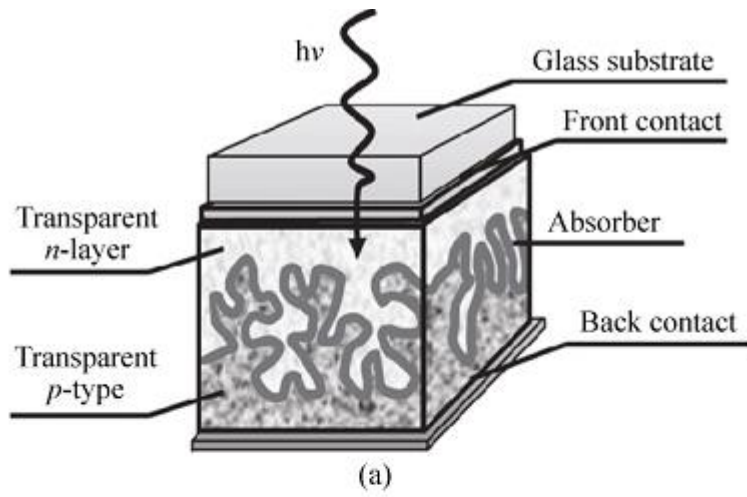




(a)



(b)



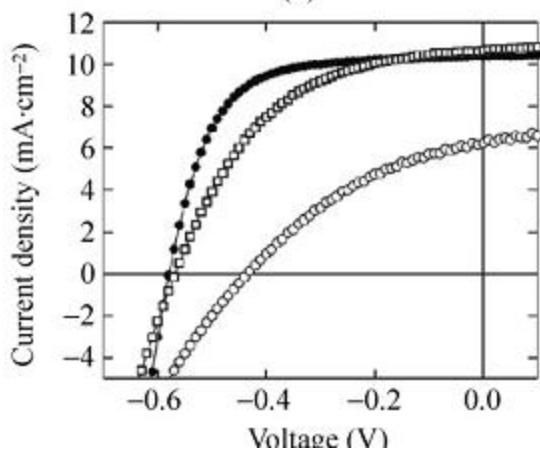
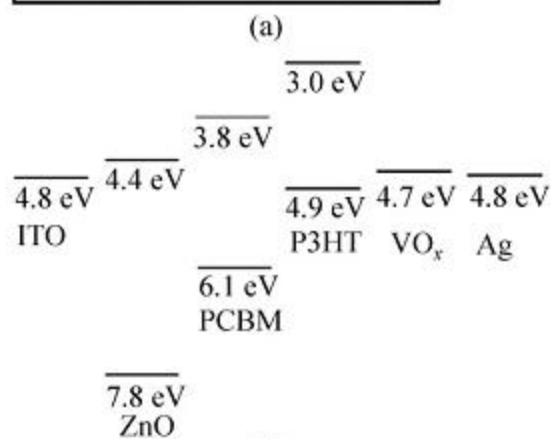
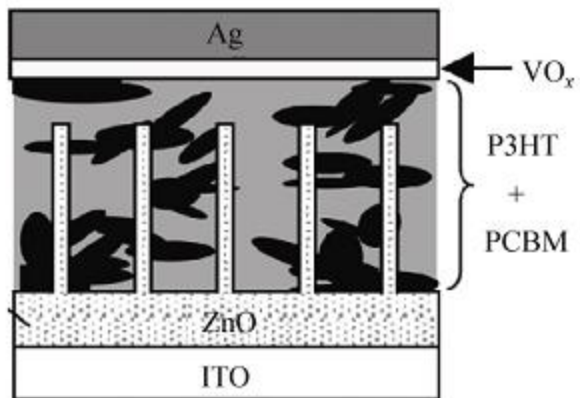
lưu giữ dạng kết tinh cách vi mô của các hạt lại trên bề mặt và cũng có thể làm tăng dạng kết tinh lớn của các photon tới. Trong phần vi mô 400-800 nm của quang phổ hấp thụ AM1.5 sử dụng thí nghiệm và tính bình của cấu trúc này khoảng 8% và 8%. Khác với nó, thành phần toàn bộ cơ của thiết bị pin mặt trời đơn tinh thể và hạt lại điện trường đối lớn hơn và nhiệt độ hoạt động rộng hơn so với các pin mặt trời hữu cơ.

### 3.9.1.5 Pin mặt trời lai hóa

Pin mặt trời lai hóa có cơ chế hiệu suất cao vừa pin và rất tốt cho sản xuất pin mặt trời linh động vì quy mô nhỏ, giá thành thấp. Do đó, pin động lai rất hấp dẫn về mặt chất bán dẫn hữu cơ, độ dày của pin mặt trời lai hóa cơ truyền thống thấp hơn 200 nm, bán kính bán kính bán kính ánh sáng tới. Pin mặt trời lai hóa hữu cơ vô cơ đã thu hút nhiều sự quan tâm trong vài thập kỷ qua vì chúng kết hợp lợi thế bán dẫn của polyme và độ linh động hạt tải điện cao của chất bán dẫn vô cơ. Một sự khác biệt giữa pin mặt trời lai hóa và DSSC là không có chất điện phân lỏng trong cái trước, nhưng có trong cái sau [445].

