

迅速发展中的电子及光电子材料

刘宇虹 田勇军

(河南中原油田 濮阳 457001)

通讯、计算机和控制技术统称为信息技术,电子材料和光电子材料是现代信息技术发展的基础,它们是信息的获取、传输、存储、显示及处理和运算的各种材料。以电子为媒介而传递信息,因为电子的传输速度受其质量(静止质量 $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ 千克)影响,有一定限度,所以,随着对信息传输容量和速度的要求不断提高,而光子作为更高频率和速度的信息载体就被应用,从而又出现了与电子技术、微电子技术交叉发展的光电子技术。

一、电子材料

电子材料包括半导体材料、介电材料、压电及铁电材料、磁性材料及某些金属材料、高分子材料及其他相关材料等,这里半导体材料尤其重要。

1948年发明了半导体材料的晶体管,使电子设备向小型化、轻量化、省能化发展,从而渐渐代替了电子管(晶体管的耗能仅为电子管的百万分之一。1958年出现了集成电路,它的发展带来了电子计算机的小型化,使人类进入了信息时代的新领域。制造集成电路的主要材料之一是硅单晶,其特征是强度高、结晶性好、成本低,可以拉出大尺寸的硅单晶,自然界中储量丰富。硅材料是大规模集成电路的基石。继硅之后第二种最重要的半导体材料是砷化镓。与硅相比,砷化镓具有更高的禁带宽度,因而可用于更高的工作温度。又由于与硅相比砷化镓具有更高的电子迁移率,所以可以用于要求更高的频率

使得这种原子能级跃迁装置,非常可靠。1967年第13届国际计量大会正式定义“秒”为:秒是铯-133原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应辐射的919261770个周期的持续时间。这一定义复现方便,所达到的准确度为 3×10^{-13} ,是目前各基本单位中,准确度最高的单位。

目前的国际单位制中质量单位是不能令人满意的,必须改变质量单位定义的实物基准,而采用自然界的不变量来直接或间接地定义。其他几个基本单

和更高的开关速度,从而成为制造高速计算机的关键材料。由于砷化镓的重要光电特性,可用于制造激光光源,这是实现光纤通信的关键。砷化镓材料正在不断发展中。

近来,在高真空条件下,采用分子束外延(MBE)、化学气相沉积(CVD)、液相外延(LPE)、金属有机化学气相沉积(MOCVD)、化学束外延等方法,在晶体衬底上一层叠一层地生长出不同材料的薄膜来,每层只有几个原子层厚,这样生长出来的材料叫超晶格。超晶格物理也称低维物理,它是研究低维(小于3维)电子系统的。它的电子态和各种相互作用过程与3维固体有着明显的不同,它可在原子尺度上对半导体的组分、掺杂进行人工设计,出现一般半导体根本不存在的物理现象,从而将固体电子器件应用推向一个新途径。微电子材料中微结构器件有可能导致电子工业的革命。维结构是人们利用现代技术制造一种微小的“盒子”使电子在1维、2维或3维空间受到约束的系统,其中至少1维尺度与电子波波长相当,必须用量子力学去描述电子态。一些科学家预计,下一代电子器件有可能被微结构器件替代。

二、光电子材料

1960年第一台红宝石激光器的出现,使光电子技术进入一个新领域。由于激光具有优良的方向性、相干性、单色性和储能性。有的激光光源的亮度

位也与米、秒的定义类似,已经进行了不变量定义。

基本单位定义的变迁,既反映了物理学发展对计量学的推动作用,也反映了计量学发展对物理学的反作用。计量学发展的目标是不断探索新的不变量作为基本单位的定义,并在保持量值一致的前提下,完善复现方法,提高复现的准确度,用相应的确定频率值和基本常数为基础来定义新的国际单位制体系,这是现代物理学和计量学发展的必然趋势。

比太阳表面的亮度高 10^{10} 倍,有的激光器能产生 10^{12} 瓦的峰值功率。激光能把能量在空间和时间上高度集中起来,使激光具有很大威力,例如功率较大的脉冲激光器发出的激光能在透镜焦点附近产生几千乃至几万度的高温,足以熔化以至汽化各种金属及非金属材料。产生激光的基质晶体和对激光束进行调制的非线性光学材料及激光在通信、光计算、激光医疗、激光印刷、激光影视、激光仪器、激光受控热核反应、激光分离同位素、激光制导等方面的应用,使光电子技术迅速发展起来。因此,探索与发展新型光电子材料,制作高性能、小型化、集成化的光电子器件,已成为光电子科技领域的前沿。其中光电子信息材料是光电子技术的基础和先导。这里有光源和信息获取材料、信息传输材料、信息存储材料以及信息处理和运算材料等。其中主要是各类光电子半导体材料、光纤和薄膜材料,各种液晶显示材料和电色材料、新型相变和光色存储材料、光子选通材料、光致折变材料、新型非线性光学晶体材料等。

