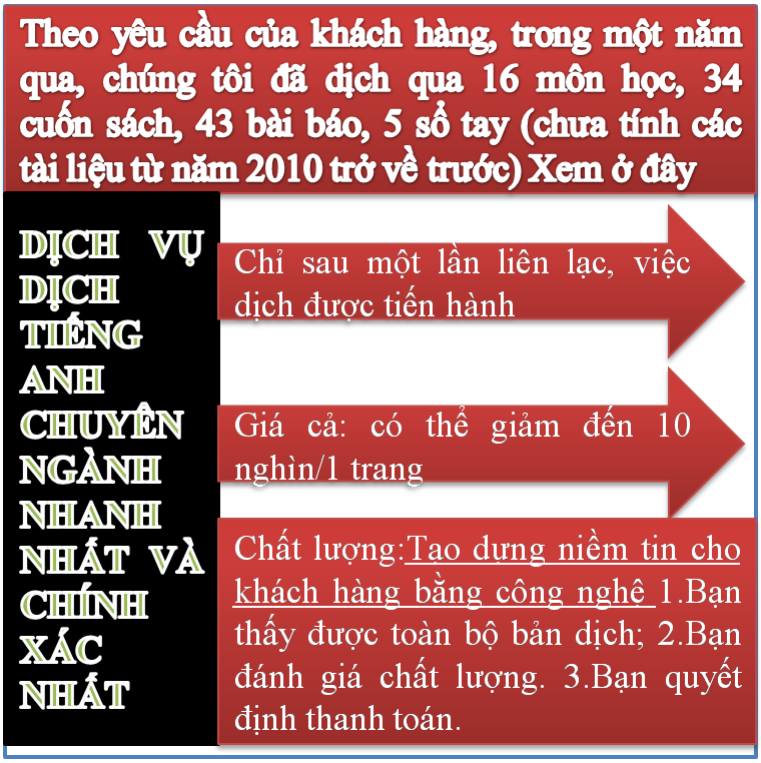

Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:

www.mientayvn.com

Từ bản gốc:

https://books.google.com.vn/books?id=ebIhB64BH0UC&printsec=frontcover&dq=Fundamentals+of+Nonlinear+Optics&hl=vi&sa=X&ved=0ahUKEwik7d7a3oPNAhVCRI8KHeAUDz4Q6AEIGjAA#v=onepage&q=Fundamentals%20of%20Nonlinear%20Optics&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_tieng_anh_chuyen_nghanh.html

GIỚI THIỆU

1.1 HISTORICAL BACKGROUND

Nonlinear optics encompasses a rich diversity of phenomena whose applications grow at a seemingly exponential rate. This growth originates with the invention of the laser in 1958 and its first demonstration in 1960. Within a few years, effects such as second-harmonic generation (SHG), sum-frequency generation (SFG), difference-frequency generation (DFG), optical rectification, two-photon absorption, and third-harmonic generation were observed for the first time at optical frequencies (see Figure 1.1 and references therein). Studies quickly followed building a theoretical framework to describe and predict the observed nonlinear behavior (Armstrong et al., 1962; Bloembergen and Pershan, 1962; Kleinman, 1962a,b; Pershan, 1963; Ducuing and Bloembergen, 1964; Harris, 1966; Minck et al., 1966; Tang, 1966; Boyd and Kleinman, 1968; Giallorenzi and Tang, 1968). It is remarkable how quickly both experimental demonstrations and complete theoretical descriptions of nonlinear phenomena were published after the invention of the laser. Since these initial papers, a wealth of work has followed observing new phenomena, exploring new aspects of the theoretical underpinnings, and improving upon earlier results.

1.1 ĐÔI NÉT VỀ LỊCH SỬ

Quang phi tuyến bao gồm nhiều hiện tượng mà các ứng dụng của chúng dường như tăng theo tốc độ lũy tiến. Sự phát triển này bắt nguồn từ phát minh ra laser vào năm 1958 và minh chứng thực nghiệm đầu tiện vào năm 1960. Trong vài năm qua, các hiệu ứng chẳng hạn như phát sóng hài bậc hai (SHG), tạo tần số tổng (SFG), sự tạo tần số hiệu (DFG), chỉnh lưu quang học, hấp thụ hai photon, và sự phát sóng hài bậc ba được quan sát lần đầu tiên ở tần số quang học (xem Hình 1.1 và các tài liệu tham khảo trong đó). Những nghiên cứu sau đó đã nhanh chóng xây dựng nền tảng lý thuyết để mô tả và dự đoán những đặc tính phi tuyến phát hiện được (……). Sau khi phát minh ra laser, sự phát triển nhanh chóng về cả thực nghiệm và mô tả lý thuyết hoàn chỉnh về các hiện tượng quang phi tuyến đã diễn ra nhanh chóng với tốc độ ấn tượng. Kể từ những bài báo ban đầu, rất nhiều công trình tiếp theo đã quan sát những hiện tượng mới, khám phá những khía cạnh mới của nền tảng lý thuyết và cải thiện những kết quả trước đó.

