

## 氮化镓半导体材料6篇(全文)氮化镓半导体材料(精选 6 篇)

### 氮化镓半导体材料第1篇

#### 氮化镓半导体研究

##### 一 . 物理背景

自20世纪60年代, 发光二极管(Light Emitting Diode, LED)的发展非常迅速, 它具有体积小、耐冲击、寿命长、可靠度高与低电压低电流操作等优良的特性, 适用于在各种环境的使用, 而且符合未来环保节能的社会发展趋势。初期的以砷化镓(GaAs)、铝镓磷镓(AlGaInP)材料为基础之发光二极管, 实现了红光至黄绿光波段的电激发光。近年来, 以氮化镓(GaN)为代表的新一代半导体材料技术上

氮化镓半导体材料具有禁带宽度大、击穿电场高、电子饱和漂移速度高、介电常数小、抗辐射能力强和良好的化学稳定性等独特的特性, 在光显示、光存储、光探测等光电子器件和高温、高频大功率电子等微电子器件领域有广阔的应用前景, 其中最引人瞩目的是作为发光材料的应用, 由于氮化镓能与氮化铟(INN)和氮化铝(AlN)形成三元或四元化合物, 如此借着改变 III 族元素的比例, 便能使发光波长涵盖红外光到紫外光的范围, 另外将发蓝光的氮化镓基发光二极管配以可激发出黄绿光的荧光粉, 从而混合发出白光, 应用前景非常广泛, 除了应用于指示灯、灯饰、手电筒等普通市场, 氮化镓基发光二极管还应用于手机及手提电脑背光源、交通灯、户外全彩显示屏等

市场，但氮化镓基发光二极管最有前景的应用还是在普通照明市场。

## 二 . GaN 的应用

高效节能、长寿命的半导体照明产品正在引领照明业的绿色变革。随着第三代半导体材料氮化镓的突破和蓝、绿发光二极管的问世，世界各国纷纷投入巨资推出国家级半导体照明计划。

GaN 属宽禁带半导体，直接带隙 $3.4\text{eV}$ ，在长寿命、低能耗、短寿命半导体发光二极管(LED)、激光二极管(LD)、紫外探测器以及高温微电子器件等方面有广阔的应用前景，GaN 器件的广泛应用将预示着光电信息乃至光子信息时代的来临，因此，以 GaN 为代表的第三代半导体材料被誉为信息产业新的发动机。GaN 基半导体材料，包括 GaN、AlN 和 InN，都是直隙半导体材料，因而有很高的量子效率。用 GaN、AlN 和 InN 这三种材料按不同组份生成的固溶体，其禁带宽度可在 $0.7\text{eV}$  到  $6.2\text{eV}$  之间变化。这样，用这些固溶体制造发光器件，是光电集成材料和器件发展的方向，其主要应用领域包括：

(1)当前在国内外非常受人瞩目的半导体照明是一种新型的高效、节能和环保光源，将取代目前使用的大部分传统光源，被称为21世纪照明光源的革命，而GaN基高效率、高亮度发光二极管(LED)的研制是实现半导体照明的核心技术和基础。以 LED 为代表的半导体光源，具有节能、长寿命、免维护、环保等优点，目前已被广泛的应用于大屏幕平板显示和交通信号灯

以及显示指示灯，并逐渐向通用照明领域发展，目前实验室水平的白光LED发光强度已经达到131 lm/w。

(2)CD、DVD 的光存储密度与作为读写器件的半导体激光器的波长的平方成反比，目前流行的 CD、DVD 的激光读写头分别采用波长为780nm、650nm的 AlGaAs /AlGaInP材料，存储容量分别为700MB, 4.7GB。若用波长为410nm 的 InGaN/GaN 蓝光激光器代替，光盘的存储容量将高达27GB，将会成为光存储和处理的主流技术。

