

研究快报

RIE 技术制备 p-n 结型 GaN 蓝光 LEDs

章其麟 张 冀 赵永军 李 云 梁春广 刘燕飞 杨瑞林

(河北半导体研究所, 石家庄 050051)

关键词 反应离子刻蚀, 氮化镓, 蓝光发光二极管

自从 S. Nakamura 等人成功地制备了 GaN/GaN/AlGaIn 蓝、绿光 LEDs 以来, GaN 及其相关化合物的材料生长和器件工艺得到了广泛地研究. 由于 GaN 材料不同于传统的 III-V 族化合物半导体材料, 因此其器件的加工工艺, 如欧姆或肖特基接触的形成、分片、取光和刻蚀等, 需要进一步的研究和开发. III-V 族氮化物的化学性质相对稳定, 只能在高温条件下缓慢地溶于碱溶液中. M. S. Minsky 等人^[1]发现在金属和强 UV 光辅助的条件下, 可以实现室温 n 型 GaN 的湿法腐蚀, 但该方法很难与其它器件工艺过程兼容. 对室温反应离子刻蚀(RIE) GaN 工艺进行了研究, 刻蚀速率可以达到 200~300 nm/min, 并在此基础上成功制备了 p-n 结型 GaN 蓝光 LEDs.

实验所用的 GaN 样品是采用常压 MOVPE 技术在蓝宝石衬底上生长的 p-n 结型材料, 面积均为 1 cm². 结构和材料参数如下, n 型 GaN Si 的厚度为 1.8 μm, p 型 GaN Mg 的厚度为 0.7 μm, 空穴浓度及其迁移率分别为 $1.4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 和 $1.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, 电子浓度及其迁移率分别为 $7.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 和 $150 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. 刻蚀掩膜为厚约 2 μm 的正性光刻胶 - AZ1450.

表1 RIE 刻蚀试验条件及结果

Table 1 Specification of etching experiments.

Experiment No.	Flow rate/ sccm		Power/ W		DC bias V	Etching rate nm/min
	BCl ₃	Cl ₂	RF	ICP		
1	10	20	150	500	300	330
2	10	20	100	500	230	300
3	10	20	100	300	250	220
4	10	20	100	100	310	70

用于 RIE 刻蚀研究的系统为 Plasma-Therm 公司的 ICP-790 RIE 系统. 该系统具备两套功率源, 一套为 RF 功率源, 用于提供刻蚀功率; 另一套为 ICP 功率源, 用于提供产生离子回旋(ion cyclotron) 的磁场.

样品首先置于反应室内的金属基座上, 基座采用 He 气冷却. 然后将反应室抽真空

至反应室压力小于 $1.33 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 后, 通入 BCl_3 和 Cl_2 反应气体开始刻蚀, 气体流量分别为 10_{sccm} 和 20_{sccm} , 反应室的动态压力保持在 $1.33 \times 10^{-1} \text{Pa}$. 在全部刻蚀过程中, 反应室壁通以冷却水, 使其温度保持在 15°C . 掩膜的厚度变化和刻蚀深度由台阶仪在刻蚀前后测量得到.

RF 和 ICP 功率的设置对刻蚀结果有直接的影响, 因此对两者的关系进行试验性研究, 具体的试验条件和结果列于表1. 从试验数据和结果中不难发现 ICP 功率对刻蚀的影响较大. 因为 ICP 功率主要影响气体的电离度, 而刻蚀过程的进行主要由反应离子的浓度影响. 刻蚀后的样品表面比较平整(图1), 但侧壁较为粗糙, 选择刻蚀比大于5:1. 在实验中发现 p 型 GaN 的刻蚀速率略小于 n 型 GaN.

GaN 蓝光 LEDs 的制备工艺过程如下, 先用 RIE 刻蚀出高约 $1.1 \mu\text{m}$ 、直径 $300 \mu\text{m}$ 的台面, 露出 n 型 GaN 层. 然后分别在 n 型和 p 型 GaN 层上沉积 Ni/Au 和 Ti/Au 作为欧姆接触电极(图3). 最后在形成气(forming gas)的保护下, 300°C 合金1分钟.