Được các công sự đã đưa các màng dây nano ZnO định hướng thẳng đứng vào pin mặt trời hữu cơ [481]. Cấu trúc cơ bản được biểu diễn trong hình 61 (a) [482]. Trong cấu trúc lai hóa này, các màng dây nano ZnO được nuôi bằng phương pháp hóa ướt nhiệt độ thấp, tương thích với các đế nền tổng quát [483]. Các thành phần hoạt tính là một hỗn hợp polyme P3HT/PCBM (poly(phenyl C<sub>61</sub> methyl axi butyric) (PCBM) ester). Các dây nano ZnO đóng vai trò như "ngón tay điện" xuyên tiếp vào hỗn hợp polyme và cũng cấp một đường dẫn electron tới với các điện trở tiếp xúc thấp [484]. Vì vậy, các dây nano ZnO đại diện cho phép chế tạo các lớp polyme hoạt tính dày hơn, và dẫn đến hiệu suất cao hơn [485]. Các polyme có thể được chức năng để tạo các liên kết hóa học với các bề mặt dây nano ZnO [486]. Cấu trúc định của cấu trúc lai hóa này được minh họa trong hình 61 (b) [487]. Dưới ánh sáng, exciton được tạo ra và phân ly thành các hạt tải điện phân tách giữa các donor electron P3HT và acceptor PCBM. Điện tích bề mặt phân cách giữa các dây nano ZnO và P3HT là nhỏ hơn nhiều so với giữa hai polyme, do đó sự phân ly exciton bị các dây nano ZnO ít có khả năng xảy ra trong trường hợp này. Lớp vô cơ hoạt động như một lớp khóa electron gây cản trở việc di chuyển electron từ P3HT đến điện cực Ag, trong vai trò là vai trò quan trọng trong việc quyết định hiệu suất của thiết bị được minh họa trong hình 61 (c) [482].

... sự thu được khoảng 2% có thể là do chế độ các yếu tố của dây  
451. ... là một thể ... xác định độ ... giữa ...  
... MO donor và mức LUMO acceptor có thể ...  
... polymer dẫn điện ... các lớp ZnO ... khoảng  
... giữa các dây nano ZnO (< 100 nm) ...  
... hình P3H1 (< 10 nm), và điều này làm giảm dòng ...  
... Các thực nghiệm điều khiển được ... mà không chỉ PCB, và  
... dòng ...



lý tưởng mà độ sáng làm tăng cường hiệu suất vận chuyển điện. Các nghiên cứu trong lĩnh vực đã được báo cáo về các thiết bị phát quang nhuộm được ghép amphiphilic (ưa nước và kỵ nước) không chỉ là cầu nối giữa các dây nano ZnO ưa nước và các polyme kỵ nước, mà còn hỗ trợ cho sự vận chuyển vận tải electron bằng cách phân cách bằng cách tăng cường sự ghép điện tử giữa các LUMO polymer và vùng dẫn ZnO [487, 488]. Thứ ba là các thông số kỹ thuật chẳng hạn như sự phân bố polymer, dung môi được sử dụng và sự thấm / không thấm khí không được tối ưu hóa [489-491]. Trong một nỗ lực để cải thiện hiệu suất các thiết bị tiếp xúc ZnO / PEDOT, chúng tôi đã nghiên cứu trong phần tiếp theo tại hóa để tạo điều kiện thuận lợi cho sự phân bố và vận chuyển điện tích [492, 493]. Cuối cùng, chúng tôi lưu ý rằng, bởi vì pin mặt trời lai hóa và các LED lai hóa có cùng một cấu trúc, các chức năng có thể được thực hiện trong một thiết bị duy nhất [494].

## 3.9.2 Máy phát nano áp điện

Nhiệm vụ tìm kiếm các nguồn năng lượng micro / nano bên trong vùng đô thị nếu không các thiết bị điện tử thông dụng và di động là một lĩnh vực đang nổi lên trong nghiên cứu năng lượng ngày nay, và có thể là một giải pháp để đáp ứng được nhu cầu năng lượng của các thiết bị nano / hệ thống nano [495-498]. Một máy phát nano áp điện chuyển năng lượng cơ học thành điện năng lần đầu tiên được chế tạo bằng cách vận dụng tính áp điện của dây nano ZnO [22]. Tiếp theo khám phá ban đầu này, cả hai loại máy phát điện nano ZnO đồng một chiều [23, 499, 500] và dòng xoay chiều [24] đã được phát triển. Ngoài ra, các máy phát điện nano dựa trên vật liệu khác, chẳng hạn như dây nano GaN [501-503], dây nano INN [504], nanowire AlGaN [505], dây nano GaS [506], dây nano tiếp xúc ZnO / ZnS [507], sợi nano chì zirconia titanates (PZT) [508], đai nano [509, 513], ống nano [514], và các dây nano đơn tinh thể [515], dây nano BaTiO<sub>3</sub> [516], dây nano NaNbO<sub>3</sub> [517], và sợi nano poly (vinylidene fluoride) (PVDF) [518, 519] đã cho thấy tiềm năng đầy hứa hẹn trong việc tăng cường hiệu suất máy phát điện nano. Do đó, một nỗ lực toàn cầu đã được thực hiện theo hướng này, tạo thành một lĩnh vực nghiên cứu mới trong công nghệ nano và khoa học năng lượng [520].