(3)适合制作紫外探测器件。当在强可见光和红外辐射背景中探测紫外信号时，要尽量避免或减少紫外信号以外的背景信号干扰。以GaN 做成的紫外探测器，克服了Si 探测器在紫外波段探测效率低、需要复杂的滤光系统等弱点。而氮化物特别是 AlGaN，可以制成日光盲紫外探测器，其截止波长为200.356nm。在这个范围的探测器可以用于火焰探测、燃烧诊断、光谱学和紫外监视，AlGaN 探测器还有重要的军事用途，可用于导弹制导和导弹预警防御系统。

(4)由于GaN 基材料有禁带宽度大、击穿电压高、电子饱和速率高、热稳定性好、抗腐蚀性强等优点，被广泛用于制作高电子迁移率晶体管、双极晶体管、场效应晶体管等微电子器件，适合在高温、大功率及恶劣环境下工作…11。高温、高频、高功率微波器件是无线通信、国防等领域急需的电子器件，如果目前使用的微波功率管的输出功率密度提高一个数量级，微波器件的工作温度提高到300℃，将解决航天航空用电子装备和民用移动通信系统的一系列难题。

### 三. GaN 的制备方法

#### 3.1

由于 GaN 体单晶非常难以获得,即便是已有一些研究报道对 GaN 体单晶生长取得了一定进展,但它们的质量还无法达到作衬底的要求。因此现今对GaN 的研究都集中在以异质材料(如 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、Si 等)为衬底的外延生长薄膜上。随着异质外延技术的进步,现在已经可以在特定的衬底材料上外延生长获得质量优良的GaN 外延层,这也使得GaN 材料体系的应用得到了迅速发展,异质外延技术成为了制备GaN薄膜的主要方法。

#### 3.1 生长工艺

GaN 的外延生长一般有以下几种工艺:金属有机化学气相沉积(Metal OrganicChemical Vapor Deposition),分子束外延(Molecular Beam Epitaxy),卤化物气相外延(Hydride Vapor Phase Epitaxy),此外还有比较新颖的横向外延过生长(LateralEpitaxially Overgrown)以及悬空外延(PE)等工艺。其中MOCVD 和 MBE 是制备GaN及其相关多层结构薄膜的两大主流技术,它们各有独自的特点。然而从实用商品化技术方

面考虑, MOCVD 方法由于其设备相对简单、造价相对较低、生长速度快等特点成为了外延生长 GaN 最主流的方法。本文所研究的GaN均采用MOCVD方法制备,因此这里只以其为例作简要介绍。

#### 3.2 金属有机化学气相沉积法 (MOCVD)

MOCVD又 称MOVPE(金属有机气相外延)。MOCVD 法用Ⅲ 族元素的有机化合物和V 族元素的氢化物作为原材料,通过氢气

或氮气等载运气体带入反应室在高温加热的衬底上外延成化合物单晶薄膜。反应时的关键是避免有机分子中的 C 沉积下来污染样品。MOCVD 生长的优点是：(1) 金属有机分子一般为液体，可以通过精确控制流过金属有机分子液体的气体流量来控制金属有机分子的量，控制形成的化合物的组分，易于通过精确控制多种气体流量来制备多组元化合物；(2) 易于掺杂，MOCVD 从气相可实现原位掺杂；(3) 易于通过改变气体制备界面陡峭的异质结或多层不同组分的化合物；(4) 可以通过改变 III 族源气体流量在  $0.05 \sim 1.0 \text{ um/min}$  的大范围内控制化合物的生长速度。此外，MOCVD 方法具有产量大、生长周期短的特点，到目前为止，它是唯一实现产业化生产 GaN 基器件的制备方法。

