

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: Tao 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

Từ bản gốc:

<https://books.google.com.vn/books?id=6Wq6BAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Nonlinear+Optics+and+Photonics&hl=vi&sa=X&ved=0ahUKEwjZ8MLL4IPNAhVJr48KHZV5As8Q6AEIKDAA#v=onepage&q=Nonlinear%20Optics%20and%20Photonics&f=false>

Liên hệ dịch tài liệu :

thanhlam1910_2006@yahoo.com hoặc frbwrthes@gmail.com hoặc số 0168 8557 403 (gặp Lâm)

Tìm hiểu về dịch vụ: http://www.mientayvn.com/dich_tiang_anh_chuyen_nghanh.html

1 Giới thiệu

The invention of the laser has had a revolutionary impact on the development of modern **optics**. Based on the interaction of laser radiation with matter, a great number of new optical effects and phenomena have been discovered, which are essentially different from those already known in conventional **optics**. The comprehensive studies on these new optical effects and their applications are the foundation of **nonlinear optics** and photonics.

Việc phát minh ra laser đã có tác động to lớn đến sự phát triển quang học hiện đại. Dựa trên tương tác của bức xạ laser với vật chất, các nhà nghiên

cứu đã khám phá ra nhiều hiệu ứng và hiện tượng quang học mới, về cơ bản khác với những hiện tượng trong quang học truyền thống. Nghiên cứu toàn diện về những hiệu ứng mới này và các ứng dụng của chúng là cơ sở của quang phi tuyến và photonics.

1.1 Conventional optics and nonlinear optics

The principle of the laser was proposed by Schawlow and Townes in 1958,¹ and the first laser device (a ruby solid laser) was demonstrated by Maiman in 1960.² In 1961, Franken et al. observed second-harmonic generation in a quartz crystal irradiated by the 694.3-nm output beam from a ruby laser.³ This observation and a series of other new optical effects (such as stimulated scattering, third-order harmonic generation, self-focusing, and so on, discovered shortly thereafter) symbolized the formation of nonlinear optics. In this sense, nonlinear optics is an outgrowth of the laser technology.

1.1 Quang học truyền thống và quang phi tuyến

Nguyên tắc thiết kế laser đã được Schawlow và Townes đề xuất vào năm 1958, và thiết bị laser đầu tiên (laser rắn ruby) đã được chế tạo thành công vào năm 1960 bởi Maiman. Năm 1961, Franken và các cộng sự đã quan sát hiệu ứng phát sóng hài bậc hai trong tinh thể thạch anh với nguồn laser ruby bước sóng 694.3 nm. Thí nghiệm này và một loạt các hiệu ứng quang phi tuyến khác (chẳng hạn như tán xạ kích thích, phát sóng hài bậc ba, tự hội tụ, v.v... được khám phá một thời gian ngắn sau đó) được xem là cột mốc đánh dấu sự hình thành quang phi tuyến. Theo nghĩa này, quang phi tuyến là sự phát triển tự nhiên của công nghệ laser.

In conventional optics, which was established primarily in the 19th century, many basic mathematical equations or formulae often manifested a linear feature. The following are several typical examples showing such a feature of conventional optics.

First, in order to interpret the refraction, reflection, dispersion, scattering, as well as birefringence of light propagation in an optical medium, we should consider an important physical quantity, the light induced electric polarization of the medium. In the regime of conventional optics, the electric polarization vector \mathbf{P} was simply assumed to be linearly proportional to the electric field strength \mathbf{E} of an applied monochromatic optical wave, i.e.,

$$\mathbf{P} = \epsilon_0 \chi \mathbf{E}, \quad (1.1-1)$$

Trong quang học truyền thống (được hình thành vào thế kỷ 19), nhiều phương trình hoặc các công thức toán học cơ bản thường thể hiện tính chất tuyến tính. Sau đây là một số ví dụ điển hình thể hiện đặc tính đó của quang học truyền thống.

