

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

## MÀNG D N A L P I N TRONG SU T ZnO/Ag/ZnO CH T O I U K I N N H I T PHÒNG

### I. GI I TH I U

Màng oxit d n i c trong su t (TCO) nh màng pha t p indium oxit, thi c oxit, k m oxit ã c s d ng r ng rãi trong các linh ki n quang i n, màng hình hi n th m ng [1,2], pin m t tr i [3,4]. Tuy nhiên i n tr c a chúng khá cao trong m t v ài tr ng h p s d ng làm i n c c trong su t. Vì v y vi c ch t o màng v i i n tr th p ang c quan tâm ng d ng cho nh ng thi t b có di n tích r ng. G n ây có nhi u tác gi phát tri n màng a l p ITO/kim lo i/ITO (IMI). M t l p kim lo i có b dày kho ng 10 nm c a vào gi a hai l p ITO [5-7] c u trúc IMI t o ra có i n tr su t th p, truy n qua cao rong d i b c sóng nhìn th y và có b dày nh h n màng n l p TCO, b t t h n màng n l p kim lo i [8-11]. Tuy nhiên t o nh ng màng lo i này ph i chi phí r t cao khi ch t o bia ITO [12]. thay th ITO t t nh t là ZnO vì nó không c [13], giá thành th p [14], là v t li u d tìm [15], có b cao i v i plasma hydrô và nhi t [16]. Tính ch t quang i n c a màng ZnO ã c nghiên c u r ng rãi [17-21]. Màng ZnO c ch n l p c s . Tính ch t quang và i n ph thu c vào dày c a l p kim lo i và c u trúc c a nó. t c tính ch t i n và quang t t thì màng kim lo i ph i có c u trúc n i t i p v i màng ZnO ng th i chúng c ng ph i có b dày nh có truy n qua t t. Màng Ag có d n i n t t nh t trong các kim lo i nó ã t ng c s d ng cho l p c s (based) ITO [22,5-7] màng ITO/Ag/ITO t o ra có i n tr th p truy n qua cao. Trong nh ng báo cáo g n ây ch a c p t i vi c s d ng Ag vào l p c s ZnO ch t o màng a l p ng d ng làm i n c c d n i n trong su t. Vì v y chúng tôi phát tri n màng d n i n trong su t ZnO/Ag/ZnO và nghiên c u các y u t nh h ng lên tính ch t c a màng .

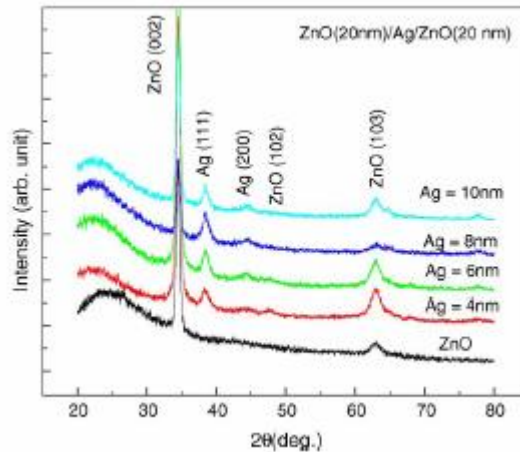
### II. TH C NGHI M

Màng ZnO và ZnO/Ag/ZnO c t o trên th y tinh (corning 1737F). Bia s d ng ZnO có tinh khi t 99.9995% bán kính 7.62 cm, b dày 0.64 cm và kim lo i Ag có tinh khi t 99.999%, bán kính 7.62 cm, b dày 0.64 cm. th y tinh c s lý b m t b ng siêu âm trong acetone, r a trong n c tinh khi t. và sau ó c s y khô b ng dòng khí N tr c khi t o màng. Kh ang cách bia 53 mm. áp su t bu ng phún x  $6.10^{-3}$  Torr trong khí Ar tinh khi t. T c quay c a c i u ch nh 18 vòng/phút (rpm). dày c a màng ZnO c ph trong kho ng 20 nm n 100 nm

và màng Ag trong kho ng t l nm n 15 nm. dày c a màng c o b ng ph ng pháp surface profiler (Alpha-step 500, TENCOR) và FE-SEM (XL-40 FEG field emission scanning electron microscope). Nghi n c u c u trúc c a màng s d ng ph ng pháp nhi u x tia X (XRD) trong công tr ng này chúng tôi s d ng nhi u x k Regaku (D/MAX 2500) v i ngu n phát x tia X là Cu K . i n tr su t c o b ng ph ng pháp 4 m i d . tr y n qua quang h c c o trong d i b c sóng 300 nm n 800 nm b ng quang ph k UV-vis-IR (HewlettPackard 8452A diode array spectrophotometer)