### 3.2

ZnO 和 GaN 具有相近的晶格结构，二者都具有六方纤锌矿结构，a 轴和 c 轴晶向的失配率分别仅为 1.9% 和 0.4%，所以 ZnO 的一个重要应用就是作为 GaN 薄膜生长的缓冲层。同时 ZnO 纳米材料也是研究的热点之但当用氨气作为 GaN 生长的反应气体时，高温下 ZnO 会在氨气气氛中挥发，所以应用 ZnO 作缓冲层时一般在较低温度下生长 GaN 薄膜。实验中在  $900^\circ\text{C}$  下通过氨化 ZnO/GaO。薄膜合成出六方纤锌矿结构的 GaN 纳米线，以此来制作合成 GaN 纳米线。反应的过程可由方程式 (1)~

(3) 给出：



结论：利用射频磁控溅射和高温氮化法在Si 衬底上生长出 GaN 纳米线，生长过程中ZnO 层的挥发起到了辅助的作用. XRD 测量结果显示所制备的纳米线为六方纤锌矿结构，扫描电镜观测和能谱测试表明ZnO 已全部挥发，借助ZnO 的挥发作用而生成的汽相Ga。O 与NH<sub>3</sub>反应生成了GaN 纳米线，附着在未反应的 Ga。O。层的上面. 利用透射电镜和选区电子衍射分析了所生成的 GaN 纳米线的形貌和结构，初步分析了利用此种方法合成GaN 纳米线的生长机制.

#### 四. 总结

本文简单介绍了半导体行业 GaN 材料的物理背景，简单的制作方法，和应用前景，通过这些资料的收集，这对我们来说也是课外学习的收

获。我们也相信通过这学期《半导体物理材料》课程的学习，能丰富我们的专业知识，让我们对自己将来的科研研究有个新的认识。

#### 氮化镓半导体材料第2篇

##### 氮化硼

氮化硼是一种新型陶瓷材料，高温、高压下可烧结而成。氮化硼的密度为2.27g/cm<sup>3</sup>，熔点为3100~3300℃；莫氏硬度为2；在空气中摩擦系数为0.2，而在真空中为0.3；在空气中热安定性为700℃，而在真空中为1587℃. 它耐腐蚀，电绝缘性很好，比电阻大于10<sup>-6</sup> Ω·cm；压缩强度为170MPa；在 c 轴方向上的热膨胀系数为41×10<sup>-6</sup>/℃而在d 轴方向上为-2.3×10<sup>-6</sup>；在氧化气氛下最高使用温度为900℃，而在非活性还原

气氛下可达2800℃,但在常温下润滑性能较差,故常与氟化石墨、石墨与二硫化钼混合用作高温润滑剂,将氮化硼粉末分散在油中或水中可以作为拉丝或压制成形的润滑剂,也可用作高温炉滑动零件的润滑剂,氮化硼的烧结体可用作具有自润滑性能的轴承、滑动零件的材料。

### 氮化镓半导体材料第3篇

作为康奈尔大学工程系教授莱斯特·伊士曼的研究生,石俊夏(音译)等人研发出了基于氮化镓的晶体管设备,即一种新型的电子转换器。氮化镓晶体管耐高温,其频率和功率特性远高于硅和碳化硅等常用的半导体器件,可为笔记本电脑、海洋驱逐舰和其他电力系统等提供高效稳定的电力来源。此外,氮化镓晶体管还能适用于混合动力汽车所需的特殊电路,将电池中的直流电转换为用于电机驱动的交流电。

这种新型晶体管设备的电阻比当前广泛使用的硅基电力设备低10倍至20倍,能够有效地减少电力的损失。此外,它还具有很高的击穿电压(即在发生崩溃前,可施加在某种材料上的电压总量),并能够在不出故障的情况下处理每厘米300万伏的电压,而硅基晶体管设备仅能处理每厘米25万伏的电压。

伊士曼和同事已对氮化镓化合物进行了长达10年的研究。他表示,提升电力利用效率的核心在于制成能够在高电压和高强度电流之间转换的设备,从而将电力的损耗降至最低。“之前没有哪种电子设备能够兼顾处理高强度电流和高电压,而我们做到了。”伊士曼如是说。