## 3.9.2.1 Cơ sở

Trong không gian làm việc của các cấu trúc tinh thể ZnO wurtzite dẫn đến sự ứng dụng áp điện phát sinh từ các phân cực nội tại của nguyên tử [25, 26, 521]. Như

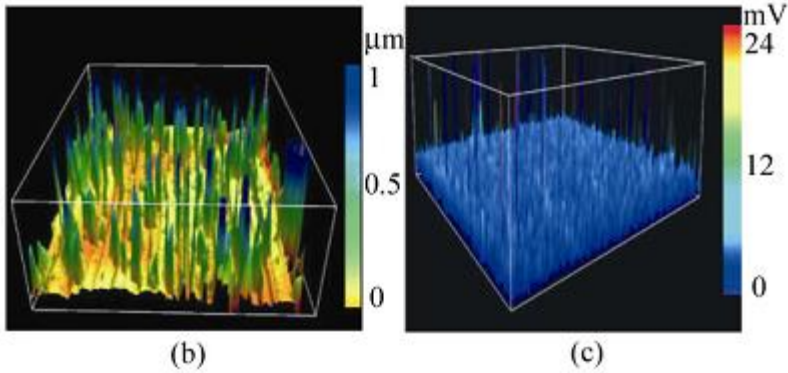
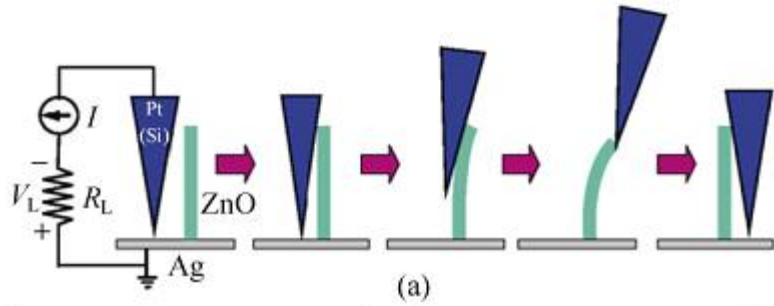






22] Một dây nano ZnO được nuôi bằng van chuyển pha bởi như được biểu diễn trong hình 63 (a). Khi một dây nano vi tính ở hướng lên được quét bởi một mũi AFM như thể hiện trong hình 63 (b), lực tiếp xúc của đầu nhọn không đủ để đẩy dây đi sang phải và bề mặt của dây nano bị biến dạng và do đó tạo ra một lực căng và sự chia tách đứt gãy của dây nano vì sự tương tác giữa lực kéo căng và áp lực nén như được tính toán qua mô hình biến dạng của dây nano và phân cực [551]. Trục trung tâm của dây nano vi tính còn trung hòa điện. Cùng với Pt, ZnO cũng đã được sử dụng để chế tạo các diode Schottky với một loạt kim loại, chẳng hạn như Ag [552], Au [553], Pd [554], và Ni [554]. Xử lý bề mặt có thể thực hiện một cách hiệu quả bằng cách chế tạo diode [555-556]. Mũi được phủ Pt được nối đất và có thể không khí. Khi mũi tiếp xúc với phía kéo căng của dây nano, mũi của mũi nhọn hơn bề của dây nano ZnO. Diode Schottky bị phân cực ngược, và có một dòng rất nhỏ chảy qua bề mặt phân cách mũi / dây nano. Khi mũi được quét lên dây nano, sự va chạm nó chạm vào phía trên của dây nano. Do đó, hàng rào Schottky được phân cực thuận, và có một dòng điện lớn chảy qua bề mặt phân cách mũi / dây nano. Các dây nano được phát hiện như một xung điện. Hình ảnh của các dây nano ZnO bị phân cực được đo trong khoảng 50 mV đến 80 mV qua kính hiển vi lực đầu độ Kelvin [250]. Sự phân bố của mũi sau khi quét trong không gian dài làm giảm cường độ tín hiệu đầu ra [557, 558], và điều này có thể làm giảm đáng kể hiệu suất kim cương [559].

Như nguyên tắc làm việc này, Cao và các cộng sự đã chế tạo một máy phát điện nano mềm dẻo dựa trên hàng dây nano ZnO trên một đế nhựa dẫn điện (a conductive plastic substrate) được làm bằng phương pháp hoá ướt [114]. Điện áp được tạo ra từ một dây nano cao khoảng 45 mV. Ảnh chụp AFM và biến dạng điện áp đầu ra tương ứng từ hàng dây nano ZnO được biểu diễn trong các hình 65 (b) và 65 (c). Bằng cách so sánh sự khác biệt trên bề mặt và các xung điện, vị trí phân nhánh của các dây nano được nuôi bằng mũi AFM khoảng 60%. Do đặc tính mềm dẻo của thiết bị điện tử dựa trên dây nano, có thể được áp dụng cho các dây nano và để cho thiết bị mềm dẻo và thiết bị có vai trò là một nguồn năng lượng cho các thiết bị điện tử. Công việc và sách tay, lượng từ máy phát điện nano dựa trên hàng dây nano cũng đã được trình bày [74]. Ngoài ra, hàng các dây nano ZnO có độ dài từ vài chục đến vài trăm nanomet, các dây nano tương ứng làm cho điện áp đầu ra được tăng cường trong các máy phát điện nano [540].