Thứ nhất, để giải thích các hiện tượng khúc xạ, phản xạ, tán sắc, tán xạ cũng như hiệu ứng lưỡng chiết của quá trình lan truyền ánh sáng trong môi trường quang học, chúng ta cần xét một đại lượng vật lý quan trọng, độ phân cực điện cảm ứng ánh sáng của môi trường. Trong chế độ quang học thông

thường, vector phân cực điện \mathbf{P} được giả định đơn giản là phụ thuộc tuyến tính vào cường độ điện trường \mathbf{E} của sóng ánh sáng đơn sắc, tức là

where ϵ_0 is the free-space permittivity and χ is the susceptibility of a given medium. With this linear assumption, Maxwell's equations lead to a set of linear differential equations involving only the terms proportional to the first power of the field \mathbf{E} . As a result, the refractive index of the medium is a material constant, which is independent of the light intensity, and there will be no coupling between the light waves of different frequencies in a transparent medium; in other words, no light emission at any new frequencies would be expected.

Second, in conventional **optics** the attenuation of a light beam propagating through an absorptive medium can be described as

Trong đó ϵ_0 là hằng số điện môi chân không và χ là độ cảm của môi trường. Với giả định tuyến tính này, những phương trình Maxwell cho ra tập hợp các phương trình vi phân tuyến tính chỉ liên quan đến lũy thừa bậc nhất của \mathbf{E} . Do đó, đối với một vật liệu nhất định, chiết suất của môi trường là đại lượng không đổi, không phụ thuộc vào cường độ ánh sáng, và do đó không có sự tương tác giữa các sóng ánh sáng có tần số khác nhau trong môi trường trong suốt; nói cách khác, theo dự đoán sẽ không có ánh sáng tần số mới được hình thành.

Thứ hai, trong quang học truyền thống, sự suy giảm cường độ của chùm sáng khi truyền qua môi trường hấp thụ là

$$\frac{dI(z)}{dz} = -\alpha I(z), \quad (1.1-2)$$

where I is the beam intensity, z is the propagation distance, and α is a material parameter independent of the light intensity. The physical meaning of Eq. (1.1-2) is that the decrease of the beam intensity over a unit propagation length is linearly proportional to the local intensity itself. From Eq. (1.1-2) we obtain a well-known exponential attenuation expression

$$I(z) = I(0)e^{-\alpha z}. \quad (1.1-3)$$

This expression implies that for a given propagation length of $z = l$, the transmitted intensity $I(l)$ is linearly proportional to the initial intensity $I(0)$, and the transmittance of $T = I(l)/I(0)$ is not dependent on $I(0)$.

The third example is related to the conventional description of light scattering. In this case, the scattering light intensity from a small volume of scattering medium is assumed to be simply proportional to the local intensity of an incident light beam, i.e.,

$$I_{\text{scat}}(x, y, z) \propto I_0(x, y, z). \quad (1.1-4)$$

Trong đó I là cường độ chùm, z là khoảng cách lan truyền, và α là tham số vật liệu không phụ thuộc cường độ ánh sáng. Ý nghĩa vật lý của phương trình (1.1-2) là sự suy giảm cường độ chùm sáng trên một đơn vị chiều dài

lan truyền tỷ lệ tuyến tính với chính cường độ cục bộ Từ Pt.(1.1-2), chúng ta thu được biểu thức suy giảm dạng hàm mũ phổ biến

Biểu thức này có nghĩa là ứng với một chiều dài lan truyền nhất định $z = l$, cường độ truyền qua $I(l)$ tỷ lệ tuyến tính với cường độ ban đầu $I(0)$ và hệ số truyền qua $T = I(l)/I(0)$ không phụ thuộc vào $I(0)$.

Ví dụ thứ ba liên quan đến mô tả truyền thống về ánh sáng tán xạ. Trong trường hợp này, cường độ ánh sáng tán xạ từ một thể tích nhỏ của môi trường tán xạ được giả định đơn giản là phụ thuộc vào cường độ ánh sáng tới, tức là,

Here I_{scat} is the scattering light intensity, I_0 is the incident light intensity, and (x, y, z) refers to the spatial location of the small scattering volume being considered.