伊士曼表示，在下一代的电力设备中，人们都将致力于探索降低电力损耗的方式，以保证输入和输出的电力差额最小化。而氮化镓材料是研究团队至今所知的最佳选择，其几乎可以做到电力转换的“零损失”。

#### 氮化镓半导体材料第4篇

“求是杰出青年成果转化奖”旨在奖励既注重科学研究，又积极推动科研成果产业化，并取得了明显经济效益和社会效益，在广大青年科技工作者中起到了良好榜样作用的科研人员。

2007年，徐科在自己近15年氮化物材料研究的基础上，在中科院苏州纳米所的支持下成立了苏州纳维科技有限公司(以下简称苏州纳维)，并出任总经理，积极推动氮化镓衬底晶片的技术研发和产业化进程。仅三年多时间，苏州纳维的氮化物衬底晶片生产技术就取得重大突破，达到世界先进水平，成为全球少数能够提供氮化镓衬底晶片的公司之一，为我国的氮化镓半导体产业发展做出了卓越贡献。而徐科，也正在努力奋斗，尝试成为“一个有科学家头脑和战略眼光的企业家”。

#### 立足前沿锁定氮化镓

氮化镓是一种具有较大禁带宽度的半导体，属于所谓宽禁带半导体之列，是研制高效率、高功率微电子器件、光电子器件的新型半导体材料。作为第三代半导体材料之一，氮化镓的研究与应用是目前全球半导体研究的前沿和热点。氮化镓所具有的直接带隙宽、原子键强、热导率高、化学稳定性好、抗辐射能力强等特点和性能，使得它在我们日常生活中的照明(节



能灯)、显示(LED 显示器)、通信(微波基站)、消费电子(蓝光光驱的光头)等各个领域都有广泛应用。

氮化镓衬底是高端氮化物半导体器件的基础,在未来超高亮度 LED、蓝绿光激光器应用、功率微波电力电子器件等领域具有不可替代的重要意义,对于我国节能型通用照明、新一代激光投影显示产业、医疗仪器、智能电网及微波通信等相关行业的发展影响重大。

徐科从1995年起,开始从事氮化物半导体材料的外延生长和物性研究工作。十几年间,他最早开展了非极性氮化物的MOCVD 外延生长工作,利用实时和原位监控的方法系统研究了氮化物的MBE 和 MOCVD 生长机理、极性选择、极性控制;阐明了极性对 InN 生长的特殊影响,也是国际上最早发现 InN 窄带隙的研究者之一。

苏州纳米技术与纳米仿生研究所是中科院与江苏省、苏州市政府共建的研究所,2006年9月18日奠基,最初就定位在应用基础研究和产业化研发两个方面。徐科是最早加入纳米所的几个研究员之一,负责研究所测试技术平台建设。经过综合考量,在杨辉所长的指导和支持下,徐科决定充分发挥自己的研究专长,将“氢化物气相外延 (HVPE) 系统及氮化镓衬底外延生长”作为下一步的科研方向,继续推进氮化物半导体材料的研究与应用,目标直指产业化。

现在,虽然做氮化镓材料的研发机构很多,但能做出高质量氮化镓衬底晶片,即便在全球范围内也只有寥寥几家。而十

几年前，我国氮化镓晶片及器件的关键技术远落后于发达国家，高端应用产品完全依赖进口，且在尖端技术上受制于人。

2007年5月，苏州纳维科技有限公司成立，徐科出任总经理。苏州纳维以中科院苏州纳米技术与纳米仿生研究所为技术依托，以徐科为核心组建创业团队，致力于氮化镓衬底晶片及相关设备的研发和产业化。

苏州纳维在创立之初，就确立了以创新为先导，积极探索核心高科技的目标，立志突破发达国家技术封锁，提高我国半导体照明、全色显示、高功率微波器件等领域的整体研制水平，形成产业集群发展效应，实现我国民族产业的跨越式发展。