[REDACTED]  $\mu\text{m}$   $\mu\text{m}$

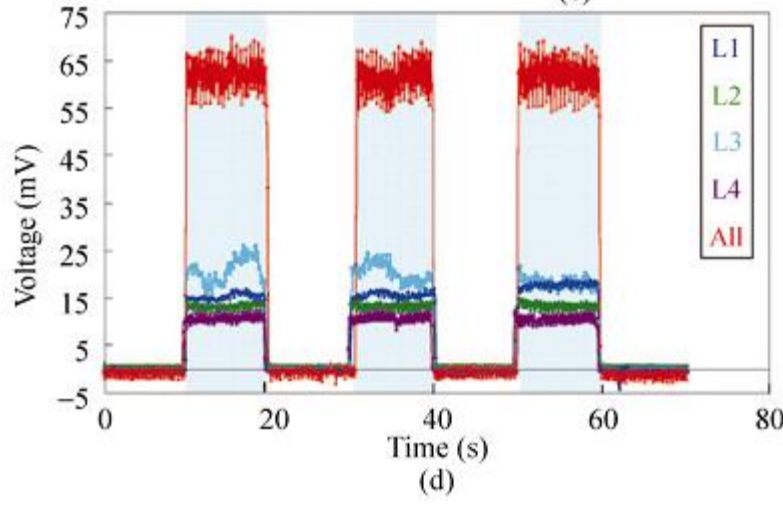
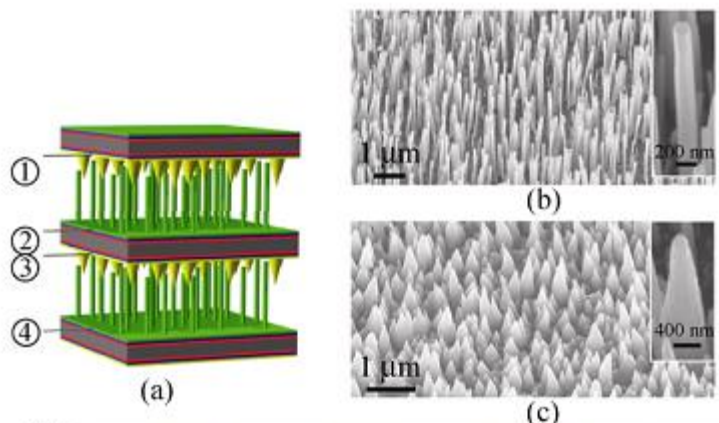
9.2.3. Máy phát điện nano dòng một chiều

[REDACTED] máy phát điện nano dòng một chiều. Các nghiên cứu gần đây đã chứng minh rằng các dây nano ZnO có thể hoạt động như các máy phát điện nano dòng một chiều [23]. Về cơ bản, họ đã thay thế một Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bằng một nước các tầng có hình dạng ngoài ngoài hình cầu dẹt. Bằng cách phủ một các điện ngoài ngoài lên một các dây nano ZnO, đồng bộ toàn bộ cấu trúc của các polyme trên đó và sản phẩm của nó là một sóng siêu âm đầu ra một chiều. Tuy nhiên, không chỉ là được quan tâm trong việc kết nối dây nano các hình ngoài ngoài cũng như một các máy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Khi được kích thích bằng sóng siêu âm, có sự di chuyển tương đối giữa điện cực dẹt và các dây nano ZnO, làm cho sóng siêu âm cũng có thể làm các dây nano dao động. Mỗi và một tầng zigzag trên các điện có hình dạng giống như một máy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cũng và làm cho các dây nano hoạt động. Các nghiên cứu của Scholl và đồng nghiệp [24] đã chứng minh rằng các dây nano cũng hướng đi như là các dây nano. Hàng

11. Sự điện phân cũng được công vào như là do ra có dòng một chiều theo

hướng như dòng điện của mạch kế đây là chỉ có một phần nhỏ của các dây nano hoạt động trong quá trình tạo dòng. Ví dụ đã số từng hoặc qua ngắn để điện từ ngoài ngoài, hoặc không dùng vi mạch được uốn cong bởi lực ảnh hưởng ngoài ngoài. Do chiều cao không đồng nhất và sự phân bố ngẫu nhiên của các dây nano nên là ước tính rằng chỉ có 5% dây nano đã thực sự hoạt động trong quá trình tạo dòng. Trong khi các dây nano khác hoạt động như các diode ứng ký sinh làm giảm đi áp đầu ra toàn phần [54].

Một hình thức hiệu suất thiết bị có hai cách tiếp cận đơn giản để tăng số dây nano hoạt động. Thứ nhất, phân phối của các dây nano ZnO trên đế phải được điều chỉnh để phù hợp với hình dạng và hình thái học của điện cực ngoài ngoài. Cuối cùng, điều này sẽ mở rộng phần hoạt động của các dây nano có thể tạo ra điện. Cách tiếp cận khác là thiết kế một máy phát điện nano, bao gồm các sợi nano (nanobrushes) mũi nano và dây nano như được minh họa trong hình 64 (a) [100]. Cấu hình này có thể đạt được trên các đế phẳng [100] hoặc trên sợi quang công [96, 542]. Cấu trúc mũi nano và dây nano ZnO có thể được lắp ráp bằng phương pháp hòa với nước [100] C trên bề mặt các tấm đế nền (Figs. 64 (b) và 64 (c)). Vật liệu của các dây nano ZnO và mũi nano đóng một vai trò quan trọng trong quá trình phát dòng điện. Nếu chúng quá cao, khi các dây nano bị uốn cong, dây nano có thể sẽ chạm vào các dây nano kế cận, sẽ dẫn đến một liên tiếp và giảm diện tích bề mặt của máy phát điện nano. Nếu mũi nano quá ngắn thì cũng sẽ dẫn đến sự giảm diện tích bề mặt. Mũi nano được phân bố đồng đều và tạo ra như mạng mũi AFM, phân tử phần vào khoảng cách giữa các dây nano trên đế, giống như hai sợi mũi đối mũi với mức độ đan xen nhỏ tại hai đầu. Theo cách tương tự, máy phát điện nano nhiều lớp đã được tích hợp bằng cách xếp chồng nhiều mảnh có cấu trúc như vậy lại với nhau, với mỗi lớp có hai đầu cuối. Như được thể hiện trong hình 64 (d), bốn lớp máy phát điện nano, L1, L2, L3, và L4, có diện tích bề mặt tương ứng là 11 mV, 14 mV, 16 mV, và 20 mV. Khi chúng được mắc nối tiếp, điện thế đầu ra toàn phần là  $V = 52$  mV, xác suất tổng của chúng. Với độ công suất đầu ra đạt được không  $2.5$  V, 11 mV/cm.