在室温条件下采用 GH4821 半导体晶体管图示仪对制备好的 p-n 结型 GaN LEDs 进行了测试, 典型的正向 $I-V$ 特性为 2mA 时的正向压降 3.7V , 20mA 时为 5.4V (图2). 该结果同 S. Nakamura 的 GaN 基 p-n 结型 LEDs 的结果^[2] 非常相近.

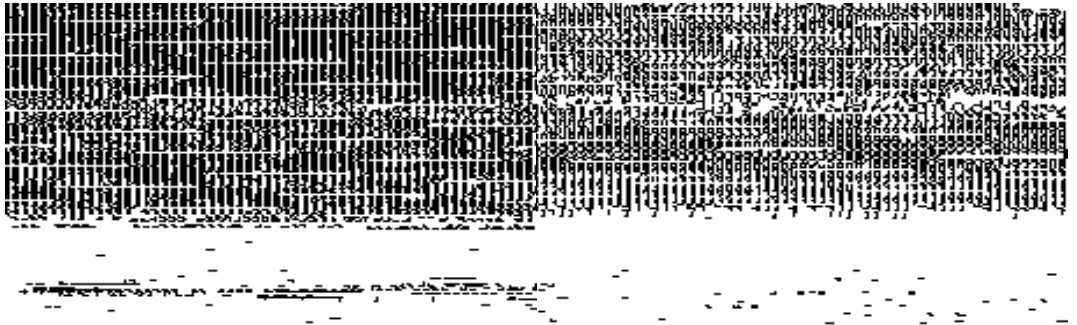


图1 刻蚀后 GaN 的 SEM 照片

Fig.1 SEM photograph of etched GaN.

图2 p-n 结型 GaN LEDs 正向 $I-V$ 特性

Fig.2 $I-V$ characteristics of p-n junction GaN LEDs.

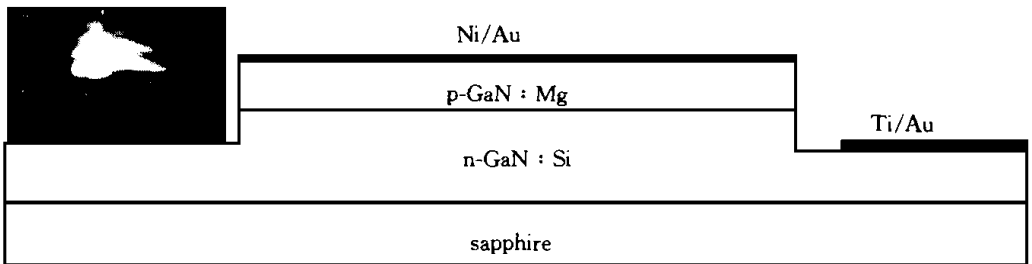


图3 p-n 结型 GaN LEDs 结构图和发光照片

Fig.3 Structure of GaN p-n junction LEDs.

总之, 以 BCl_3/Cl_2 为反应刻蚀气体, 采用 RIE 技术实现了室温干法刻蚀 p-n 结型 GaN 材料, 成功制备了 p-n 结型 GaN 蓝光 LEDs. 刻蚀速率主要受 ICP 功率大小的影响, 通常可以达到 $200 \sim 300 \text{nm}/\text{min}$, 同时掩膜的选择刻蚀比大于 5 1.

参 考 文 献

- [1] Minsky M S, White M, Hu E L. Appl. Phys. Lett., 1996, **68**(11): 1531.
[2] Nakamura S, Gerhard Fasol. The Blue Laser Diode, p87.

RIE ETCHING AND FABRICATING OF GaN p-n JUNCTION BLUE LEDs

Zhang Qilin Zhang Ji Zhao Yongjun Li Yun
Liang Chunguang Liu Yanfei Yang Ruilin
(Hebei Semiconductor Research Institute, Shijiazhuang 050051)

Abstract

The reactive ion etching (RIE) process at room temperature (RT) was developed to etch GaN grown on sapphire substrates and the p-n junction GaN LEDs were successfully fabricated. BCl_3/Cl_2 was used as the etching chemistry. The typical etching rate is about $200 \sim 300 \text{nm}/\text{min}$ with selectivity to resist mask above 5 1.

Key words RIE, GaN, blue LEDs