目前激光技术也处于重要的发展阶段,在日新月异的激光技术中固态激光器(包括固体激光器和半导体激光器)以其体积小、重量轻、可靠性好和寿命长等优点,成为新激光技术发展的热点。特别是半导体激光器,因其体积小、可靠性高、价格低、成本极微、光束质量好等优点,是目前使用最广的激光器。日本 Nichia 公司研制的掺氮单模激光器可产生 2mW 的蓝光 450nm 输出,且其寿命超过 1 万小时,它也可产生很好适用于光学存贮的 400nm 波长输出,目前日、美一些著名公司和大学在这方面的研制迅速发展,其开发目标是增加波长范围,从近紫外直至蓝绿光的可见光谱。传统的 AlGaAs 半导体激光器材料,增加铝的浓度,可产生更短的波长输出,但氧化铝也限制了器件的寿命,目前采用分子束外延技术制造的 InGaAsP 半导体激光器,可发射 780~1000nm 范围内任何波长的激光。

光纤激光器是结构紧凑、高可靠性、可变的全固态激光系统。光纤激光系统的一个重要特点是超快应用提高饱和能量和大的带宽。多数超快激光应用需要光波长在 800nm 左右的脉冲光源。美国斯坦福大学实验室使用了一种叫做周期极化锂铌的非线性光学材料,可以起到啁啾脉冲放大和输出波长倍频的双重作用。光纤激光器的大规模集成和微型化的实现,使整个超快光学领域大大受益。

三、超导材料

13卷1期(总73期)

我们把超导材料也作为电子材料的特例。超导现象是在 1911 年荷兰科学家发现的。当温度接近绝对零度时一些物质(例如水银)的电阻完全消失,这就是超导现象。以往研究的是低温超导材料,这里主要是多种金属合金,如铌锆合金、铌钛合金、铌锡合金、钒镓合金、铌锆合金等。这种材料主要应用在强磁体,如核磁共振、磁悬浮火车和加速器等。1986 年瑞士科学家获取了 -243°C 的超导转变温度,从而掀起了高温超导的研究热潮。中国科学院首次在世界上公布了钡-铋-铜-氧体系,处于世界的先进水平。并在提高材料的载流能力和制造高质量的超导薄膜方面,在量子干涉器件的制作及其在地磁测量技术的应用方面,在高温超导体粉料的制备以及发展金属、有机化学气相沉积制膜技术方面,在确定高温超导材料的晶体结构以及铋系、铌系材料的系统研究方面,都作出了较大的贡献。目前,高温超导材料正在朝着强电应用、电子学应用(弱电应用)和抗磁性应用 3 个方向发展,高 T_c (临界温度)研究仍是竞争的焦点。超导材料造福于人类已经展现着光明的前景。

四、纳米固体材料

纳米($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$)科技是研究以 0.1~100 纳米尺度的材料为对象的。其中纳米电子学使包括微电子在内的微米科技到纳米科技,向着微观世界深入,被誉为 21 世纪最有前途的材料。在纳米材料中碳纳米管、碳纳米纤维一直是近年来国际科学的前沿。5 万个纳米管排列起来仅有人头发丝宽,但它的韧性极高、兼具金属性和半导体性、强度是钢的 100 倍、比重只有钢的 1/6。

纳米固体是将粒度为纳米量级的颗粒在保持新鲜表面的情况下压制制成固体材料,或用沉积的方法制成薄膜。由于其颗粒具有量子尺度,所以它的原子排列与晶体和非晶体都不同,是固体物质的一种新的态。其强度、硬度、韧性、导电性都非常高。由于纳米固体中的量子隧道效应,使电子输运反常,某些合金的电导率、导热系数发生极大变化,这些特异性能成了超大规模集成电路(VLSL)器件的设计基础。用碳纳米管做成了原子力显微镜(AFM)的扫描探针,精度可达分子水平。碳纳米材料尚有高的储氢性能,可做成燃料电池驱动汽车,碳纳米管必将代替硅芯片而引发计算机的革命。我国科学家最近用新方法快速合成出大量高质量的碳纳米纤维和单壁碳纳米管,在这个方面一举跃上世界先进水平。