[REDACTED]

đây nano không cần thiết. Điều này tuy đang kể nhưng đúng là máy phát điện nano có tần số hoạt động phải vài hertz) sang các tần số trong dải siêu khoảng MHz) và cho phép thu được năng lượng cơ học hiệu quả trong cùng dải tần này của chúng là 100-543.

Mạng dây nano ZnO trong suốt về mặt quang học [89]. Do đó bằng cách thay thế các tần số bằng các tần số khác trong suốt và nhìn theo chiều hạn chế [10] được tăng từ trên các đề như [499-544], các mạng ống nano carbon [545] và graphene [546-548], các máy phát điện nano trong suốt và có thể được chế tạo được chế tạo làm nguồn năng lượng cho các thiết bị biến chế, đa nhân tạo và các thiết bị điện tử có thể được.

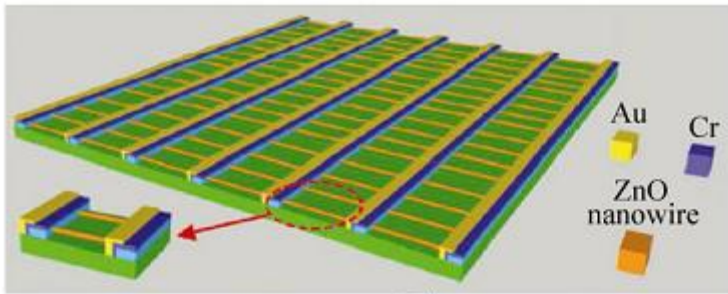
### 9.2.4 Máy phát điện nano dòng xoay chiều

Mạng và các chế tạo đã chế tạo được một máy phát điện nano dòng xoay chiều nhìn theo chiều hạn chế. Kết quả là một chu trình (cyclic stretching-releasing) các dây nano ZnO mỏng mảnh được gắn vào đầu của kim loại [549-551]. Sự kéo và thả các dây nano theo chu trình này dẫn tới một lực căng [105%] [12%] và tạo ra một điện áp đầu ra xoay chiều lên tới 50 mV và dòng đầu ra hàng triệu máy nano ampe, với hiệu suất chuyển đổi năng lượng khoảng 6.8%. Nguyên tắc làm việc theo quan điểm giản đồ năng lượng được minh họa trong hình 65. Có một diode Schottky ở một phía của dây. Mức Fermi của dây nằm ở phía ngang hàng kim loại tự do (Hình 65 (a)). Khi dây bị căng, một trường áp điện được tạo ra trong dây (hướng bên trái dương và phía bên phải âm) [552]. Mức của dây lên lên (Hình 65 (b)).



thai ban đầu là nó. Các tín hiệu điện đầu ra trong cùng với qua hình dây được hiển thị trong hình 65 (a). Phản tích trong cùng được áp dụng khi dây bị biến dạng lên hoặc xuống dây. Hình 65 (b) và (c) là hình ảnh của dây có thể thu được hàng loạt có độ chính xác cao. Hình ảnh của dây có thể thu được hàng loạt có độ chính xác cao.

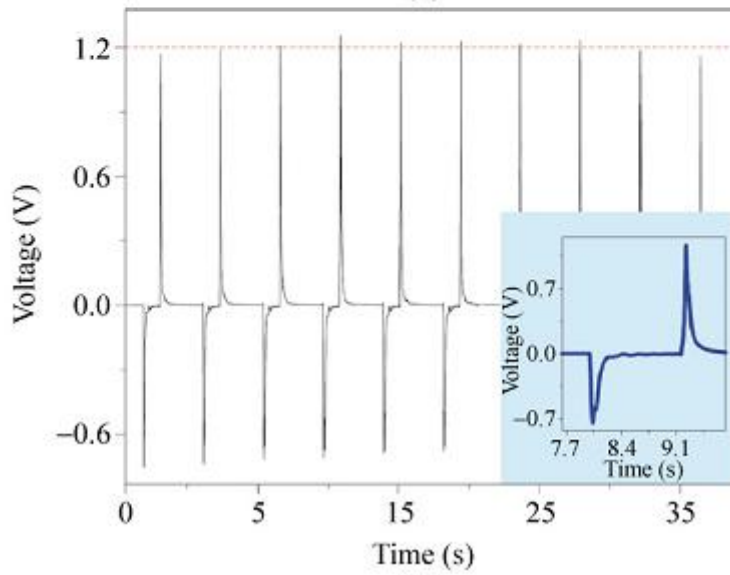
Đầu tiên là hàng loạt được sinh ra bởi dây không chỉ cho các thiết bị như do đó việc tích hợp một số hình ảnh hàng loạt hàng loạt dây nano vào một hàng loạt dây nano là cần thiết [437, 55]. Sự ứng dụng của nguyên tắc một số tích hợp 700 hàng loạt dây nano ZnO trên một đế mềm dẻo đã được minh chứng với một hàng chứa ~ 20.000 dây nano, như được biểu diễn trong hình 66 [432]. Khi được kết nối các đầu các dây nano trên đế như một điện cực bằng cách điện áp và bằng kính của dây nano như một nhiều số với độ dày của đế. Mỗi dây nano làm việc như một "máy bơm nạp" và độc lập số với các dây nano khác khi để được kết nối và gian ra. Máy phát điện nano tích hợp có khả năng sinh ra một điện áp định là 1,26 V, như được thể hiện ở 19% của các pin AA. Việc tích hợp hàng loạt dây nano có hai yêu cầu quan trọng. Đầu tiên là các dây nano cần phải có sự phân bố hình ảnh để có thể được phân bố các cực của đế áp dụng được cho ra hàng loạt. Do đó, các dây nano cần phải được lắng trong hợp lý thực hiện trên đế chủ. Hàng loạt là kết quả của học chung chung cho sự ảnh hưởng theo các hàng loạt trong phân bố hình ảnh là phân cực hình ảnh của quá trình tích hợp.



