

《MOCVD 技术在光电薄膜方面的应用及其最新进展》

摘要：随着科技的发展，MOCVD技术在光电薄膜的方面的应用越来越广泛，在技术上主要的特点是温度控制系统、压力和压差控制技术及MOCVD技术优缺点。有关MOCVD技术在光电薄膜方面的新应用和发展趋势。

关键字：MOCVD技术 半导体材料 气态源 液态源 微电子 光电子

一、引言

近年来，随着半导体工业的发展以及高速光电信息时代的来临，LPE、VPE等技术在半导体业生产中的作用越来越小；MBE与MOCVD技术相比，由于其设备复杂、价格更昂贵，生长速度慢，且不适pC-长含有高蒸汽压元素(如P)的化合物单晶，不宜于工业生产。而金属有机物化学气相淀积(MOCVD)，1968年由美国洛克威公司的Manasevit等人提出制备化合物单晶薄膜的一项新技术；到80年代初得以实用化。经过近20年的飞速发展，成为目前半导体化合物材料制备的关键技术之一。广泛应用于包括半导体器件、光学器件、气敏元件、超导薄膜材料、铁电/铁磁薄膜、高介电材料等多种薄膜材料的制备。

二、MOCVD的主要技术特点

国内外所制造的MOCVD设备，大多采用气态源的输送方式，进行薄膜的制备。气态源MOCVD设备，将MO源以气态的方式输送到反应室，输送管道里输送的是气体，对送入反应室的MO源流量也以控制气体流量来进行控制。因此，它对MO源先体提出应具备蒸气压高、热稳定性佳的要求。用气态源MOCVD法沉积一些功能金属氧化物薄膜，要求所选用的金属有机物应在高的蒸气压下具有高的分子稳定性，以避免输送过程中的分解。然而，由于一些功能金属氧化物的组分复杂，元素难以合成出气态MO源和有较高蒸气压的液态MO源物质，而蒸气压低、热稳定性差的MO源先体，不可能通过鼓泡器(bubbler)由载气气体输运到反应室。

然而采用液态源输送的方法，是目前国内外研究的重要方向。采用将液态源送入汽化室得到气态源物质，再经过流量控制送入反应室，或者直接向反应室注入液态先体，在反应室内汽化、沉积。这种方式的优点是简化了源输送方式，对源材料的要求降低，便于实现多种薄膜的交替沉积以获得超品格结构等。

三、MOCVD技术的优缺点

MOCVD技术在薄膜晶体生长中具有独特优势：

- ① 能在较低的温度下制备高纯度的薄膜材料，减少了材料的热缺陷和本征杂质含量；
- ② 能达到原子级精度控制薄膜的厚度；

- ③ 采用质量流量计易于控制化合物的组分和掺杂量；
- ④ 通过气源的快速无死区切换，可灵活改变反应物的种类或比例，达到薄膜生长界面成份突变，实现界面陡峭；
- ⑤ 能大面积、均匀、高重复性地完成薄膜生长，适用于工业化生产；

正是MOCVD这些优势(与MBE技术一起)，使化合物单晶薄膜的生长向结构区域选择的微细化，组分多元化和膜厚的超薄化方向发展，推进着各种异质结材料应运而生，实现了生长出的半导体化合物材料表面平滑、掺杂均匀、界面陡峭、晶格完整、尺寸精确，满足了新型微波、毫米波半导体器和先进的光电子器的要求，使微波、毫米波器件和先进的光电子器件的设计和制造由传统的“掺杂工程”进入到“能带工程”和“电子特性与光学特性裁剪”的新时代。人们已经能够在原子尺度上设计材料的结构参数，从而人为确定材料的能带结构和波函数，制备出量子微结构材料。

但MOCVD设备也有自身的缺点，它与MBE设备一样价格不菲，而且由于采用了有机金属做为源，使得在使用MOCVD设备时不可避免地对人体及环境产生一定的危害。这些都无形中增加了制备成本。对于低压生长，系统只需要配置机械泵和压力控制器就可控制生长压力；但是所配置的泵要有较大的气体流量承载量。MOCVD生长中，我们所用的许多反应源(例如PH₃、AsH₃、H₂S以及一些MO源)都是有毒的物品，进行合理的尾气循环处理是非常必要的。因此，在设计和使用时要考虑到这些因素，做好安全防护措。对于一些功能金属氧化物薄膜而言，寻找高蒸气压、热稳定性佳的MO源先体是比较困难的事。这就使得传统的MOCVD技术不能够制备上述的金属氧化物薄膜，更不能同时制备不同材料的薄膜。对源材料要求苛刻，这在很大程度上制约了金属氧化物的MOCVD技术的发展。

