

半导体材料的发展现状分析

董永幸

中国电子系统工程第二建设有限公司 江苏无锡 214000

摘要: 我国工业发展离不开电子技术的支持,而半导体材料则是现代电子技术产业中十分重要的产品之一,在各种先进技术的支持下,半导体材料也逐渐朝着高集成度、小尺寸的方向发展,它的重要性也日益突出。本文主要介绍了半导体材料的发展背景、特点和现状,并对其未来的发展趋势进行了思考与分析,希望能够给相关的工作人员提供一些参考信息。

关键词: 半导体材料; 发展现状

Analysis of the development status of semiconductor materials

Dong Yongxing

China Electronic System Engineering Second Construction Co., LTD., Wuxi, Jiangsu 214000

Abstract: The industrial development of our country cannot do without the support of electronic technology, and semiconductor material is one of the most important products in modern electronic technology industry. Under the support of various advanced technologies, semiconductor materials also gradually develop in the direction of high integration and small size, and its importance is becoming increasingly prominent. This paper mainly introduces the development background, characteristics and current situation of semiconductor materials, and its future development trend is thought and analyzed, hoping to provide some reference information for the relevant staff.

Keywords: Semiconductor materials; Development status

引言

经过加工后的半导体材料在很多领域中都有所应用,例如电子管、晶体管以及计算机技术等。为了更好的发挥出半导体材料的作用,促进我国的经济的发展,技术人员要全面了解半导体材料的应用现状,对其未来发展趋势进行研究,帮助各个行业在今后的发展中,更合理的应用半导体材料。

1 半导体材料的发展背景与特点

近几年半导体材料在不同领域中的应用越来越普遍,对于技术创新和发展而言也起到了非常重要的作用。当前应用比较广泛的半导体材料大多数都介于金属元素和非金属元素之间,从而导致其具有十分独特的特点,在实际应用中也非常复杂。相比于单元素半导体而言,化合物半导体材料的应用优势更加突出,能耗低、速度快而且功能也多,因此更加受到技术人员的喜爱。

虽然各个行业的发展需要半导体材料的支持,但是实际上半导体材料的发展才短短几十年^[1]。电子技术研发初期半导体材料的开发并不成功,其中锗是制造半导体材料中的第一个元素,但是由于其化学性质过于活泼,因此在使用期间容易生成氧化锗,从而降低锗的电导率,不利于电子科技的发展,因此第一代半导体材料主要是以硅和锗为代表。后期随着红外光学技术的不断发展,锗被引用于红外光学领域的半导体材料中,在太阳能电池中得到了普遍应用。后续电子

科学技术不断发展,第二代和第三代半导体材料也不断发展起来,尤其是第三代材料,主要代表有氮化镓、碳化硅和氧化镓等,它们的特点和应用范围都有很大差异,为我国电子技术的可持续发展做出了很多贡献。

2 半导体材料的发展现状

2.1 半导体硅材料

硅作为半导体材料的代表之一,凭借其自身优异的电学特性和成熟的加工工艺,已经成为了当代信息产业中最重要的材料之一。硅的晶体结构为钻石晶体,虽然比较硬而且脆性大,但是具有非常好的化学稳定性和高压强度,同时还具有很好的导电性和半导体性质。

硅材料的加工和制备过程十分复杂,主要包括选择原材料、精炼以及单晶生长等环节,其中选择原材料最为简单,一般是使用高纯度的石英砂,但是其他过程就相对比较复杂。例如单晶生长的工作原理是在高温高压的前提下,将硅熔体拉成一定长度的单晶棒,然后再进行切片和打磨,使其成为成品硅片。

以 8 英寸和 12 英寸的硅片为例,8 英寸硅片在微机电系统、硅上化合物半导体等领域的优势更加突出,尤其是新应用场景特色芯片会先出现在 8 英寸芯片上,然后再逐渐向 12 英寸芯片上转移。12 英寸硅片则主要应用于 90 纳米以下的半导体制程范围,多用于存储器或逻辑电路等集成度较高

的芯片上,例如智能手机、计算机等领域。

半导体材料虽然经历了三代变化,但是相比于其他材料而言,硅材料更加容易制备出晶体结构较完整,而且容易控制的芯片,因此目前 90%以上的芯片基本上都是硅材料,这也奠定了其无可替代的行业地位。但是硅材料在使用中也存在一定的局限性,它无法满足高功率、高频率等特性,没有发光性能,而第二代、第三代材料在此方面却有很大优势。

近年来,我国国内半导体硅片行业在设计、制造和封装方面的发展更加迅速,尤其是在政策的扶持与鼓励下,国内材料的采购量不断提升。与此同时,国内硅材料的制造业发展也十分迅速,例如 8 英寸的硅片生产所用到的设备和材料均已经全面实现国产化,而 12 英寸的硅片生产单晶炉和研磨机等,也逐渐开展国产化应用。在制造设备与原材料不断朝着国产化的方向发展,国内把半导体硅片产业的制造成本也可能会逐渐下降,不断提升企业的市场竞争力,从而获得更多的市场份额。