(a)



(b)

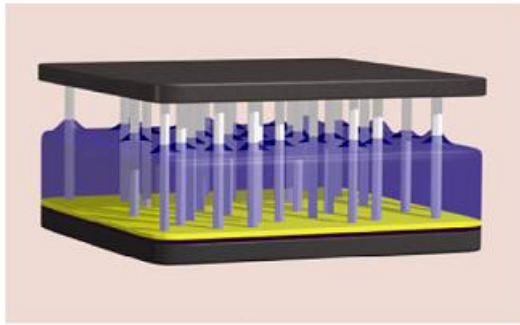


(c)

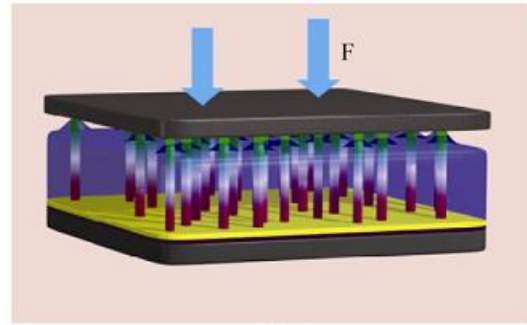


những dòng đầu ra khá đẹp chế độ 20 Hz) có thể là do sự dòng 20Hz là các yếu tố sau. Trước tiên sự sắp xếp bố cục hướng của các dây nano theo phương ngang ngang ngang không hoàn hảo và trong thực tế thì ở một phần thì trong số chúng liên lạc với các điện cực trong số các dây nano liên lạc thực sự thì một phần thì lại chúng tham gia dòng điện ngoài và các dây nano không hoạt động đóng vai trò như một điện dung giảm dòng điện và điện thế đầu ra thì lại liên kết giữa vàng và ZnO không mạnh, và có thể trở nên lỏng lẻo trong các chu kỳ sạc có học lặp lại. Theo các tính toán lý thuyết trong chế độ có học dần hồi tự động thì điện thế đầu ra của một dây nano sẽ phụ thuộc vào độ dài của sự biến dạng của nó [527]. Một biến dạng lớn nhất chỉ có 0.19% được áp dụng trong nghiệm cứu này, nó nhỏ hơn nhiều so với biến dạng cực đại 6% được nên đoán bằng lý thuyết cho một dây nano ZnO trực tiếp dài 15531. Các kết quả điện áp bên trong của toàn bộ hệ thống là 1-10 MV, làm giảm đáng kể dòng điện ngoài toàn bộ.

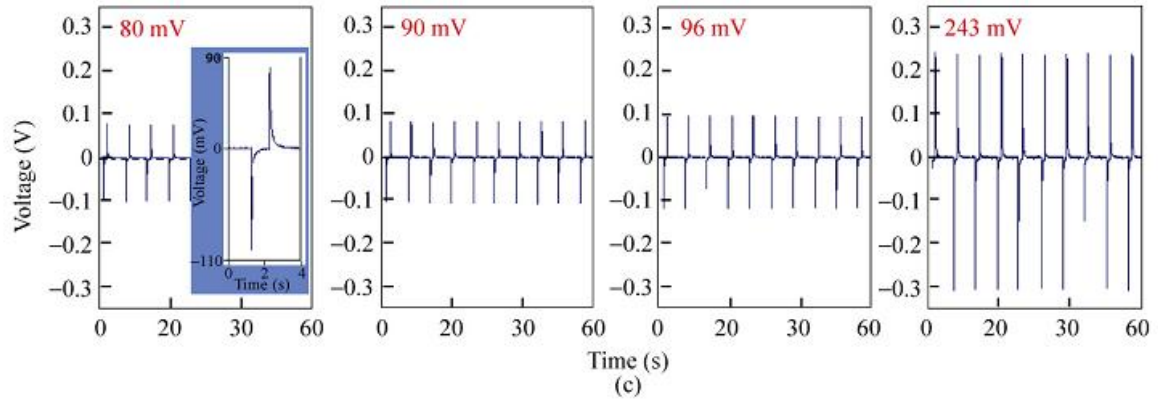
Như một sự thay thế cho cấu hình bên các tính dây nano ZnO định hướng theo chiều dọc cũng có thể sử dụng để chế tạo máy phát nano, dòng xoay chiều dựa trên cùng một nguyên tắc làm việc. Tất cả các dây nano được nối song song và mỗi dây nano hoạt động như một bơm điện, không phải được vào các dây khác, như được mô tả trong hình 67 (a) và 67 (b) [432]. Các dây nano này được phân bố trên tấm Si phẳng phủ màng mỏng phương pháp hóa hơi. Sự linh hoạt là một đặc tính của các dây nano cho thấy sự ảnh hưởng áp điện của chúng đáp ứng với sự căng bên ngoài. Như vậy, thế áp điện tạo ra dọc theo mỗi dây nano cũng có xu hướng phân phối, dẫn đến tính chất vi mô được tăng cường. Sự biến dạng của hiệu ứng Schottky là một từ một đầu của dây nano là điều cần thiết cho máy phát dây nano xoay chiều tích hợp thẳng đứng. Điện thế đầu ra có thể được tăng cường lên nhiều bằng cách kết hợp hiệu ứng áp điện của một số lớp máy phát điện nano kết hợp thẳng đứng [432, 541]. Như được biểu diễn trong hình 67 (c), ba máy phát nano xoay chiều kết hợp thẳng đứng được vẽ trên một đế Si. Điện thế đầu ra là 80, 90 và 96 mV được mắc nối tiếp dẫn đến một điện thế đầu ra là 0.243 V, dòng điện đầu ra có thể cũng được tăng cường lên bằng cách chồng song song một số lớp máy phát nano xoay chiều kết hợp thẳng đứng [432].



