

通 信

## 半导体发光器件的一种新的端面保护和减反射介质膜

王德煌 郭良

(北京大学物理系, 100871) (中国科学院半导体研究所, 100083)

### A new dielectric facet protector and AR film for semiconductor light-emitting devices

*Wang Dehuang*

(Department of Physics, Peking University, Beijing)

*Guo Liang*

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica, Beijing)

**Abstract:** Experimental results are presented for the first time for sputtered AlN film which is a protector and AR film on the facet of semiconductor light-emitting devices. The technical conditions for obtaining sputtered AlN film and its properties are given.

**Key words:** AlN, light emitting device, new protective film on facet

### 一、引 言

人们早已开始研究半导体发光器件的端面保护和减反射膜,但直至今现在成功地用来做保护和减反射膜的只有O、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和SiN等几种电介质膜<sup>[1~5]</sup>。此外,氮化铝(AlN)膜的制备和它的性质及其应用也有所研究<sup>[6~8]</sup>。本文报道溅射AlN膜用来做半导体发光器件端面保护和减反射膜的实验研究结果,发现溅射AlN膜将是半导体光电器件的一种新的具有良好性能和应用前景的端面保护和减反射介质膜。

### 二、实验与结果

AlN膜的制备方法有许多种<sup>[6]</sup>。我们采用反应溅射方法制备,称之为溅射AlN膜。溅射是在预置真空度优于 $1.0 \times 10^{-5}$  Torr的真空系统中进行的。所用Al靶材料纯度是99.999%。溅射过程可给定高纯氮气压强、溅射电压和反应时间,以得到一定厚度的AlN膜。本文测量了不同溅射条件制备的不同厚度AlN膜的击穿电场强度( $E_0$ ),表1列出典型的实验数据。溅射AlN膜的击穿电场强度平均值是 $5.48 \times 10^6$  V/cm,与SiO<sub>2</sub>的 $3.8 \times 10^6$ 和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的 $2 \sim 8 \times 10^6$

表 1 不同溅射电压(v)和不同厚度(d)的溅射 AlN 膜的击穿电场强度(E<sub>0</sub>)和折射率(n)(λ=633 nm)的实验数据

$v(V)$	2000	2000	2500	2500
$d(nm)$	51	61	115	118
$E_0(\times 10^6 V/cm)$	5.53	9.10	3.60	3.68
$n$	1.96	1.97	1.98	1.97

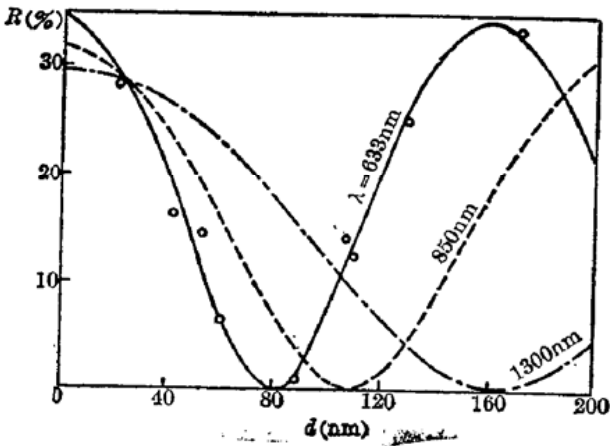


图 1 溅射 AlN 膜在不同入射光波长处的 R~d 关系曲线和实验数据(O)