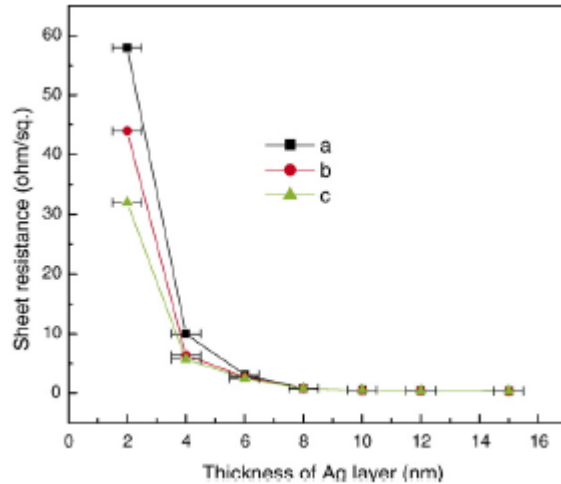
### III. K T Q U VÀ T H O L U N

C u trúc tinh th c a nh ng màng a l p khác nhau c xác nh b i phép o nhi u x tia X (XRD).



*Hình 1: Ph nhi u x tia X (XRD) c a màng ZnO và ZnO/Ag/ZnO*

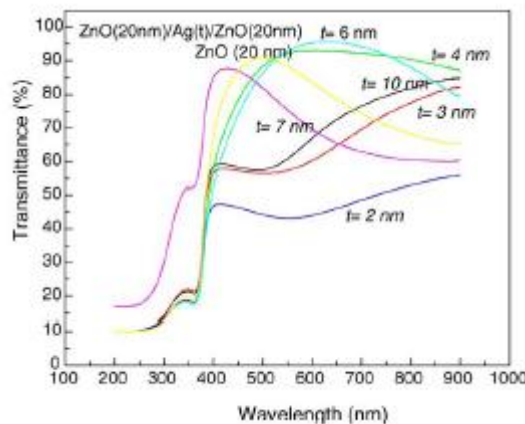
Hình 1 bi u th ph nhi u x tia X c a màng ZnO và nh ng màng a l p ZnO/Ag/ZnO v i dày l p Ag khác nhau. Qua ph thu c ta th y r ng v i màng ZnO xu t hi n các nh m nh nh h ng theo (0 0 2) và (1 0 3). nh (0 0 2) c cho là do c u trúc a tinh th t nhiên c a màng ZnO. Trong tr ng h p màng a l p ZnO/Ag/ZnO có s xu t hi n c a nh (102). Nh ng nh quan trọng v n là (0 0 2) v i nó cho th y ZnO có c u trúc a tinh th wurtzite [23]. B c xu t hi n nh theo h ng (1 1 1), tuy nhiên khi b dày c a l p Ag t ng lên có s su t hi n c a nh d c theo h ng (2 0 0). V i s xu t hi n c a nh (2 0 0) ta th y r ng Ag ã óng góp vào s hình thành m ng a tinh th nh c a l p ZnO trong màng a l p ZnO/Ag/ZnO. Hình 2 th hi n s ph thu c c a i n tr su t c a màng a l p ZnO/Ag/ZnO vào dày c a l p Ag.