(a)



(b)



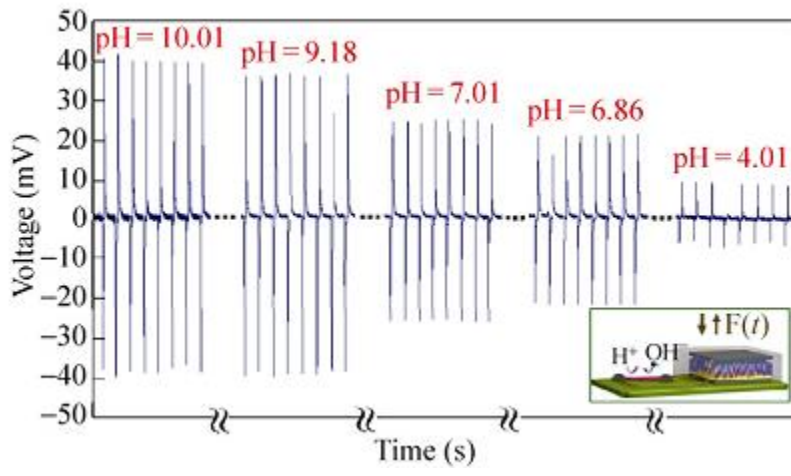
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Đầu tiên, để được kết nối với cảm biến pH đầu tiên dây nano ZnO và điện thế của cảm biến nano ZnO. Sau đó, để đo điện thế của cảm biến pH được chế tạo bằng ZnO. Đầu tiên là đo điện thế của cảm biến nano ZnO trong dung dịch đệm pH 7.01. Sau đó, để đo điện thế của cảm biến nano ZnO trong dung dịch đệm pH 10.01, 9.18, 6.86, 4.01. Điện thế của cảm biến nano ZnO được đo bằng máy đo điện thế của cảm biến nano ZnO. Sau đó, để đo điện thế của cảm biến nano ZnO trong dung dịch đệm pH 7.01, 6.86, 4.01. Điện thế của cảm biến nano ZnO được đo bằng máy đo điện thế của cảm biến nano ZnO. Sau đó, để đo điện thế của cảm biến nano ZnO trong dung dịch đệm pH 7.01, 6.86, 4.01. Điện thế của cảm biến nano ZnO được đo bằng máy đo điện thế của cảm biến nano ZnO.



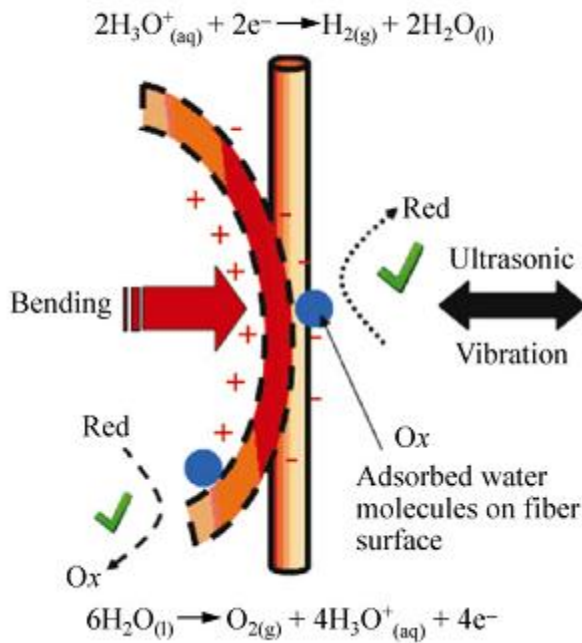
The graph shows the response of the ZnO nanowire pH sensor to different pH values. The voltage increases as the pH increases, indicating a positive correlation between pH and voltage. The sensor shows a clear response to the change in pH, with the voltage increasing from approximately 10 mV at pH 4.01 to 45 mV at pH 10.01.