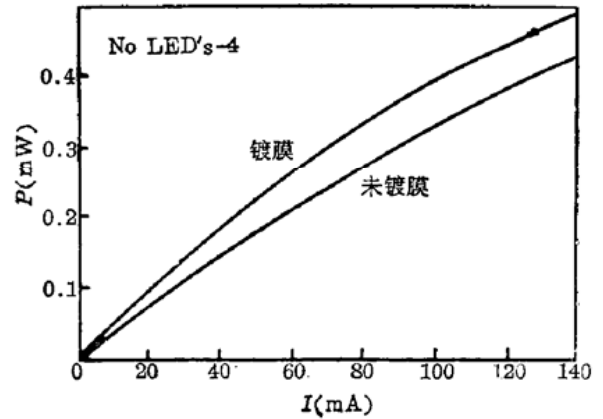


图 2 GaAs/GaAlAs DH LED's 输出端面溅射上一层厚 100 nm AlN 膜前后的 P-I 关系曲线

V/cm 同一数量级,显然溅射 AlN 膜的电学绝缘性能是良好的。

AlN 膜折射率与原材料性能和制备方法 & 工艺条件有关<sup>[6~8]</sup>。用单色椭圆偏振光(633 nm He-Ne 激光)反射极值法<sup>[9]</sup>测定溅射 AlN 膜的折射率,其结果也列在表 1,其平均值是 1.97。它大于 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(n=1.63)、SiO(n=1.87)和 SiN(n=1.88)的折射率。溅射 AlN 膜厚度是用 6JA 型干涉显微镜和 TP-77 型椭偏仪(λ=633 nm)测量,而不同厚度的溅射 AlN 膜对垂直入射 633 nm 光的反射率(R)是用精度为 0.05% 的测反射仪测量。图 1 中还同时给出入射光波长分别为 633 nm、850 nm 和 1300 nm 时的 R~d 理论计算曲线<sup>[10]</sup>。在 λ=633 nm 处,实验与理论计算结果是一致的。其它两条 R~d 曲线分别对应 GaAs/GaAlAs 和 InGaAsP 发光器件端面溅射上一层不同厚度的 AlN 膜,改变其端面反射率的情形。从图可见,如果已知发射波长可根据所需 R 值设计减反射膜厚度,控制溅射条件制备 AlN 膜,再测定在 λ=633 nm 处,的 R 值,从图曲线反推判定膜厚是否符合要求。这是一种简易有效的办法。

作者在充分实验研究溅射 AlN 膜的工艺条件和性质的基础上,成功地分别在 GaAs/GaAlAs 双异质结发光器件(简称 DH LDE's)和 GaAs/GaAlAs 大光腔发光器件(由称 LOC LDE's)的光输出端面溅射上一层 AlN 膜,分别测量溅射前

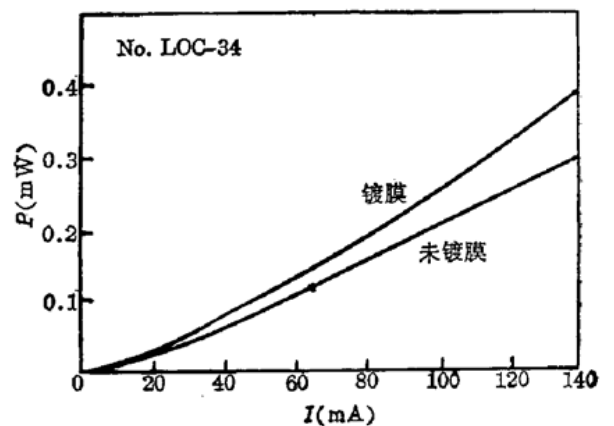


图 3 GaAs/GaAlAs LOC LFD's 输出端面溅射厚 95nm AlN 膜前后的 P-I 关系曲线

后的输出光功率( $P$ )和工作电流( $I$ )的关系曲线。典型的实验结果示于图 2 和 3。图 2 所示 GaAs/GaAlAs DH LED's 端面上溅射 AlN 膜的溅射条件是预置真空度  $8.0 \times 10^{-6}$  Torr, 高纯  $N_2$  气压强  $1.5 \times 10^{-2}$  Torr 和溅射电压 2000V。溅射 AlN 膜厚度为 100 nm。实验结果表明, 溅射 AlN 膜后既保护端面又增加输出光功率。

### 参 考 文 献

- 1 M. Etterberf, *Appl. Phys. Lett.*, **32**(11), 724(1978)
- 2 T. Furuse *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **33**(4), 317(1978)
- 3 G. H. Thompson, "Physics of Semiconductor Laser Devices", John Wiley & Sons, New York 1980, 24.
- 4 Y. Itaya *et al.*, *IEEE J. Quantum Electr.*, **QE-21**(6), 527(1985)
- 5 黎锡强, 全国第三届光纤通讯学术会议论文集, 1986, 193
- 6 Japan Industrial Technology Association, Compound Semiconductor Devices, Tokyo, 1973, 268.
- 7 E. V. Gerova *et al.*, *Thin Solid Films*, **81**, 201(1981)
- 8 G. R. Kline *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **43**, 750(1983)
- 9 刘弘度, 王德煌等, 半导体光电 (2), 76(1981)
- 10 母国光, 战元龄, 光学, 人民教育出版社, 1978, 438

(收稿日期: 1988 年 12 月 2 日)

## 从折射率椭球方程求双轴晶体中光波的折射率

尹 鑫

(山东大学晶体材料研究所, 250100)

### Evaluating refractive indices of optical waves in biaxial crystals from refractive indices ellipsoid equation

Yin Xin

(Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan)

**Abstract:** The coordinate transformations are made for the refractive indices ellipsoid equation of biaxial crystals. The formulations of refractive indices of optical waves whose velocity is slower or faster are derived and the polarized directions of corresponding optical are given.

**Key words:** biaxial crystals, refractive indices

### 一、引 言

双轴晶体的倍频与和频效应的应用日趋广泛。在这些晶体非线性光学效应的研究中, 要根据晶体的折射率, 求出其位相匹配曲面。并根据光波的振动方向, 求出其有效非线性系数。以前人们都是用折射率面方程<sup>[1~2]</sup>

$$\frac{\sin^2 \theta \cos^2 \phi}{n_x^{-2} - n_z^{-2}} + \frac{\sin^2 \theta \sin^2 \phi}{n_y^{-2} - n_z^{-2}} + \frac{\cos^2 \theta}{n_x^{-2} - n_z^{-2}} = 0 \quad (1)$$

从双轴晶体的折射率椭球方程求任意方向入射光波的折射率, 未见有人使用过。我们应用坐