

从光电子技术到光子技术

李 炘 琪

(保山师专物理系 云南 678000)

当前,人类正进入信息化和智能化时代。这是微电子技术、光电子技术、通信技术、计算机科学与技术、自动化、精密机械等应用性很强的科学技术综合发展的结果。在迈入信息化社会的进程中,光电子技术起着十分重要的作用。它是继微电子技术之后,近十几年来迅速发展的高新技术。它集中了固体物理、导波光学、材料科学、微细加工和半导体的科研成就,成为电子技术与光子技术的自然结合与扩展,是具有强烈应用背景的新兴交叉学科。它研究光波波段的电磁波($3 \times 10^{11} \sim 3 \times 10^{17}$ Hz,即波长 $10^{-3} \sim 10^{-9}$ m)与物质(主要是固体)内部电子相互作用的机制和由此产生的各种物理效应及特性,及运用这些效应来实现各种功能的光电子器件。光电子技术以光波(光子)为载体实现信息的获取、传输、存储、处理和显示(再现),它的发展得益于激光技术的迅猛发展。

一、激光科学技术

激光是一种受激发射光,由激光器产生;实质上是受激原子(分子)在相应频率外界光波的激励作用下实现受激量子跃迁辐射,并使此辐射光放大而产生。

生的。通俗地讲,过去的光源发光是自发的、无序的,原子的运动与发光是无规律可寻的。而激光是非自发且有序化进行的,将原子组织起来、协调一致地发光。自从 1960 年梅曼研制成功第一台红宝石激光器以来,短短 40 多年的时间,激光技术已经引起科学技术及社会的巨大变革。

1. 激光的优点 ① 具有特定的单一波长——单色性好;② 光的发散角小($\sim 1^\circ$)——方向性好;③ 光的能量密度大——亮度高;④ 光的谱线很窄——干涉性好;⑤ 光的偏振性好(一致)。

2. 激光器的类型 分为固体、气体、液体和半导体激光器 4 类。而 1999 年 3 月 24 日,《中国时报》报道了美国科学家利用低温下的低速原子研制成一种原子激光器,可以向任意方向发射。原子激光的出现,使得在芯片上精确排列原子成为可能,将使未来的计算机芯片电路只有现在的 10% 大小。

原子激光是将玻色-爱因斯坦凝聚(玻色-爱因斯坦凝聚是物质存在的一种特殊状态,它是继固态、液态、气态、等离子态之后的第五种物质存在方式,具有许多奇异的光学、热学、力学和电磁学等物

从图 5 可见,当缝光源 S 上、下移动,而保持实验装置的其他参数不变时,干涉花样将在屏上整体向相反方向平行移动,其中央明纹中心的位置与(9)式符合。

5. 改变双缝的相对宽度对条纹可见度的影响

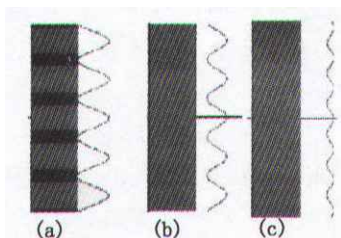


图 6

图 6 显示了改变双缝透光部分的相对缝宽,对干涉花样对比度的影响。图中既给出了干涉条纹对比度的变化,也准确地给出了光强分布曲线。例如(a)中, $a_1 = a_2$,因而对比度 $V = 1$,暗纹全暗,明暗分

明;(b)中, $a_1 > a_2$,因而 $V < 1$,明纹光强下降,暗纹并不全暗,对比度降低了,光强分布曲线峰谷值的差减小了;(c)中,表示了双缝中一条缝的透光缝宽大大地大于另一条缝宽度的情况,其明、暗条纹变得几乎不能分辨,光强分布曲线峰谷值之间的差已经非常小了。

以上是用计算机辅助进行光的双缝干涉实验教学的尝试。该软件利用高级语言中的图形函数作图功能,精确绘制演示图形,以模拟实际的物理现象。利用计算机丰富的图形色彩修饰功能,可以真实再现光学现象的本来面目。软件具有人机交互功能,能模拟各种物理量的实际变化,可以帮助学生定性地总结物理规律,提高学习兴趣。如果辅以光电测量装置,还能够模拟测量,定量地总结物理规律。该软件已在 Visual Basic 6.0 中运行通过,并已应用于教学实践。