但是由于 12 英寸硅片的投资较大,产品验证周期较长,对于企业而言所面临的压力较大,甚至存在长期亏损的风险。此时为了促进半导体硅片的稳步发展,还是要加速国产半导体硅片进入市场的速度,解决产生发展与创新的资金需求,彻底解决我国半导体硅片受制于人的局面。

2.2 半导体砷化镓单晶材料

砷化镓是一种比较重要的化合物半导体材料,其外观呈现出亮灰色,具有一定的金属光泽,性脆而且硬,常温状态下比较稳定。天然存在的砷化镓数量比较少,因此一般采用的都是镓和砷直接化合的方法,通过区域提纯就能够获得单晶。

与硅材料相比,砷化镓具有更高的电子迁移率和宽禁带结构,即在同样的情况下,它传导电流的速度更快,因此在卫星数据传输和 GPS 全球导航领域中都起着非常关键的作用。

砷化镓外延材料的制备主要是通过气相沉积或液相沉积等方法,使砷、镓或其他衍生物在其他材料为衬底的表面上生长出砷化镓或其他材料的单晶薄膜^[2]。外延材料既可以是单层结构,也可以是多层结构,其中气相外延法是通过气相输运与气相反应从而实现薄膜的生长,例如氯化物法和氢化物法生长砷化镓的外延层。而液相外延法则是在一定温度下的砷化镓饱和溶液中,利用降温的方法使其变成过饱和溶液,从而在砷化镓的衬底上生长出砷化镓薄膜。

砷化镓的用途主要体现在以下三个方面:

2.2.1 射频器件,砷化镓是制作射频功率放大器的主要

衬底材料之一,尤其是在 4G 基站建设之后,对于砷化镓衬底的需求量就不断上升。而在进入 5G 时代后,对于频率和传输速度提出了更高的要求,此时由砷化镓衬底而制作出的射频器更是非常适合长距离的高频电路中。在此背景下,收集射频器件的成本不断增加,一般情况下,一步手机的射频芯片占整个线路面板的 40%左右,随着智能手机更新换代的速度不断加快,射频芯片也会迎来一波高峰。

2.2.2 在 LED 中的引用,LED 主要由砷化镓和氮化镓等化合物半导体所组成,能够将电能转化成为光能,不同材料所制造出的 LED 则会发出不同颜色和波长的光。在 LED 照明应用数量不断提高的同时,常规的 LED 芯片和器件价格也出现了下滑,其中常规的 LED 芯片尺寸为毫米级别,因此对于砷化镓衬底技术的要求比较低,属于低端需求。

2.2.3 在激光器中的应用,激光器是在使用受激辐射方式时产生可见或不可见光的一种器件,结构十分复杂,技术壁垒较高,主要由光学材料和元器件所组成。将砷化镓应用其中,主要由于其电子迁移率较高,而且光电性能好,所制作出的红外激光器能耗更低,而且具有高击穿电压等特点,在人工智能和无人驾驶等领域的应用更加普遍。

目前,我国涉及到半导体激光行业的企业相对还是比较少,而且始终专注于半导体激光芯片研发和制造,不断创新优化生产工艺,建设生产线,为我国科技水平的发展提供了技术支持与保障。

2.2.4 半导体氮化镓材料

氮化镓是三代半导体材料的代表,具有高频、高功率等优越的性能,符合我国节能减排、信息安全管理等重大战略需求,同时还是支撑新能源汽车和高速轨道列车等领域的核心材料之一,目前已经成为全球半导体材料竞争中的焦点。

与其他半导体相类似,氮化镓的生产环节也主要分为衬底、外延等环节,但是其生产研究过程更加缓慢,遇到的问题也更多,尤其是在衬底和外延环节^[3]。单独分析材料性质而言,氮化镓在高温状态下不会分解,因此无法使用传统的工艺拉出单晶,需要依靠气体反应进行合成,但是由于氮气性质比较稳定,而镓又属于非常稀有的金属,因此两者反应的技术非常复杂,产能极低,而且速度慢,副产物较多。

氮化镓作为功率器件,比硅材料的转换效率更高,其中禁带宽度为硅的 3 倍,临界击穿电场为硅的 10 倍,在同等额定电压下,它的导通电阻比硅器件低 1000 倍左右,能够大大降低开关的导通损耗。除此之外,氮化镓的似功率器件工作频率也非常高,超出硅器件的 20 倍,甚至可以在高频段工作时,能够将整个电路开关的工作频率从之前的 5 到 6

