

# 光子学——一个新兴的前沿科学

田 杨 萌

(河北科技大学物理教研室 050054)

近年来,随着现代科学技术的飞速发展,一个新兴的前沿学科——光子学(Photonics)崛起。它继电子学之后,将科学技术的发展由“电子”推上“光子”的新台阶,正在为我们开辟出另一个新时代——光子时代。

## 一、光子学的内涵

光子学的概念是在1970年由荷兰L.J. Poldervaat教授在美国丹佛召开的第九届国际高速摄影会议教育小组的讨论会上提出的,并定义光子学是“研究以光子作为信息载体的科学”。后来,他又认为“光子不仅是信息载体,也是能量载体。”其后,相继出现不少类似的定义。例如,美国《光谱》杂志定义光子学是一门“产生和利用以光子为量子单位的光或其他辐射形式能量的技术,光子的应用范围从能量产生到通信与信息处理”。贝尔实验室的鲁斯教授为光子学作了一个颇为广义的定义,他认为应与电子学类比,“电子学是关于电子的科学”,光子学则应是“关于光子的科学”。钱学森教授认为“光子学是研究光子的产生、运动和转化的科学”。并在70年代后期就明确提出了“光子学、光子技术、光子工业”的构想。龚祖同教授也于中国光学学会成立大会上,发表了“光子结构”一文,提出了光子结构的光微子模型。

1994年,我国一些科学家聚会于北京,在香山召开了以光子学为主题的第23次香山科学会议,对光子学的有关问题展开了热烈的讨论,并在许多方面取得了共识。关于光子学定义、内涵及研究范围,较一致的见解是:广义地讲,光子学是关于光子及其应用的科学。理论上它主要研究光子的量子特性及其在与物质(包括与分子、原子、电子以及与光子自身)的相互作用中出现的各类效应及其规律;表现在应用方面,它的内容主要包括对光子的产生、传

输、控制与探测规律的研究。

光子学具有极强的应用性,并由此而形成了一系列的光子技术,如光子发生技术、光子调制与开关技术、光子存储技术、光子探测技术等。信息科学是光子学的重大应用领域,光子学将继电子学之后成为信息科学的另一个重要支柱。光子作为信息载体具有以电子作为信息载体所不可比拟的优越性,因此光子技术将是今后信息时代发展的主要动力。相对于今天的电子时代而言,人们自然认为,下一个世纪将是光子的时代。

## 二、光子学的发展

光子学的发展要追溯到19世纪后半叶,而它的提出是70年代初期,关于光子学的内涵讨论的第一个高潮是80年代上半期,之后,开始引起科学界的注意,而进入90年代以后,才引起各国科学家的重视。从19世纪后半叶开始算起,光子学的发展历经了许多主要的发展过程:

1865年,麦克斯韦经典电磁理论的创立,指明光是一种电磁波;

1900年,普朗克从黑体辐射的研究中提出了辐射能的量子理论;

1905年,爱因斯坦提出了光子的概念。在普朗克量子假说的基础上,进一步提出了关于光的本性的光子假说;

1913年,爱因斯坦为解释黑体辐射定律,提出了关于光的发射与吸收可经由受激吸收、受激辐射与自发辐射三种基本过程的假设。但在这之后有关光子器件,特别是受激辐射的研究并未引起人们的重视,也没取得重大进展。直到1960年诞生了第一台红宝石激光器,由于激光的一系列特点,使得激光应用发展很快,随之而出现了一系列相关的科学分支,这才使得

以光子为主体的光子学走上了快速发展的道路。

但光子学概念是1970年由荷兰L. J. Poldervaart教授提出的,光子学的概念提出之后在世界各国科学家中引起了一系列的连锁反应,许多学术团体、刊物和学术会议纷纷改名,许多国家开始加强对光子学的研究。

1973年,法国率先召开了国际光子学会议。同年,荷兰将原来的“摄影、光化学、光物理学会”合并组成“光子学会”;

1978年,国际高速摄影会议从第13届国际会议开始,更名为“国际高速摄影与光子学会议”;同年,在法国成立了欧洲光子学协会;次年美国成立了光子学委员会;

1982年,美国《光谱》杂志更名为《光子学集锦》;

1989年,美国出版期刊《光子技术快报》;

1990年,美国光学学会会刊《光学新闻》改名为《光学与光子学新闻》;

1992年,“国际非线性会议”更名为“国际非线性光子学会议”;

1994年10月在美国得克萨斯州达拉斯城召开的“94美国光学学会年会”上,把光子学作为整个光学领域六大部分(信息处理、光学科学、光学技术、光子学、量子电子学、视觉和医学光学)之一。

近年来,美国、日本、前苏联以及欧洲各国对光子学的发展极为重视,建立了各种研究机构,投入大量人力、财力。在美国,1991年政府将光子学列为国家发展的重点。德国在规划21世纪科技发展时,把光子学列为9项关键技术的第4项。在欧洲,近年来也相继建立了研究与开发光子学的联合机构。在日本,对发展光子学及其产业尤为重视,并已在光子学材料和器件的研究与开发上显示出优势,且对美国和欧洲构成威胁。

### 三、光子学的主要内容

光子学是研究以光子为信息载体和能量载体的一门应用基础性科学。其主要内容包括:光子基础理论、光子基础技术、光子应用技术等。

光子学的基础理论包括:量子电动力学、量子光学、导波光学、非线性光学、集成光学、纤维光学等。

光子学的基础技术包括:激光的产生、传输、放大、选模、调Q、锁模、调制、解调、滤波、偏转、倍频、变频、稳频等激光技术;光子材料及元器件、光电子材料及元器件技术;光集成技术;光纤技术等。

光子学的应用技术包括:光子作为信息载体的应用,如,光通信、信息处理、计算、存储、全息等;光子作为能量载体的应用,如,激光的工业加工、激光治疗、激光核聚变、激光武器等;光子在交叉学科中的应用,如激光化学、激光生物学等。

光子学已形成了一个庞大的专业和学科体系,并且还在继续发展和充实之中。

### 四、光子学的应用

光子学的应用范围非常广。光子技术已对许多自然科学和技术科学产生深刻的影响;光子作为能量载体,在激光加工、激光医疗等方面,已获得广泛应用,并具有了一定的产业规模;核材料受激发射 $\gamma$ 光子功率可达 $3 \times 10^{21} \text{W}$ ;激光引发核聚变有可能成为下一世纪的新能源;信息科学是光子学的重大应用领域,光子作为信息载体已成功地用于信息传输(光纤通信)和信息存储(光盘),并已形成可观的产业规模。以光子作为信息载体有着以电子作为信息载体所不可比拟的优点,光子学将继续电子学之后成为推动今后信息时代发展的主要动力。光信息处理的功能正在不断开发,特别是正在开发研制中的光子计算机,它所具有的潜在优点一旦变成现实,对未来信息领域的影响是深远的。人们已经认识到,通信与计算机研究及发展的未来属于光子学领域。

光子学作为一门新兴的科学,目前尚处于发展的初级阶段,作为以光子及其应用为研究对象的光子学还将任重而道远。光子学的发展关系到信息社会的进程,也关系到国防、科学、生产和生活的水平。光子学势必在21世纪得到更为迅速的发展。