Hình 2: S ph thu c c a i n tr su t c a màng ZnO/Ag/ZnO vào dày c a l p Ag i v i ZnO có b dày (a) 20 nm, (b) 30 nm, (c) 50nm

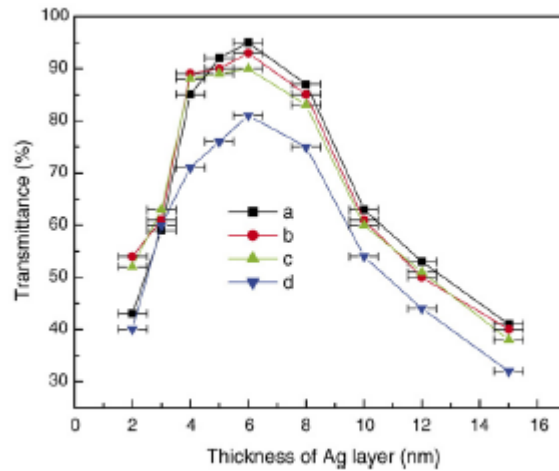
Qua th ta th y r ng i n tr su t c a màng gi m nhanh khi l p Ag t ng và không i khi dày c a l p Ag t ng t i 8 nm. K t qu này c ng phù h p v i ph nhi u x tia X ã kh o sát ph n trên. Theo báo cáo c a Igasaki and Saito v màng r n n m 1991 ã cho r ng d n i n t ng là do t ng s pha tr n c a nguyên t hay l tr ng c a oxy nó óng vai trò nh nh ng ch t donor. N u quá nhi u nguyên t pha t p s d n n hi n t ng tán x t ng làm gi m linh ng [44]. Công th c xác nh i n tr su t ( ) =  $1/Ne\mu$  trong ó N là n ng h t t i và  $\mu$  là linh ng.

Hình 3 cho ta th y m i liên h gi a truy n qua và b c sóng khi th a i b dày c a l p b c và c nh b dày l p ZnO trên và d i (20 nm). truy n qua c a màng n l p ZnO (20 nm) có m t nh g n 450 nm và truy n qua l n h n 80% trên toàn b gi i b c sóng nhìn th y. i v i màng ZnO/Ag/ZnO, có s d ch chuy n nh ph truy n qua khi quan sát b c sóng 580 – 600 nm. truy n qua gi m nhanh trong gi i b c sóng dài khi b dày c a l p Ag t ng.



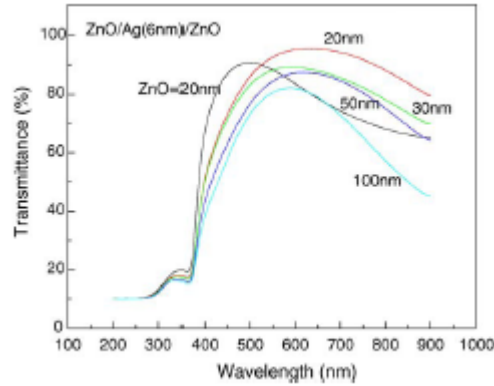
Hình 3: S ph thu c truy n qua c a màng a l p ZnO/Ag/ZnO lên dày c a l p Ag

Hình 4 Th hi n truy n qua c a màng a l p bao g m c th y tinh. M i ng cong bi u di n ph truy n qua c a màng a l p v i dày c a l p ZnO và Ag thay i. b c sóng 580 nm truy n qua c a màng a l p ZnO/Ag/ZnO luôn t c c i khi l p Ag có b dày kho ng 6 nm. Theo báo cáo c a M.Fahland, P. Karlsson, C. Charton, Thin Solid Films 392 (2001) 334 và G. Leftheriotis, P. Yianoulis, D. Patrikios, Thin Solid Films 306 (1997) 92. M t l p Ag liên t c có h p th th p và d n i n t t. L p Ag m ng c xem là trong su t trong d i b c sóng nhìn th y. Tuy nhiên dày d i m c t i h n, tính ch t c a v t li u khác áng k so v i v t li u kh i. C hai i n tr su t và h p th quang h c t ng nhanh khi gi m dày c a l p Ag ra xa i m t i h n. Gi i thích i u này là do có s chuy n t d ng màng liên t c sang d ng c o tách bi t c a nguyê n t Ag (T p h p các tr ng thái) [26]. B dày t i h n cho d ch chuy n này ph thu c vào và i u ki n t o màng [27,28]. Khi b dày màng a l p v i hai l p ZnO là 20 nm và l p Ag là 6 nm thu c giá tr truy n qua cao nh t b c sóng 580 nm.