除徐科外，苏州纳维科技有限公司的研发团队到现在也只有12人，纳米所杨辉所长也为这支队伍的成长倾注了大量的心血和精力。王建峰博士一毕业就加入到这个团队，目前已成为能够独当一面的干将。就是这支迅速成长且具有极强凝聚力和团队精神的队伍，在过去三年多的时间里，重点开展了第三代半导体材料—氮化镓衬底晶片的研发和产业化工作。从最初级的设备研发开始，一直到氮化镓衬底晶片的全套技术，他们以极其顽强的精神和高超的战斗力，攻克了一个个技术难关，研发出了国际领先水平的氮化镓材料，为我国氮化镓半导体产业的发展奠定了坚实的科技基础。

### 突破封锁推进产业化

徐科介绍，最初的时候，没有任何资金来源，项目是在苏州纳米所筹建工作组的大力支持下才得以开始运作。但也仅用了三个月的时间，徐科团队便自行设计研制成功了第一台用于

氮化镓生长的(HVPE) 设备；2007年8月，苏州纳维的第一批氮化镓衬底晶片也制备成功。“我们自主研发的设备不但成本只要商业化设备的十分之一，而且在该 HVPE 设备上首次实现了原位光学的实时监控，大大提高了设备的可控性和重复性，更为关键的是设备的运行成本得到大幅降低，使得我国利用 HVPE 方法实现氮化镓晶片的产业化生产成为可能。”

紧接着，徐科获得“苏州工业园区首届科技领军人才”资助，氮化镓衬底晶片研发项目也通过国内专家和风险投资公司的层层筛选，得到地方政府科技成果转化项目和风险投资公司的投资，公司产业化发展有了资金保障，在氮化镓晶片的设备和产品开发上取得飞速进展。

“经过一年半的努力，到2008年底，我们完成了HVPE 设备由单片机向多片生产机型的升级，并达到了6台的规模。氮化镓晶片质量达到了国际同类产品的水平，苏州纳维成为中国第一个、国际上第七个能够提供氮化镓衬底晶片的公司。”徐科自豪地说。

2009年，苏州纳维在开辟市场的同时，又完成了另外两款产品的研发：小尺寸自支撑氮化镓和半绝缘氮化镓衬底晶片。自此，我国拥有了具备完全自主知识产权的高质量氮化镓材料，不必再受制于人。徐科解释：“高质量氮化镓材料和半绝缘氮化镓，是研制短波长半导体激光器和高功率微波器件的基础，因此，这两款产品都是国际上对我国禁运的。”

苏州纳维取得的显著成果，不仅得到了国内各方面的广泛认可，在国际上也产生了一定的影响。2009年10月18日，徐

科受邀赴韩国参加第八届氮化物半导体国际峰会，在这个两年一届的氮化物半导体领域最高级别会议上，徐科做了《关于氮化镓衬底晶片的研究和产业化进展》的30分钟特邀报告。这是对该领域中国科学家前所未有的待遇，也足以证明国际同行对徐科团队高质量氮化镓衬底晶片研究推广工作的高度认可。近几年，徐科多次受特别邀请在国内和国际的重要会议上做报告，也与美国、英国、日本、中国香港等地的著名研究机构建立了密切合作关系。

2010年1月，吴邦国委员长来江苏考察高科技企业时，参观了苏州纳维科技有限公司的氮化镓衬底晶片，并高度赞扬说，这是未来光电子和微电子产业的核心战略材料。

徐科介绍说：“基于氮化镓衬底晶片的器件都是高利润产品，一片2英寸的氮化镓上可以制作5000个蓝光激光器，而每个激光器的平均售价均在100美元以上。”但是，“目前氮化镓衬底晶片的大宗用户都在国外，例如生产蓝光 DVD 的日本索尼公司 and 三洋公司，生产高功率微波晶体管的日本东芝和美国的 Cree 公司等。而他们都有本国固定的供货商。”因此，苏州纳维将自己的产业化目标定位于努力打破国外在氮化镓衬底晶片市场上的垄断，同时为我国的下游企业用户开发相关产品提供重要支撑。