All these and some other simple linear assumptions or conclusions given by conventional optics were widely accepted, and verified by the most experimental observations and measurements, based on the use of ordinary light sources. However, this situation has been radically changed since the beginning of the 1960s.

Ở đây I_{scat} là cường độ ánh sáng tán xạ, I_0 là cường độ ánh sáng tới, và (x, y, z) đề cập đến vị trí không gian của thể tích tán xạ nhỏ đang xét.

Tất cả những giả định tuyến tính và kết luận này cùng với những giả định tuyến tính khác trong quang học truyền thống được chấp nhận rộng rãi, và được khẳng định qua các quan sát và phép đo thực nghiệm, dựa trên việc sử dụng các nguồn sáng thông thường. Tuy nhiên điều này đã thay đổi về căn bản bắt đầu từ những năm 1960.

Shortly after the discovery of optical second-harmonic generation, several other coherent frequency-mixing effects (including optical sum-frequency, difference-frequency, and third-harmonic generation) were sequentially observed. Researchers immediately realized that all these new optical effects facilitated by laser radiation could be readily interpreted, if the linear term on the right-hand side of Eq. (1.1-1) is replaced by a power series

$$\mathbf{P} = \epsilon_0[\chi^{(1)}\mathbf{E} + \chi^{(2)}\mathbf{E}^2 + \chi^{(3)}\mathbf{E}^3 + \dots]. \quad (1.1-5)$$

Một thời gian ngắn sau khi khám hiệu ứng phát sóng hài bậc hai, một số hiệu ứng trộn tần kết hợp khác (bao gồm tạo tần số tổng quang học, tạo tần số hiệu, và phát sóng hài bậc ba) cũng lần lượt được tiến hành thành công. Ngay lập tức các nhà nghiên cứu nhận thấy rằng tất cả những hiệu ứng quang phi tuyến mới này xảy ra dễ dàng do dưới tác động của bức xạ laser chỉ có thể giải thích được nếu thay thế số hạng tuyến tính ở vế phải của Pt (1.1-1) bằng chuỗi lũy thừa

Here, $\chi^{(1)}$, $\chi^{(2)}$, and $\chi^{(3)}$ are the first-order (linear), second-order (nonlinear), and third-order (nonlinear) susceptibility, and so on. They are material coefficients and in general are tensors. Substituting Eq. (1.1-5) into Maxwell's equations leads to a set of nonlinear differential equations that involve high-order power terms of electric field strength; these terms are responsible for various observed coherent optical frequency-mixing effects.⁴ Based on Eq. (1.1-5), it can also be derived that upon the action of laser radiation the refractive index of a medium is no longer a constant even at a given wavelength, instead there will be an induced refractive-index change, depending on the intensity (in a third-order nonlinear medium) or the amplitude (in a second-order nonlinear medium) of the incident laser beam(s). This nonlinear assumption can be used to well explain the observed self-focusing effect of a laser beam and some other related nonlinear optical effects.

Trong đó $\chi^{(1)}$, $\chi^{(2)}$ và $\chi^{(3)}$ lần lượt là các độ cảm bậc nhất (tuyến tính), bậc hai (phi tuyến), và bậc ba (phi tuyến), v.v... Chúng là các hệ số vật liệu và nói chung là các đại lượng tensor. Thế Pt (1.1-5) vào các phương trình Maxwell cho ta một tập hợp các phương trình vi phân liên quan đến các số hạng bậc cao của cường độ điện trường; những số hạng này gắn liền với những quá trình trộn tần số quang học kết hợp khác nhau. Dựa trên Pt (1.1-5), chúng ta có thể suy ra rằng thông qua tác động của bức xạ laser, chiết suất của môi trường không còn là hằng số ngay cả ở một bước sóng không đổi, thay vào đó sẽ có sự thay đổi chiết suất cảm ứng phụ thuộc vào cường độ (trong môi trường bậc ba) hoặc biên độ (trong môi trường phi tuyến bậc hai) của chùm laser tới. Giả định phi tuyến này có thể được dùng để giải thích hiệu ứng tự hội tụ của chùm laser và một số hiệu ứng quang phi tuyến khác.