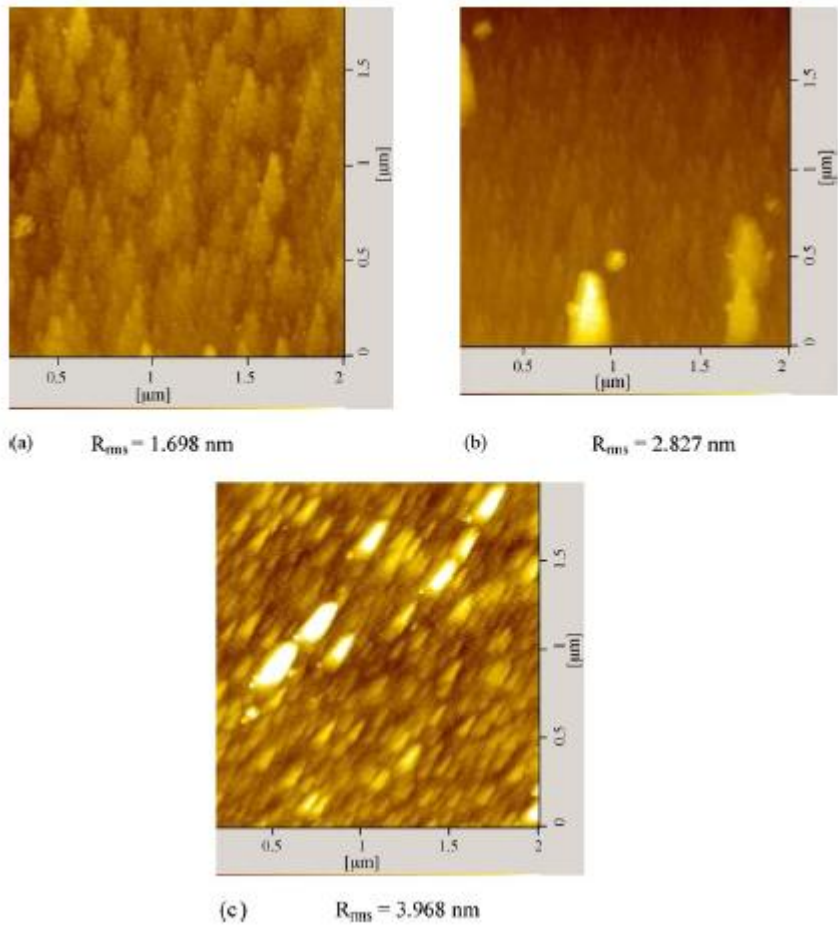


Hình 4: S ph thu c c a truy n qua c c i c a màng a l p b c sóng 580 nm lên b dày c a l p Ag i v i l p ZnO : (a) 20 nm, (b) 30 nm, (c) 50 nm, (d) 100 nm

Hình 5 cho ta th y s d ch chuy n nh ph truy n qua v phía b c sóng dài khi b dày c a hai l p ZnO ( trên và d i) t ng. i v i màng ZnO v i b dày 20 nm có gh gh th p h n nh ng b dày khác i u này minh ch ng cho k t qu ph truy n qua. M i quan h gi a b dày và gh gh (roughness) ã c S.S. Lin, J.L. Huang báo cáo trong [24, 25] i v i Ti- và Al- pha t p vào màng ZnO, gh gh s t ng khi t ng b dày. G. Laukaitis, S. Lindroos, S. Tamulevieius, M. Leskela trong công trình [26] ã báo cáo r ng gh gh r t g n v i s phát tri n c u trúc h ình h c c a màng. Y u t này s nh h ng t i ph truy n qua và d n i n c a màng.

