半导体所等在石墨烯上外延深紫外LED研究中取得新进展

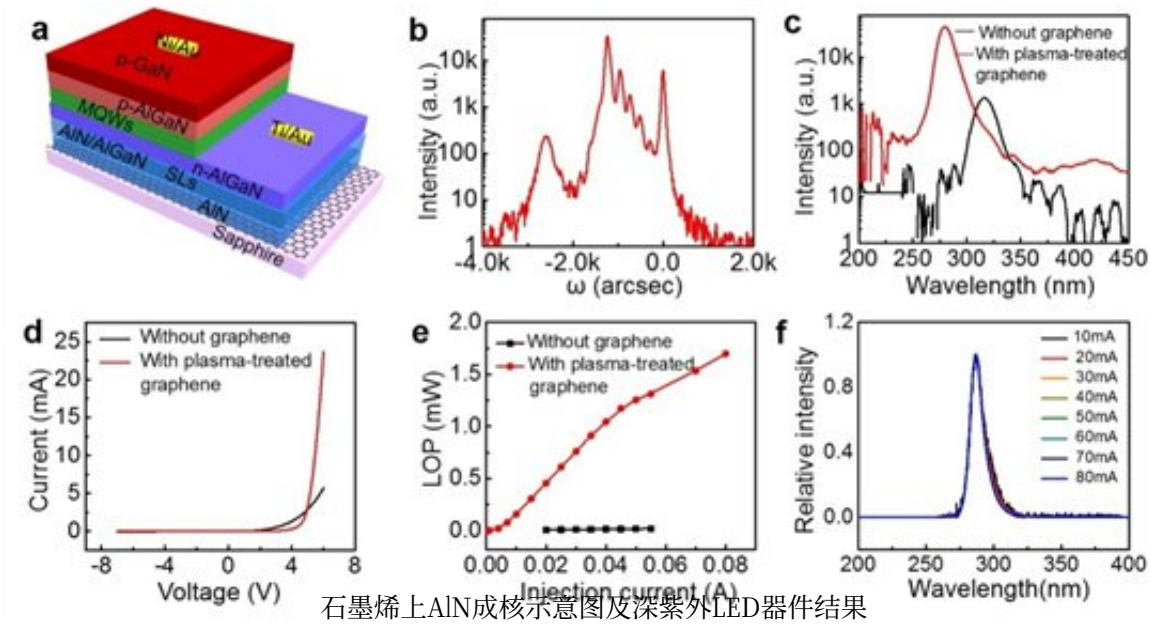
深紫外LED可以广泛应用于杀毒、消菌、印刷和通信等领域，国际水俣公约的提出，促使深紫外LED的全面应用更是迫在眉睫，但是商业化深紫外LED不到10%的外量子效率严重限制了深紫外LED的应用。AlN材料质量是深紫外LED的核心因素之一，AlN薄膜主要是通过金属有机化学气相沉积（MOCVD）的方法异质外延生长在c-蓝宝石、6H-SiC和Si（111）衬底上，AlN与衬底之间存在较大的晶格失配与热失配，使得外延层中存在较大的应力与较高的位错密度，严重降低器件性能。与此同时，AlN前驱体在这类衬底上迁移势垒较高，浸润性较差，倾向于三维岛状生长，需要一定的厚度才可以实现融合，增加了时间成本。

最近，中国科学院半导体研究所照明研发中心与北京大学纳米化学研究中心、北京石墨烯研究院刘忠范团队合作，开发出了石墨烯/蓝宝石新型外延衬底，并提出了等离子体预处理改性石墨烯，促进AlN薄膜生长实现深紫外LED的新策略。通过DFT计算发现，等离子体预处理向石墨烯中引入的吡咯氮，可以有效促进AlN薄膜的成核生长。在较短的时间内即可获得高品质AlN薄膜，其具有低应力、较低的位错密度，深紫外LED器件表现出了良好的器件性能。该成果以Improved Epitaxy of AlN Film for Deep-Ultraviolet Light-Emitting Diodes Enabled by Graphene为题发表在《先进材料》上（Adv. Mater.，DOI: 10.1002/adma.201807345）。半导体所研究员李晋闽、魏同波与北京大学刘忠范、研究员高鹏作为论文共同通讯作者，陈召龙与刘志强为论文共同第一作者。

同时，魏同波与刘忠范团队合作提出了石墨烯/NPSS纳米图形衬底外延AlN的生长模型，理论计算和实验验证了石墨烯表面金属原子迁移增强规律，石墨烯使NPSS上AlN的合并时间缩短三分之二，同时深紫外LED功率得到明显提高，使深紫外光源有望成为石墨烯产业化的一个突破口。相关成果在Appl. Phys. Lett. 114, 091107 (2019)发表后被选为Featured article，并被AIPScilight 以New AlN film growth conditions enhance emission of deep ultraviolet LEDs 为题专门报道，也被半导体领域评论杂志Compound Semiconductor 杂志版（2019年第3期）和Semiconductor Today 同时长篇报道。

此外，针对深紫外发光器件中p型掺杂国际技术难题，刘志强提出了缺陷共振态p型掺杂新机制，该方法基于能带调控，获得高效受主离化率的同时，维持了较高的空穴迁移率，实现了0.16 Ω.cm的p型氮化镓电导率，为后续石墨烯在深紫外器件透明电极中的应用奠定基础。相关成果发表在Semicond. Sci. Technol. 33, 114004 (2018)，并获该期刊2018年度青年科学家最佳论文奖，该成果也得到2014年诺贝尔物理学奖获得者Amano的积极评价。

上述系列研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、北京市自然基金的支持。



石墨烯上AlN成核示意图及深紫外LED器件结果

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/138374.html