Behind all these developments is the high field associated with lasers. Because of their temporal and spatial coherence, lasers have a brightness, defined as $W/m^2/Sr$, which far exceeds other light sources. Early Q-switched lasers easily attained intensities of $> 1\,MW/cm^2$ by focusing, and the interaction of these high fields with materials led to observations of nonlinear behavior. The rate of discovery and development since the early 1960s continues at a rapid pace. Of the more recent developments, we highlight those covered in this book: spontaneous parametric fluorescence in 1967 (Akhmanov, 1967; Byer and Harris, 1968); optical phase conjugation in 1972 (Zel'dovich et al., 1972; Yariv, 1976); optical bistability in 1976 (Gibbs et al., 1976); and optical solitons in 1980 (Mollenauer et al., 1980).

Đồng hành cùng sự phát triển này là trường cường độ cao của nguồn laser. Do tính chất kết hợp cả không gian và thời gian, laser có độ sáng, được định nghĩa theo $\frac{W}{m^2}/Sr$ lớn hơn nhiều so với các nguồn sáng khác. Những laser

công tắc Q được sản xuất ở giai đoạn đầu dễ dàng đạt được cường độ $> 1MW/cm^2$ thông qua hội tụ, và tương tác của những trường cường độ cao với vật liệu dẫn đến những tính chất phi tuyến. Tốc độ phát hiện và phát triển kể từ đầu những năm 1960 liên tục với nhịp độ nhanh. Trong số những phát triển gần đây hơn, trong sách này chúng tôi sẽ nhấn mạnh: huỳnh quang tham số tức thời vào năm 1967…….Liên hợp pha quang học vào năm 1972……Lưỡng ổn định quang vào năm 1976….; và các soliton quang học vào năm 1980……

Applications for nonlinear optical devices were readily apparent after their first demonstrations. The ability to frequency convert adds significant flexibility to fixed frequency laser sources. Moreover, the nonlinear frequency conversion can be high, in some cases nearly depleting the input laser energy. It is common to find commercial lasers sold with frequency extension units to double, triple, and even quadruple the fundamental frequency. Frequency conversion is more than a convenience—nonlinear optical techniques allow for experiments that require specific frequencies unattainable by available lasers, which have limited tuning ranges. Another class of nonlinear applications is nonlinear spectroscopy. Nonlinear absorption and scattering methods provide a means to identify trace quantities of unknown materials with high resolution. Spontaneous Raman scattering (Raman and Krishnan, 1928), gives a "fingerprint" scattering signature that allows for the identification of different materials (see Chapter 9). Nonlinear saturation spectroscopy allows for high-resolution spectroscopy by eliminating

Doppler shifts in absorption features, called Lamb-dip spectroscopy (Lamb, 1964). The reader may wish to consult a survey of these and other spectroscopic techniques (Demtroder, 1996).

Ứng dụng của quang phi tuyến rõ ràng đã bắt đầu triển khai từ sau minh chứng thực nghiệm đầu tiên.Khả năng chuyển đổi tần số đã tạo sự linh hoạt đáng kể cho những nguồn laser tần số cố định. Hơn nữa, hiệu suất chuyển đổi tần số phi tuyến cao, trong một số trường hợp gần như không làm suy giảm cường độ laser đầu vào. Thông thường những nguồn laser bán trên thị trường có những bộ phận mở rộng tần số để nhân đôi, nhân ba, và thậm chí nhân bốn tần số cơ bản. Sự chuyển đổi tần số còn thuận tiện hơn-các kỹ thuật quang phi tuyến tạo điều kiện để tiến hành những thí nghiệm đòi hỏi các tần số đặc biệt mà những nguồn laser hiện tại không có sẵn (những nguồn này có khoảng điều chỉnh giới hạn). Một loại ứng dụng phi tuyến khác là quang phổ phi tuyến. Các phương pháp hấp thụ và tán xạ phi tuyến là những công cụ cho phép chúng ta xác định được sự hiện diện của những vật liệu có hàm lượng rất nhỏ với độ phân giải cao. Tán xạ Raman tự phát (Raman và Krishman) cho chúng ta "dấu vân tay" chữ ký tán xạ cho phép xác định các vật liệu khác nhau (xem Chương 9). Quang phổ bão hòa phi tuyến là kỹ thuật quang phổ độ phân giải cao do triệt tiêu dịch chuyển Doppler trong phổ hấp thụ, được gọi là quang phổ dốc Lamb (Lamb, 1964).