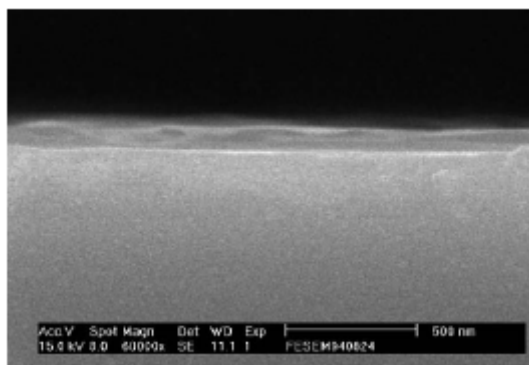


Hình 5: S ph thu c c a truy n qua màng ZnO/Ag/ZnO lên dày c a l p ZnO  
 Hình 6 (a), (b), (c) là hình ch p màng a l p b ng AFM v i b dày c a l p ZnO khác nhau. Qua hình ta quan sát th y r ng gh gh b m t c a mang a l p t ng khi t ng b dày c a c a l p ZnO. i l p ZnO (20 nm) có gh gh th p h n nh ng màng có b dày khác. i u này ã minh ch ng cho k t qu c a truy n qua ã kh o sát nh ng ph n tr c.



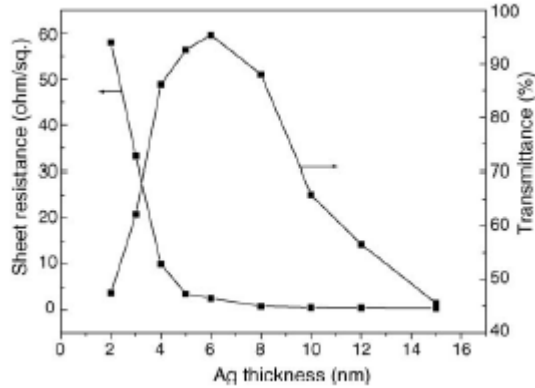
Hình 6: Hình ch p AFM c a màng ZnO/Ag/ZnO v i dày l p ZnO khác nhau (a) 20 nm, (b) 50 nm and (c) 100 nm

Hình nh thu c t Cross-sectional SEM c a màng ZnO/Ag/ZnO c a ra trong hình 7. qua hình ta th y l p Ag không c nh. Có s kh ch tán l p Ag vào l p Ag, làm thay i gh gh c a màng và nh v y c ng làm thay i c u trúc hình h c c a màng. B dày hai l p ZnO 20 nm cho ta truy n qua cao trong d i b c sóng nhìn th y. Khi t ng b dày c a l p ZnO s làm t ng gh gh nh v y s làm t ng s tán x tia t i và làm gi m truy n qua.



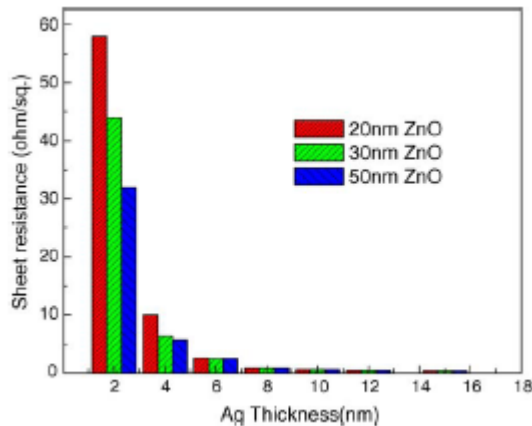
*Hình 7: nh cross-sectional SEM c a màng ZnO(50 nm)/Ag(6 nm)/ ZnO(50 nm)*