万赫兹提高到 20 到 50 万赫兹以上,在工作频率提高之后,就能大幅度缩小变压器的体积,提高功率密度,使散热效果更加理想,甚至有些产品可以不需要使用散热器。

氮化镓的应用主要包括光电器件、功率器和射频器件,例如光电领域中的 Mini LED 显示屏等,都属于发展比较稳定的器件。其中蓝色发光器件在高密度光盘的信息存取和激光打印机等领域有着巨大的市场,而且随着研究的深入,氮化镓超高度蓝光和绿光 LED 是技术已经完全实现了商品化,各个企业和机构也都加入了竞争当中。射频器主要是指充电器,与其他充电器相比,氮化镓充电器的优势就是体积小,而且充电速度快,但是造价成本却非常高。对于消费者而言,体积小以及充电速度快这一优势虽然得到了人们的青睐,但是在单独购买方面受到价位的限制,所有销量不是特别好,还需要继续研究,如果成本能够有所降低,则市场需求也是非常客观的。在射频器件中的应用主要包括卫星通信和军事等领域,其中 5G 通信中所使用的就是氮化镓功率放射器和微波射频器件,具有耐高压、耐高温等优势,此时氮化镓的发展会更加迅速。

氮化镓作为第三代半导体材料,发展较晚,渗透率较低,根据当前数据表明,其渗透率仅为 0.2%左右,因此具有较好的发展规模和前景。目前其国产化发展趋势主要以 IDM 模式为主,但是在设计与制造环节出现了分工,对于氮化镓企业而言,市场份额以及技术水平仍然比较落后,需要加大研究力度^[4]。但是有的企业已经建立了首条产能最大的 8 英寸 GaN-on-Si 晶圆量产线,而且产能已经达到每月 1 万片,还有逐渐扩大的趋势;还有的企业在氮化镓射频领域已经开始进行其外延材料的开发与研究,为整个产业化发展奠定基础。

3 关于半导体材料未来发展的思考

3.1 加大硅材料的开发力度

硅作为重要的半导体材料之一,也是当前电子产品的主要原材料之一,虽然其产量比较丰富,但是由于需求量较大,因此还需要不断提高其开发能力和研究力度,才能更加符合我国科学技术的发展要求。目前我国在半导体材料发展中与发达国家之间还是存在一定的差距,而且面临着高品质硅石短缺以及产业升级困难等问题。为了提高我国现代化技术水平,就要大力发展硅材料的高质量持续供应,同时积极引进各种硅晶体开采厂,建立硅晶体开采基地,积极培养开采人

才,为硅材料的研发奠定基础。

3.2 大力发展超晶体材料

超晶体主要是指为光电子和微电子的发展而设计的光子晶体,对于国家而言,积极发展超晶体能够为其进入到一个新时代而提供发展动力,因此超晶体的研究与应用需要得到相关部门的大力支持^[5]。我国也必须重视其基础研究,并积极引进各种现代化技术和设备,不断完善与优化电子光学技术。

3.3 封锁之下半导体材料的发展方向

近几年国外对于我国半导体材料与设备的封锁行为日益严重,因此国内半导体设备的自主化程度也受到了社会各界人士的关注。在此背景下,我国半导体材料的国产替代率持续上升,甚至有的半导体设备与材料的国产率已经高达 90%以上。虽然国内半导体设备基本上已经摆脱了受制于人的状态,但是仍然缺乏成套设备的供应,精度也达不到标准,还是无法进入高端芯片生产线。尤其是在光刻机等“卡脖子”的关键设备研发中,仍然没有特别明显的进展。因此在半导体材料与设备的发展中,还要将更多的人力和财力投入到光刻、砷化镓等方面的研究中,争取迎来更加迅速的成长。

结束语

现阶段,我国经济发展相对稳定,半导体材料在多年的发展中也具有较大规模,在电子科学技术中的应用优势也日益凸显,不仅能够带动相关行业的稳步发展,还能推动科学技术的不断前进。相关企业要根据当前半导体材料发展的实际情况,更加重视半导体材料的研究与开发,全面了解半导体材料的发展趋势,积极进行技术改革与产业创新,争取解决我国关于芯片方面的难题。

参考文献

- [1]王占国.半导体材料发展现状与趋势[J].世界科技研究与发展, 2020, 05: 51-56.
- [2]李占.半导体材料发展现状与趋势[J].世界科技研究与发展, 2019, 05: 51-56.
- [3]郝建群,高伟,赵璐冰,等.第 3 代半导体发展概述及我国的机遇、挑战与对策[J].新材料产业, 2019(11): 6-13.
- [4]缙伟.电子科学技术中的半导体材料发展趋势[J].计算机产品与流通, 2019(02):78-79.
- [5]孟鸿.有机半导体的分子设计及有机电子应用[J].光学与光电技术, 2019, 16 (1) : 1-5.