理特性)体中的原子相干耦合输出,得到的一种性能全新的相干物质波源。相干性、量子性、波动性是原子激光的主要特征,同时它具有高亮度、单色性、高准直等特点。2001年的诺贝尔物理学奖就授予了玻色-爱因斯坦凝聚态方面的研究者。

3. 激光的应用 由于激光具有如此多的优点,因此几十年来激光在人类生产生活的各个领域得到广泛应用,如激光通讯(高速信息公路),激光储存(光盘等),激光材料加工——打孔、切割、焊接,激光材料表面热处理、表面材料改性(变硬、耐磨、抗腐蚀等),激光准直、测距(超高层建筑准直,大型发电机组安装,大地测量),激光计量、检测(长度标准、时间、频率标准中的激励源,激光相干测量技术),激光针灸、理疗、诊断、医疗(手术刀、内窥镜),激光生物技术(激光基因工程、激光细胞工程、激光催陈技术、激光提取技术、激光育种等),激光同位素分离(铀235),激光热核聚变,激光全息(防伪标志、艺术品),军事方面应用(激光跟踪制导,激光预警雷达,激光引信(激光点火),激光拦截导弹武器,激光模拟武器、致盲武器、死光武器等)。激光几乎成了万能之光,激光是20世纪人类高科技的一座丰碑。

4. 激光技术的发展趋势 ① 研制大功率、大能量激光器;② 向短脉冲方向发展;③ 大量开发激光光学产品。

5. 目前研究的主要课题 ① 激光同位素分离;② 新一代计算机——光学计算机;③ 光纤通信技术。

二、信息光电子技术

利用光波来传输和处理信息有许多十分明显的、重要的优点:① 光波的频率高($3 \times 10^{11} \sim 3 \times 10^{17}$ Hz),因此可使用的频带宽,可携带的信息量大;② 光的传播速度快,可以大大提高信息处理的速度;③ 光可以同时并行处理信息,特别是图像信息,比串行处理速度提高了50倍;④ 光波波长很短,可以聚焦成很小的光斑,因而存储的信息密度就可以很大;⑤ 光子是电中性的,相互之间没有作用,也不受外界电磁场的干扰,因此用光传输、处理信息抗干扰性强,保密性好;⑥ 光的幅度、相位、偏振都可以调制,这给信息的获取、调制、检测提供了很多方便。

20世纪六七十年代几个关键的重大技术突破:① 异质结(两种不同半导体材料构成的P-N结,体积小、效应高)半导体激光器的研制成功;② 激光传输低损耗介质——光导纤维的获得;③ 60年代末,

液晶显示器、电荷耦合器件(CCD器件)以及半导体发光二极管的研制成功为光信息显示(再现)技术开辟了新的天地,为信息光电子技术的发展起了非常重要的作用。

1. 光信息的获取——光纤传感器

传统的方法是利用声光、电光、磁光等效应制做传感器,这是一般所说的传统传感器。光纤传感器是将被测对象的状态转换成光信号进行检测的光学传感器。

2. 光信息的存储——光盘

光盘可分为一次性永久存储、多次读出,多次存储、多次读出(可擦除)两大类。

光盘存储和读出信息的优点:① 表面存储密度很高,可达 $10^8 \sim 10^9$ b/cm²,存储信息容量达600Mb;② 在存储和读出信息过程中,载体和读出头之间没有机械接触,所以保真性好,没有磨损,寿命长、可靠性好、误码率低;③ 接入信号时间短(~ 0.1 秒);④ 可以多次平行处理信息,速度达几百兆比特/秒。

3. 光信息的传输——光纤通信

光波可用于通信,但是光波易受到大气条件的严重影响,例如易因细雨、烟雾、灰尘和空气湍流的作用而变弱,所以要实现光通信,必须找到新的传输媒介。1964年,正在英国标准电信实验室工作的生于上海的华人高锟博士,首先提出并证明利用玻璃纤维可以实现远距离光通信。1976年美国在波士顿和华盛顿之间铺设了第一条光纤通信线路,全长1200km,传输速率为44兆比特/秒。当时的世界第一根光纤仅可供两人通话,而现在世界上最先进的“波分复用”技术,已能使上亿人通过一对光纤实现同时通话。

大规模光纤用户网络方案:① 光纤到路边,然后用铜线连接到住宅的支线;② 光纤到商业用户,然后用双绞线连接到用户;③ 光纤到家庭,这是光纤用户网的最终的远期方案。这些就是“信息高速公路”建设的基础。