Hình 8 Ch ra i n tr su t và t l ph n tr m truy n qua l n nh t c a màng ZnO (20 nm)/Ag/ZnO (20 nm) v i dày trung bình l p Ag khác nhau. dày c a l p Ag c thay i trong kho ng t 2 nm t i 15 nm. V i b t k dày nào thì i n tr c a mang a l p luôn luôn nh h n i n tr (4.2 k $\Omega$ ) c a màng n l p ZnO ( dày 100 nm) khi thi u l p Ag. i n tr su t c a màng a l p gi m khi dày c a l p Ag t ng. B dày l p Ag k t tinh t ng lên là nguyên nhân c a s gi m i n tr su t. Giá tr i n tr su t o c c a màng là 3 ohm/sq i v i l p Ag 6 nm. Ti p t c t ng b dày c a l p Ag thì i n tr su t gi m ít nh ng truy n qua gi m. Khi gi m b dày c a l p Ag thì i n tr su t t ng nhanh. truy n qua thay i m nh xung quanh dày 6 nm c a l p Ag. truy n qua c a l p x p ch ng c ng gi m khi gi m dày c a l p Ag. i u này là do s h p th c a toàn b màng Ag. Trong cùng ph m vi thay i b dày l p Ag, s t ng nhanh giá tr i n tr su t c ng c quan tâm theo báo cáo [27], l p liên t c c a Ag có h p th th p và d n i n r t cao. Màng Ag trong su t trong d i b c sóng nhìn th y. b dày nh h n m c t i h n tính ch t c a v t li u khác áng k so v i v t li u kh i. C hai i n tr su t và h p th ánh sáng u t ng nhanh khi b dày l p Ag gi m xa i m t i h n. Gi i thích i u này là do có s chuy n t đ ng màng liên t c sang đ ng c o tách bi t c a nguyên t Ag (T p h p các tr ng thái) [26].



Hình 8: S ph thu c c a i n tr su t và t ruy n qua c c i lên dày c a l p Ag i v i màng ZnO(20 nm)/Ag/ZnO(20 nm) film

B dày t i h n cho d ch chuy n này ph thu c vào và i u ki n t o màng t t nh t dày trung bình trong kho ng 5nm n 15 nm. Khi kh o sát nh h ng c a l p ZnO lên t ng i n tr su t c a c u trúc màng a l p m t lo t nh ng m u v i b dày trung bình l p Ag khác nhau c chu n b trong kho ng 5 nm và 20 nm. Nh ng m u v i b dày ZnO khác nhau c ch n là 20, 30 và 50 nm. i v i dày m i l p Ag giá tr i n tr su t c ghi nh n và th hi n trên hình 9. Quan sát ta nh n th y r ng i v i màng r t m ng không có s khác bi t nhi u v i n tr su t gi a các l p. i v i b dày thích h p h u nh không có s khác bi t v i n tr su t gi a các màng a l p.



Hình 9: So sánh gi a nh ng màng ZnO/Ag/ZnO có b dày l p Ag khác nhau và l p ZnO có dày là 20, 30 và 50 nm

Báo cáo c a M. Fahland, P. Karlsson, C. Charton, Thin Solid Film s [27] c ng ã chú ý t i ho t ng t ng t c a l p Ag trong màng ITO/Ag/ITO. T k t qu này, nó xác nh m t cách rõ ràng r ng tính ch t i n c a màng ZnO ch óng vai trò th y u trong trong c u trúc ày . ày là chìa khóa thay th màng n l p ZnO b ng màng ba l p. Nh ng tính ch t c a màng c xác nh b i màng Ag thay vì tính ch t màng ZnO. i u này có ngh a r ng yêu c u nhi t cao clo i b i v i i n

c c có i n tr th p. tuy nhiên Ag c ng có m t s v n . Nó đ b n m òn ho c gi i h n truy n qua c c i m c ù n ó r t m ng.

#### IV K TLU N

Nhi u c u trúc màng a l p ZnO/Ag/ZnO ã c t o ra và kh o sát tính ch t i n, quang. Màng a l p t t nh t t c có i n tr su t 3 ohm/sq v i truy n qua trên 90% b c sóng 580 nm. T k t qu này ta th y r ng có th t ng h p i n c c có i n tr su t nh nhi t phòng không c n s d ng nhi t cao ho c nhi t. v i i u ki n này có th t o màng trên v t li u polymer, bên c ch ó c ng có th ng d ng làm i n c c trong su t trong pin m t tr i và ng d ng trong các thi t b hi n th khác.