In the same period, researchers also found that the attenuation of an intense laser beam propagating in an absorptive optical medium did not follow the linear description given by Eq. (1.1-2) or Eq. (1.1-3). For instance, in a one-photon absorptive medium, if the intensity of the incident beam is high enough, the attenuation coefficient α no longer remains constant and may vary depending on the incident light intensity owing to the absorption saturation effect.

Trong cùng khoảng thời gian, các nhà nghiên cứu nhận thấy rằng sự suy giảm cường độ của một chùm lan truyền trong môi trường hấp thụ không tuân theo mô tả tuyến tính của Pt.(1.1-2) hoặc Pt.(1.1-3). Chẳng hạn, trong môi trường hấp thụ một photon, nếu cường độ của chùm tới đủ cao, hệ số suy hao α không còn là hằng số và có thể thay đổi theo cường độ ánh sáng tới do hiệu ứng bão hòa hấp thụ.

Moreover, if there is a two-photon absorption process involved, the attenuation of an intense laser beam must be described as

$$\frac{dI(z)}{dz} = -\alpha I(z) - \beta I^2(z), \quad (1.1-6)$$

Hơn nữa, nếu có sự tham gia của quá trình hấp thụ hai photon, sự suy giảm cường độ chùm có dạng

where β is the two-photon absorption coefficient. In a more general case, if we further extend our consideration to include multi-photon (three-photon or more) absorption processes, then Eq. (1.1-6) should be generalized to the following form:

$$\frac{dI}{dz} = -\alpha I - \beta I^2 - \gamma I^3 - \dots \quad (1.1-7)$$

Trong đó β là hệ số hấp thụ hai photon. Trong trường hợp tổng quát, nếu chúng ta mở rộng thêm bài toán để xét đến các quá trình hấp thụ nhiều photon (ba photon hoặc nhiều hơn), thế thì phương trình (1.1-6) phải được viết dưới dạng tổng quát hóa như sau:

Here, γ is the three-photon absorption coefficient, and so on.

Lastly, the Raman and Brillouin scattering behavior of an intense laser beam propagating in a transparent medium does not obey the simple linear relation expressed by Eq. (1.1-4) with increasing the input intensity. Once the input laser intensity exceeds a certain threshold level, the ordinary (spontaneous) scattering suddenly becomes stimulated scattering with a high directionality and brightness.

Trong đó γ là hệ số hấp thụ ba photon, và v.v...

Cuối cùng, đặc tính tán xạ Raman và Brillouin của chùm ánh sáng cường độ cao truyền trong môi trường trong suốt không tuân theo hệ thức tuyến tính đơn giản (1.1-4) khi tăng cường độ đầu vào. Một khi cường độ đầu vào lớn hơn một mức ngưỡng nhất định, tán xạ (tự phát) thường thành linh chuyển thành tán xạ cảm ứng với độ định hướng và cường độ cao.

Based on these comparisons described above, we can conclude that the main concern in conventional **optics** is the propagation and interaction with matter of the light from ordinary incoherent light sources, wherein the intensities of light beams are relatively low so that even a simple linear approximation provides a satisfactory theoretical explanation for the related optical effects and phenomena. In this sense, conventional **optics** may also be called *linear optics*. In contrast, **nonlinear optics** mainly deals with the interaction of intense coherent light with matter. In the latter case, the monochromatic and directional brightness of a laser beam can be so high that a great number of new effects and phenomena could be generated, which are best explained using some **nonlinear** approximations. In general, the contents of **nonlinear optics** are much more comprehensive than those of linear **optics** and require more complicated and sophisticated theoretical treatments.