4. 光信息处理——光计算、光互连

电子计算机处理芯片之间的光互连可以大大提高计算机的速度。而全光计算机是正在探索阶段的高技术课题。它的体系结构、运算规则及基础元器件的研究工作和难度很大。从光电子技术的角度讲要抓紧光学双稳态器件、光开关、空间光调制器、各种光逻辑门器件的研究,为全光计算机的研制打好基础。串行电子计算机的极限计算速度是 10^{10} 次/

秒,而目前串行光子计算机的计算速度已达到 10^{10} 次/秒。若利用光的并行处理、互连能力及窄脉冲 (10^{-15} 秒)、速度快、有大载频能力等优点,可克服电子计算机的瓶颈效应和时钟效应,有望获得 10^{14} 次/秒计算速度的光子计算机和 100Gb 的传输能力。

5. 光信息的显示

商业用广告的光学显示牌和电视机是人们早已熟知的光信息显示装置。而对光电子技术有着重要影响的光显元件则是液晶显示器、电荷耦合器、半导体发光二极管。据报道,新近研制成功的纳米硅显像管,是最先进、最优异的光显示器件。

三、迎接光子技术的到来

人们早已预言,21 世纪是光电子信息时代,甚至说是光子信息时代。发展光电子技术既是紧迫的任务,也是良好的机遇,由于其技术思路非常广阔,需要发展的领域、学科点有很多。科学界预测,以光电子信息技术为主导的信息产业将成为 21 世纪的最大产业,到 2010 年,将形成 5 万亿美元的产业规模。光电子技术将继续微电子技术之后再次推动人类科学技术的革命和进步。

20 世纪的信息技术主要依托于通讯、计算机(实际是建立在微电子学、光电子学基础上的),而 21 世纪的信息技术将依托于光子技术。信息技术的基础是电子技术、光子技术和材料科学,其中电子技术已发展得比较成熟,材料技术又是前二者的依托和服务者,只有光子技术是新兴、且又特别需要发展的技术,故重视信息技术必要发展光子技术。

现在制成的光子器件线度已小于集成电路中的电子器件,出现了一批如自聚焦微透镜阵列、光纤面板、微通道板、光互连用微小光学阵列器等微光子器件。最受人们关注的是光子集成器件(PIC),它将有源光电子器件(如半导体激光器、光放大器、光探测器)与光波导器件(分/合波器、耦合器、滤波器、调制器、光开关)构成单片全光功能器件,改变了光电子器件中有源器件与无源器件分别集成后用光纤连接的状况。因此我们可以预言,多种功能的光子集成器件研制成功并实现稳定批量生产之日,就是步入光子信息时代之时。

四、全光通信将成现实

迄今为止,光通信系统都是由光源、光端机、光缆和大量电子器件组成的混合系统,即“光电系统”。在这种系统中,信息仍需先转变为电信号,然后由转换器将电信号转换为光信号,通过光缆传输到接收

端,再把光信号转变为电信号,还原成为原来的信息。由于光电信号反复转换,难免因混进杂音而影响信息传输质量;而且,光传输信息的优势也未能完全发挥出来。因此“去掉”电子器件,实现完全由光学器件组成的“全光通信”,就成了通信专家奋斗的目标。

最有可能率先走向实用化的全光通信方式是相干光通信,即采用相干光作为信息载体。由于激光的相干性好,光接收机的灵敏度高、选择性好,所以用相干光通信能大大延长线路的中继距离,明显提高传输容量。因而近年来,发达国家相干光通信技术发展很快。

光孤立子通信是高速率、远距离全光通信的最佳选择之一,关键技术已获突破,正在走向实用化。光孤立子波是一种特殊形态的波,它仅有一个波峰,波长为无限,在很长的传输距离内可保持波形不变,因而信号稳定、清晰,不需要在光纤线路中加装电子放大器,便于实现全光通信。光孤立子通信现已接近实用化阶段。

全光纤通信是由激光器、光调制器、光探测器和传输光纤组成的一体化全光通信方式。它具有容量大、频带宽、效益高等优点,并可从根本上改变了现有通信方式中光电器件和光纤耦合所带来的损耗和不便。

在集成光路和非线性光学基础上发展起来的全光集成通信是第四种全光通信方式。这种方式是用集成光路代替集成电路,信息完全由光学器件和光学方式传输,能充分发挥光传输速率快、并行度高、可三维自由互联的优势,使传输容量和速率均能大大提高。