#### Danh m c tài li u tham kh o

- [1] M. Fahland, P. Karlsson, C. Charton, Thin Solid Films 392 (2001) 334.
- [2] Y.H. Tak, K.B. Kim, H.G. Park, K.H. Lee, J.R. Lee, Thin Solid Films 411 (2002) 12.
- [3] H.S. Ullal, K. Zwaibel, B. Von Roedern, in: Proceedings of the 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2002, p. 472. [4] J. Pia, M. Tamasi, R. Rizzoli, M. Losurdo, E. Centurioni, C. Summonte, F. Rubinelli, Thin Solid Films 425 (2003) 185.
- [5] J. Stollenwerk, B. Ockler, K.H. Kretschmer, Digest of SIDDIMTC (1995) 111.
- [6] M. Bender, W. Seelig, C. Daube, H. Frankenberger, B. Ocker, J. Stollenwerk, Thin Solid Films 326 (1998) 72.
- [7] K.H. Choi, J.Y. Kim, Y.S. Lee, H.J. Kim, Thin Solid Films 341 (1999) 152.
- [8] A. Kloppel, W. Kriegseis, B.K. Meyer, A. Scharmann, C. Daube, J. Stollenwerk, J. Trube, Thin Solid Films 365 (2000) 139.
- [9] A. Kloppel, M. Meyer, J. Trube, Thin Solid Films 392 (2001) 311.
- [10] M. Sawada, M. Higuchi, S. Kondo, H. Saka, Jpn. J. Appl. Phys. 40 (2001) 3332.
- [11] Y.S. Jung, Y.W. Choi, H.C. Lee, D.W. Lee, Thin Solid Films 440 (2003) 278.
- [12] M. Bender, W. Seelig, C. Daube, H. Frankenberger, B. Ocker, J. Stollenwerk, Thin Solid Films 326 (1998) 67.
- [13] K.L. Chopra, S. Major, D.K. Pandya, Thin Solid Films 102 (1983) 1.
- [14] S.S. Lin, J.L. Huang, D.F. Lii, Mat. Chem. Phys. 90 (2005) 22.
- [15] D. Song, A.G. Aberle, J. Xia, Appl. Surf. Sci. 195 (2002) 291.
- [16] J. Hu, R.G. Gordon, J. Appl. Phys. 71 (1992) 880.
- [17] I. Sayago, M. Aleixandre, L. Ares, M.J. Fernandez, J.P. Santos, J. Gutierrez, M.C. Horrillo, Appl. Surf. Sci. 245 (2005) 173.
- [18] A.B. Kashyout, M. Soliman, M.E. Gamal, M. Fathy, Mat. Chem. Phys. 90 (2005) 230.
- [19] M. Berber, V. Bulto, R. Klib, H. Hahn, Scripta Mater. 53 (2005) 457.
- [20] Y.W. Sun, J. Gospodyn, P. Kurska, J. Sit, R.G. DeCorby, Y.Y. Tsui, Appl. Surf. Sci. 248 (2005) 392.
- [21] N. Scarisoreanu, D.G. Matei, G. Dinescu, G. Epurescu, C. Ghica, L.C. Nistor, M. Dinescu, Appl. Surf. Sci. 247 (2005) 518.
- [22] M. Sawada, M. Higuchi, S. Kondo, H. Saka, Jpn. J. Appl. Phys. 40 (2001) 3332.



- [23] Powder diffraction file, Data card 5-644, 3c PDS International Center for Diffraction Data, Swartmore, PA.
- [24] S.S. Lin, J.L. Huang, D.F. Lii, Surf. Coat. Technol. 190 (2005) 372.
- [25] S.S. Lin, J.L. Huang, Ceram. Inter. 30 (2004) 497.
- [26] G. Laukaitis, S. Lindroos, S. Tamulevicius, M. Leskela, Appl. Surf. Sci. 185 (2001) 134.
- [27] M. Fahland, P. Karlsson, C. Charton, Thin Solid Films 392 (2001) 334.
- [28] C. Charton, M. Fahland, in: Proceedings of the Conference on Plasma and Surface Engineering (PSE), 2000

**Báo cáo này s d ng k t qu trong bài báo**

High quality transparent conductive ZnO/Ag/ZnO multilayer films deposited at room temperature

ZnO/Ag/ZnO multilayer films for the application of a very low resistance transparent electrode

Tác gi D.R. Sahu, Shin-Yuan Lin, Jow-Lay Huang

Department of Materials Science and Engineering, National Cheng Kung University,  
No. 1, Ta-Hsueh Road, Tainan 701, Taiwan