Dựa trên so sánh trình bày ở trên, chúng ta có thể kết luận rằng mối quan tâm chính đối với quang học truyền thống là quá trình lan truyền và tương tác của ánh sáng từ những nguồn sáng thông thường không kết hợp với vật chất, trong đó cường độ của các chùm ánh sáng tương đối thấp vì thế sử dụng phép gần đúng tuyến tính đơn giản chúng ta có thể giải thích được hoàn toàn về phương diện lý thuyết các hiệu ứng và hiện tượng quang học tương ứng. Về mặt này, quang học truyền thống có thể gọi là quang tuyến tính. Trái lại, quang phi tuyến chủ yếu xét tương tác của ánh sáng kết hợp cường độ cao với vật chất. Trong trường hợp sau, tính đơn sắc và độ định hướng

của chùm laser cao đến mức có thể tạo ra nhiều hiệu ứng và hiện tượng mới, và những hiệu ứng, hiện tượng này có thể giải thích thỏa đáng dựa trên những gần đúng phi tuyến nào đó. Nói chung, nội dung của quang phi tuyến bao quát hơn nhiều so với quang tuyến tính và cần những phương pháp lý thuyết phức tạp và tinh vi hơn.

The **nonlinear** expression of electric polarization \mathbf{P} given by Eq. (1.1-5) can be used to well describe various **nonlinear** frequency-mixing effects as well as other effects related to the induced refractive-index change. Hence the study of these types of optical effects was originally termed “**nonlinear optics**.” However, it should be pointed out that not all **nonlinear** optical effects could be well interpreted by Eq. (1.1-5). For instance, optical transient coherent effects are well described by the Bloch equations instead of Eq. (1.1-5). The stimulated Raman scattering, multi-photon absorption, and **nonlinear** photoelectric effects can be perfectly elucidated by the theory of quantum electrodynamics (quantum theory of radiation), rather than the **nonlinear** polarization theory.

Hệ thức phi tuyến của độ phân cực điện \mathbf{P} trong Pt.(1.1-5) cũng có thể được dùng để mô tả các hiệu ứng trộn tần số phi tuyến khác nhau cũng như các hiệu ứng có liên quan đến sự thay đổi chiết suất cảm ứng. Do đó, nghiên cứu về những hiệu ứng quang học này ban đầu được gọi là “quang phi tuyến”. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng không phải tất cả những hiệu ứng quang phi tuyến có thể giải thích được qua Pt.(1.1-5). Chẳng hạn như người ta thường dùng các phương trình Bloch để mô tả các hiệu ứng kết hợp chuyển tiếp quang học thay cho Pt (1.1-5). Tán xạ Raman cảm ứng, hấp thụ nhiều photon, và các hiệu ứng quang điện phi tuyến có thể giải thích hoàn toàn bằng lý thuyết điện động học lượng tử (lý thuyết lượng tử của bức xạ, thay vì lý thuyết phân cực phi tuyến).

1.2 Major topics of **nonlinear optics** and photonics

From the contemporary point of view, all optical effects and phenomena that are related to the interaction of intense coherent light with matter are the subjects of **nonlinear optics** or **nonlinear photonics**. The following are the major topics of the modern **nonlinear optics** and photonics.

Fundamental studies:

- **Nonlinear** electric susceptibility theory
- Three-wave frequency mixing in $\chi^{(2)}$ media

1.2 Các chủ đề chính trong quang phi tuyến và photonics

Theo quan điểm hiện đại, tất cả các hiệu ứng và hiện tượng quang học có liên quan đến tương tác của ánh sáng kết hợp cường độ cao với vật chất là nội dung của quang phi tuyến hoặc photonics. Sau đây là những chủ đề chính của quang phi tuyến và photonic hiện đại. Các nghiên cứu cơ bản:

Lý thuyết độ cảm điện phi tuyến

Sự trộn ba tần số sóng trong môi trường.....

- Four-wave frequency mixing in $\chi^{(3)}$ media
- Induced refractive-index changes
- Self-focusing, self-phase modulation, and spectral self-broadening
- Stimulated scattering
- **Nonlinear** spectroscopic effects
- Coherent transient effects
- Multi-photon processes

Sự trộn bốn sóng trong môi trường

Sự thay đổi chiết suất cảm ứng

Sự tự hội tụ, tự điều biến pha, và tự mở rộng phổ

Tán xạ cảm ứng

Các hiệu ứng quang phổ phi tuyến

Các hiệu ứng chuyển tiếp kết hợp

Các quá trình nhiều photon