Độc giả có thể tham khảo những kỹ thuật quang phổ này cùng với những kỹ thuật quang phổ khác trong (Demtroder, 1996).

1.2 UNIFYING THEMES

Nonlinear effects in this chapter involve energy exchange between independent optical inputs, nonlinear phase shifts to optical fields, and energy exchange between optical fields and a material. For each effect we derive a nonlinear polarization expression and insert it into a wave equation that describes the propagation of electromagnetic (EM) waves through the medium. We connect the material polarization to electric fields through the material's susceptibility, χ. For the simplest case we treat the polarization and electric field as scalars and treat the relationship between the material polarization and an incident field as purely linear,

$$P = \varepsilon_o \chi E, \tag{1.1}$$

1.2 THỐNG NHẤT VỀ PHƯƠNG PHÁP

Các hiệu ứng phi tuyến trong chương này liên quan đến sự trao đổi năng lượng giữa các đầu vào quang học độ lập nhau, các dịch pha phi tuyến của trường quang học, và sự trao đổi năng lượng giữa các trường quang học và vật liệu. Đối với mỗi hiệu ứng, chúng ta rút ra biểu thức của độ phân cực phi tuyến và thế vào phương trình sóng môi tả sự lan truyền của sóng điện từ (EM) qua môi trường. Chúng ta kết nối độ phân cực vật liệu với trường điện thông qua độ cảm của vật liệu χ. Đối với trường hợp đơn giản nhất, chúng ta xem độ phân cực và điện trường là các đại lượng vô hướng và xem mối quan hệ giữa độ phân cực vật liệu và trường tới hoàn toàn tuyến tính,

where P is the polarization, E is the electric field, and ε_o is the permittivity of free space. In Chapter 2, we cover linear effects in greater detail, and emphasize the important role they play in nonlinear optics. In Chapter 2, we also derive Poynting's theorem, which shows a direct connection to energy exchange between a field and the nonlinear polarization.

Trong đó $\boldsymbol{P}$ là độ phân cực, $\boldsymbol{E}$ là cường độ điện trường, và ε_0 là hằng số điện môi chân không. Trong chương 2, chúng ta sẽ xét các hiệu ứng phi tuyế cho tiết hơn, và nhấn mạnh vai trò quan trọng của chúng trong quang phi tuyến. Trong chương 2, chúng tôi cũng rút ra định lý Poynting, cho phép kết nối trực tiếp với sự trao đổi năng lượng giữa trường và độ phân cực phi tuyến.

When the electric field is large, as can be the case with lasers, the material properties are affected by the incident field. The first nonlinear effects we study are associated with distortions to the electron cloud surrounding atoms and molecules. Classically, the electric field displaces electrons in the medium, and when the displacement is large, nonlinear effects become apparent. This classical model is developed in Chapter 3. These electronic-based nonlinear effects are weak, and so we write the dependence as a power-series expansion in the field,

$$P = \varepsilon_o \chi^{(1)} E + \varepsilon_o \chi^{(2)} E^2 + \varepsilon_o \chi^{(3)} E^3 + \cdots \tag{1.2}$$

Khi điện trường lớn (ứng với trường hợp laser), tính chất của vật liệu bị chi phối bởi trường tới. Những hiệu ứng phi tuyến bậc nhất mà chúng ta nghiên cứu gắn với sự méo đám mây điện tử quang nguyên tử và phân tử. Về phương diện cổ điển, điện trường làm dịch chuyển các electron trong môi trường, và khi độ dịch chuyển này lớn, hiệu ứng phi tuyến thể hiện rõ ràng. Mô hình cổ điển này được trình bày trong Chương 3. Những hiệu ứng phi tuyến điện tử này yếu, và vì vậy chúng ta biểu diễn sự phụ thuộc của chuỗi lũy thừa theo trường là

The susceptibility is broken down into orders with $\chi^{(1)}$ corresponding to linear effects, $\chi^{(2)}$ corresponding to quadratic terms in the field, and so on. The types of processes associated with the different expansion orders are referred to as simply $\chi^{(2)}$ effects, $\chi^{(3)}$ effects, and so on. In Chapter 3, we derive classical expressions for the nonlinear susceptibilities. Chapters 4 through 7 cover the details of $\chi^{(2)}$ effects such as SHG, and SFG and DFG. We build on the results of these chapters and use the same formalisms to describe $\chi^{(3)}$ effects such as four-wave mixing, optical bistability, and optical phase conjugation, in Chapter 8.