The sensor shows a clear response to the change in pH, with the voltage increasing from approximately 10 mV at pH 4.01 to 45 mV at pH 10.01. The sensor shows a clear response to the change in pH, with the voltage increasing from approximately 10 mV at pH 4.01 to 45 mV at pH 10.01. The sensor shows a clear response to the change in pH, with the voltage increasing from approximately 10 mV at pH 4.01 to 45 mV at pH 10.01.

The sensor shows a clear response to the change in pH, with the voltage increasing from approximately 10 mV at pH 4.01 to 45 mV at pH 10.01. The sensor shows a clear response to the change in pH, with the voltage increasing from approximately 10 mV at pH 4.01 to 45 mV at pH 10.01. The sensor shows a clear response to the change in pH, with the voltage increasing from approximately 10 mV at pH 4.01 to 45 mV at pH 10.01.





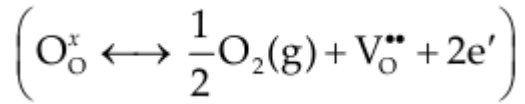


## 7. Kết luận

Trước khi đến kết luận, chúng tôi muốn chia sẻ quan điểm của chúng tôi về một số vấn đề quan trọng trong lĩnh vực này và một số giải pháp khả thi để giải quyết những vấn đề này.

Có ba thách thức chính. Đầu tiên là để kiểm soát chất lượng tinh thể. Cấu trúc nano ZnO được nuôi bằng phương pháp hóa ướt thường có chất lượng tinh thể thấp, nhiều khuyết tật, chẳng hạn như các sai hỏng điểm và khoảng trống, đôi khi có thể được nhìn thấy qua bề mặt gồ ghề của chúng. Những khuyết tật này dẫn đến độ bền chống đứt gãy thấp, độ linh động hạt tải điện thấp, thời gian sống của hạt tải điện ngắn, và công suất bơm ngưỡng cao, làm suy giảm mạnh tính chất cơ học, tính chất điện và quang học của các cấu trúc nano. Mức sai hỏng cao là do bản chất của sự tăng trưởng ở nhiệt độ thấp trong một môi trường khá phức tạp bao gồm nhiều loại ion và phân tử. Để cải thiện chất lượng tinh thể, điều quan trọng là phải bắt đầu từ một tiền chất thích hợp, chọn các thông số phản ứng được kiểm soát tốt, và đưa vào các tác nhân phủ thích hợp và / hoặc thậm chí kiểm soát một số loại tham số có vẻ không quan trọng, chẳng hạn như các ion đối trong tiền chất

muối  $Zn^{2+}$  và nồng độ ôxy hòa tan. Thứ hai là tối thiểu hoá sự dẫn điện bề mặt cho các ứng dụng áp điện. ZnO có tính dẫn bề mặt loại n do sự mất mát các nguyên tử oxy cho môi trường xung quanh



Độ dày của vùng bề mặt dẫn điện được tính toán vào bậc hàng chục nanomet. Nồng độ electron hữu hạn sẽ che chắn một phần các thế áp điện, làm suy giảm đáng kể hiệu suất của các thiết bị áp điện dựa trên ZnO. Để giảm sự thiếu hụt oxy, có thể đẩy phương trình khuyết tật về bên trái bằng cách cung cấp một môi trường giàu oxy, chẳng hạn như ủ dưới áp suất riêng phần oxy cao hoặc cấy các nguyên tử oxy có mang năng lượng dưới plasma oxy. Cuối cùng, dựa trên sự dẫn loại n nội tại giảm, việc pha tạp ZnO với nguyên tố nhóm V và / hoặc nhóm I để đạt được độ dẫn điện loại p là khả thi nhưng vẫn còn nhiều thách thức. Phản ứng pha tạp của các cấu trúc nano ZnO với các nguyên tử bên ngoài thuận lợi về mặt entropi hơn nhưng không thuận lợi về mặt enthalpy. Vì vậy, người ta mong muốn chọn các nguyên tố thích hợp với bán kính ion và ái lực điện tử tương tự dưới điều kiện phản ứng được kiểm soát tốt (áp suất, nhiệt độ, và nồng độ tiền chất) để giảm thiểu sự thay đổi enthalpy. Mặc dù có những cuộc tranh luận về pha tạp loại p trong màng mỏng ZnO, pha tạp loại p trong các cấu trúc nano ZnO 1D có vẻ đầy hứa hẹn do không xuất hiện sai hỏng.

Tuy nhiên, bài viết này đã đưa ra một tổng quan toàn diện về các ứng dụng chức năng và điều khiển sự tăng trưởng cấu trúc nano ZnO một chiều được chế tạo bằng phương pháp hoá ướt. Các cấu trúc nano ZnO một chiều cuối cùng tương thích về mặt sinh học và an toàn cho môi trường. Chúng là các vật liệu đa chức năng với các tính chất bán dẫn, quang học, áp điện và các tính chất khác. Quan trọng hơn và rõ ràng nhất, chúng có thể được nuôi dùng phương pháp hóa ướt nhiệt độ thấp, do đó chúng có thể dễ dàng được tích hợp với một phạm vi rộng các vật liệu và công nghệ. Tất cả những lợi thế này để tạo ra các khối cơ sở cấu trúc nano ZnO một chiều để chế tạo các thiết bị mới đa dạng.

Lời cảm ơn

Chúng tôi cảm ơn sự hỗ trợ của NSF, DARPA, và BES DOE. Chúng tôi cũng cảm ơn những tác giả và nhiều cộng tác viên đã đóng góp các dữ liệu đã được xuất bản cho tài liệu này.