为了克服上述技术或设备存在的缺点，解决传统MOCVD设备存在气态源MOCVD不同材料之间蒸气压差大难以控制及输送的障碍的问题，对源材料要求降低，便于实现金属氧化物薄膜中多种薄膜的交替沉积。国内外发展MOCVD技术的关键是合适的源材料，或者采用变通的先体输运技术。

四、MOCVD技术在光电方面新的应用

MOCVD技术经过近20多年的飞速发展，为满足微电子、光电子技术发展两个方面的需求，制备了GaAlAs / GaAs、InGaAsdGaAs / GaAs、GaInp / GaAs、GaInAs / AlInAs、GMnAs / GaInp、InAs / InSb、InGaN / GaN、AlGaN / GaN、SiGe、HgCdTe、GaInAsp / Inp、AlGaInp / GaAs、AlGaInAs / GaAs等多种薄膜晶体材料系列。MOCVD技术解决了高难的生长技术与量大面广所要求的低廉价格之间的尖锐矛盾。

MOCVD 技术的发展与化合物半导体材料研究和器件制造的需求紧密相关，反过来又促进了新型器件的研制，目前各种主要类型的化合物半导体器件制作中都用到了MOCVD 技术。用于制作系列高端器件：HEMT、PHEMT、HFET、HBT、量子阱

激光器，垂直腔面激光器、SEED、红外级联激光器、微腔、量子阱光折变器、异质结双极晶体管、高电子迁移率晶体管、太阳能电池、激光器、光探测器、场效应晶体管以及发光二极管(LED)，极大地推动了微电子、光电子技术的发展，取得了举世瞩目、惊人的成就。

目前用于军事电装备的微波毫米器件、高温半导体器特别是先进的光电子器件，都采用MOCVD和MBE为主流技术进行薄膜材料生长，这些高端器件直接影响着军事装备的功能、性能和先进性。为了国家的安全和营造经济建设的和平环境，不断提高我国军事力量，是关系到国家安危头等大事。国防建设迫切需要发展MOCVD技术。

五、MOCVD技术在光电方面的发展趋势

目前的主要发展趋势是：①向高投片量、向高产量方向发展。②基片向大尺寸方向发展。③薄膜厚度向薄层、超薄层方向发展，超晶格、量子阱、量子线、量子点材料和器件研究十分火热。量子阱器件、量子点激光器已问世，其发展潜力无可估量，成为向纳米电子技术进军的基地。④薄膜结构区域向微细化，组分向多元化方向发展。满足器件多功能、小尺寸、低功耗、高功率密度、便于集成的发展要求。⑤多种衬底上异质材料的生长同时并进开发，GaAs技术目前最为成熟，充分发挥InP衬底的优异性能，挖掘InP衬底的潜力的研究正在广泛进行。⑥宽带隙的材料研究受到高度重视，特别是以CaN为代表的第三代半导体材料的研究，已成为各国业内科学家研究的热点；SiC材料已研制成功许多性能优异的器件，如MOSFET、MESFET、JFET等。

MOCVD 技术在半导体材料和器件及薄膜制备方面取得了巨大的成功。尽管如此，MOCVD 仍是一种发展中的半导体超精细加工技术，MOCVD 技术的进一步发展将会给微电子技术和光电子技术带来更广阔的前景。

参考文献：

- 1、张冠英，梅俊平，解新建 MOCVD外延生长GaN材料的技术进 [J] 河北工业大学，天津 300130 2010.03.001
- 2、袁章其，伍波，龚杰洪 我国MOCVD技术发展战略思考[J] 中国电子科技集团公司第四十八研究所，湖南长沙 410111 2005.12
- 3、文尚胜，廖常俊，范广涵，刘颂豪，邓云龙，张国东 现代MOCVD 技术的发展与展望 [J] 华南师范大学量子电子学研究所 广州 510631；华南理工大学应用物理学系 广州 510641 1999.03
- 4、叶志镇，吕建国，吕斌，张银珠 半导体薄膜技术与物理[M] 浙江大学出版社 2008.09