Độ cảm chia thành các bậc trong đó $\chi^{(1)}$ tương ứng với các hiệu ứng tuyến tính, $\chi^{(2)}$ tương ứng với số hạng bậc hai của trường, và v.v…Những loại quá trình này gắn với các bậc khai triển khác nhau được gọi đơn giản là các hiệu ứng $\chi^{(2)}$, $\chi^{(3)}$, và v.v……Trong chương 3, chúng ta sẽ rút ra các biểu thức cổ điển của độ cảm phi tuyến. Chương 4 đến chương 7 đề cập chi tiết đế các hiệu ứng $\chi^{(2)}$ chẳng hạn như SHG, và SFG và DFG. Chúng ta phân tích dựa trên những kết quả của chương này và áp dụng phương pháp này để mô tả các hiệu ứng $\chi^{(3)}$ chẳng hạn như trộn bốn sóng, lưỡng ổn định quang, và liên hợp pha quang học trong Chương 8.

Another class of nonlinear problems involves interactions of an electric field with molecular vibrations, rotations, reorientation, and collective modes (phonons and acoustic waves). Raman and Brillouin scattering are two examples we cover in Chapter 9, and we show that they can be described as $\chi^{(3)}$ effects.

Một lớp vấn đề phi tuyến khác liên quan đến tương tác của trường điện với các dao động phân tử, sự quay, sự tái định hướng, và các mode tập hợp (các phonon và các sóng âm học). Tán xạ Raman và tán xạ Brillouin là hai ví dụ mà chúng tôi sẽ đề cập đến trong Chương 9, và chúng tôi chứng tỏ rằng chúng có thể được mô tả dưới dạng hiệu ứng $\chi^{(3)}$.

The derivation of the wave equation governing all the effects discussed in this book follows the same procedure. We find that the wave equations for different $\chi^{(2)}$ and $\chi^{(3)}$ processes have many similarities, which allow us to build up concepts that carry over to all $\chi^{(2)}$ and $\chi^{(3)}$ processes. The derivations made early in this book include many simplifying assumptions, but bring to light important general properties of nonlinear phenomena. The simplifying assumptions are progressively lifted in later chapters, revealing more detailed behavior of nonlinear optical systems.

Trong sách này, việc rút ra phương trình sóng chi phối tất cả những hiệu ứng được tiến hành theo cùng một quy trình. Chúng ta thấy rằng các phương trình sóng đối với các quá trình $\chi^{(2)}$ và $\chi^{(3)}$ có nhiều điểm tương đồng, điều đó cho phép xây dựng các khái niệm có thể mở rộng từ $\chi^{(2)}$ sang $\chi^{(3)}$. Ban đầu việc rút ra các phương trình trong sách này dựa trên nhiều giả định đơn giản hóa, làm sáng tỏ những tính chất tổng quát quan trọng của các hiện tượng phi tuyến. Những giả định đơn giản này dần dần được bỏ đi trong các chương sau, giúp chúng ta hiểu sâu hơn về các tính chất của các hệ phi tuyến.

In some cases, the perturbation expansion given in Equation 1.2 is not valid. For example, consider a commercially available high-energy and ultrashort pulse laser, characterized by 10 mJ of energy in a 50 fs pulse. This laser produces pulses with peak powers of approximately 5×10^{11} W. When the output of the laser is focused, the intensities become extremely high. The fields associated with the intensity are such that $\chi^{(2)}E^2$ becomes comparable to $\chi^{(1)}E$, and the expansion in Equation 1.2 breaks down. There are also nonlinear phenomena, such as saturable absorption, where the perturbation expansion breaks down even for relatively low intensities. The approach of this book is to treat phenomena where the expansion given in Equation 1.2 is valid. Such phenomena cover a great deal of nonlinear optics and the techniques developed in discussing them are a good starting point for studying other nonlinear processes.

Trong một số trường hợp, chúng ta không thể áo dụng khai triển nhiễu loạn trong Phương trình 1.2. Chẳng hạn như đối với những nguồn laser xung năng lượng cao và xung siêu ngắn có năng lượng 10 mJ trong một xung 50 fs. Laser này tạo ra xung có công suất cực đại khoảng 5×10^{11} W. Khi hội tụ, cường độ sẽ rất cao. Các trường tương ứng với cường độ này có thể làm cho số hạng $\chi^{(2)}E^2$ gần bằng $\chi^{(1)}E$, và khai triển 1.2 không thể áp dụng được nữa. Cũng có một số hiện tượng phi tuyến chẳng hạn như hấp thụ bão hòa, trong đó chúng ta không thể áp dụng khai triển nhiễu loạn với những cường độ tương đối thấp. Cách tiếp cận trong sách này là xét những hiện tượng có thể áp dụng được khai triển 1.2. Những hiện tượng như thế xuất hiện nhiều trong quang phi tuyến và có liên quan đến các kỹ thuật được xây dựng dựa trên việc nghiên cứu chúng là điểm khởi đầu tốt để nghiên cứu về các quá trình phi tuyến khác.