**nlc202309022209**

2009年以来，苏州纳维和中科院北京半导体所、山东大学、山东华光、厦门大学、南昌大学、南昌晶能、西安电子科技大学、中电集团55所和13所、中科院苏州纳米所、苏州纳晶科

技有限公司、武汉华灿等开展广泛合作，为短波长激光器、超高亮度LED、微波器件等的研发提供免费或有偿试用。

氮化镓衬底研发和产业化的突破，必将提升我国氮化物半导体产业在高端应用领域中的国际竞争力，在产业发展的制高点上占领一席之地。

因创新成果突出，科技成果转化效益显著，徐科也获得了众多荣誉与奖励：2007年“苏州工业园区首届科技领军人才”、2007年“姑苏创新创业领军人才”、2008年“江苏省高层次创业创新人才引进计划”引进人才、2009年“江苏省新长征突击手”、2010中国科协“求是杰出青年成果转化奖”等。这是对徐科及其团队的最大肯定和鼓励。

### 预期未来任重而道远

目前，苏州纳维已经拥有近20项核心技术专利，是中国首家氮化镓衬底晶片供应商。针对企业、高校和研究所的不同用户，苏州纳维现主要提供2英寸氮化镓厚膜衬底、2英寸氮化镓自支撑衬底、小尺寸方形氮化镓衬底、小尺寸非极性面氮化镓衬底、高结晶度氮化镓粉体材料、图形蓝宝石衬底等多种类型产品。此外还可根据客户具体要求，提供各种非标准氮化镓衬底材料的制备，为多类型、多领域的相关应用提供技术支撑。

尽管已经取得了不菲的成绩，但徐科说，现在的产业化仍然不够规模化，虽然关键技术已经取得突破，开发出了产品，但要形成规模化、系统化、有市场竞争力的产品很难，要真正实现氮化镓半导体产业的产业化发展，要走的路还很长。徐科认为，现在发展中遇到的问题，从根本上说是人才和观念的问

题。中国的研究体制和市场机制，决定了我们严重缺失介于科研院所和企业之间、既懂技术又熟悉市场的人才，科研和市场结合不够密切，科技成果产业化链条不够顺畅。而且，科研人员和经营者的思想观念仍存在很大差异，重技术、长线投资回报和偏利润、注重眼前利益，两种观念无法得到最大范围的融合，在高科技领域尤其如此。

徐科认为，中国要发展拥有自主知识产权的高科技产业，除了要具备国家大力提倡的自主创新精神之外，还需要科研人员思想观念的转变。我们的科研工作应该更加关注从重大产业和国家需求中凝练科研问题，需要有相当一批科研人员保持对市场和产业发展方向的敏锐性，着力解决产业化过程中的关键技术，达到产学研相结合，打造出基础研究、变革性技术突破、产业化推广的创新价值链。

现在，苏州纳维正在和几家上市公司洽谈合作，如达成一致，苏州纳维将获得不低于2亿人民币的产业投资用以扩大生产规模，预计三年内公司总产值将超过3亿元人民币，五年内可望达到10亿。徐科表示，“‘十二五’期间，我们将紧紧围绕氮化物半导体的研发和产业化开展相关工作，在保障提高材料质量、增大晶圆尺寸的同时，降低成本，形成优势，确立国际地位；在氮化镓材料产业化应用的过程中，着力提升我国在氮化物半导体材料领域的国际竞争力，突破发展瓶颈，支撑我国在氮化物半导体的高端器件方面取得跨越式发展，在产业化方面取得一定的国际市场份额。”

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。  
如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/698132037101006120>