

用银膜作反射镜的垂直短腔 面发射激光器*

陈妮兮 钟 勇 蔡 兵 赵冀徽 焦鹏飞 王舒民 石志文¹⁾ 高俊华¹⁾

(北京大学物理系 北京 100871) (¹⁾国家集成光电子联合实验室

半导体所区 北京 100083)

摘要 我们采用液相外延的方法,在 $n\text{-GaAs}$ 衬底上生长分别限制单量子阱作为激光器的有源区。国内首次采用银膜作为垂直短腔面发射激光器的谐振腔的反射镜和欧姆接触电极。分别制作了底部和顶部出光的两种类型管子,在室温脉冲工作状态下,均已观察到激射。顶部出光管子阈值电流为 4.5A ; 底部出光管子阈值电流为 3.8A 。激射波长为 872.8nm , 纵模间隔为 1.9nm 。同时还研究了不同银膜厚度在 GaAs 界面上的反射率。

PACC: 4255P, 7340L

1 引言

垂直短腔面发射激光器 (VCSELs) 在光计算机、光互连、光信息处理等方面具有广泛的应用前景。这是由于 VCSELs 器件的固有特性: 1) 具有动态单纵模输出, 保持单纵模的温度范围较宽 ($>60\text{K}$); 2) 具有圆形光斑, 光束发散角较小 ($\sim 10^\circ$), 与光纤耦合效率高; 3) 体积小, 目前电注入的有源区体积 $< 0.05\mu\text{m}^3$, 而光泵的有源区可小到 $0.002\mu\text{m}^3$, 在 1cm^2 面积上可集成 200 万个器件, 既可制作单片二维列阵, 也便于与电子器件集成。由于器件增益区短, 要求腔的反射镜的反射率接近于一, 才可能达到室温连续工作。VCSELs 器件的难点还在于欧姆接触电极和反射腔镜在同一端面上。从器件发展史看, 为解决上述难点, 先后采用了如下办法: 日本 K-IGa 曾用环形电极将镜面与欧姆接触层分开的办法, 虽然反射率提高了, 但由于电流扩展, 浪费了约 75% 的电流^[1]; $1/4$ 波长多层半导体薄膜^[2], 和 $1/4$ 多层介质膜^[3] 具有近于 1 的反射率; 高反射率的金属膜以及金属膜与 $1/4$ 波长多层半导体膜或 $1/4$ 波长多层介质膜的混合腔镜。金属银膜由于具有低接触电阻 ($\sim 2 \times 10^{-6}\Omega \cdot \text{cm}$ 室温) 好的热导 ($\sim 4\text{W}/(\text{cm} \cdot \text{K})$), 在 $0.87\mu\text{m}$ 附近还有高反射率而被采用制作 VCSELs 的出光面的反射镜和欧姆接触电极, 得到了较好的效果^[4]。

本文研究了不同银膜厚度在 GaAs 界面上的反射率。在非出光面上采用高反射率

* “863” 高技术基金资助项目

1993年3月1日收到初稿, 1993年7月1日收到修改稿

银膜,出光面上采用部分透部分反的银膜,由此而制作的顶部出光和底部出光的激光器均得到脉冲激励。

2 实验结果分析与讨论

2.1 在 GaAs 上银膜反射率的研究

在 VCSELs 器件中,反射界面是在 Ag 膜与 GaAs 之间,要求的是内反射率。我们制备了一系列厚度相同,两面均抛光的 GaAs 样品,样品的一个表面蒸镀上从 100—2000 Å 厚度不同的银膜,用椭圆偏振法与干涉法分别测厚,通过透射光谱,经计算获得了不同银膜厚度与反射率曲线,如图 1 所示(见图版 I)。

从两种不同测量厚度的方法所得到的 Ag 膜厚度与反射率的关系可以清楚地看到在膜厚 360 Å 附近反射率有一个转折点:小于 360 Å 时反射率随厚度增加较快,大于 360 Å 时反射率随厚度增加缓慢。我们的结果与 Li-Wei Tu 等^[5]的计算结果基本上一致。这为设计 VCSELs 谐振腔反射率提供了依据。

2.2 VCSELs 器件设计

为了降低阈值电流、采用液相外延法生长分别限制量子阱结构。扫描电镜加图象处理测量了外延层各层厚度,其结果示于图 2(见图版 I)。用光荧光与制作侧面发光宽接触激光器方法,检测外延层质量,测得宽接触侧面发光激光器阈值电流密度约 1000 A/cm²。用低温淀积 SiO₂ 保护外延面。将衬底减薄与抛光至 150 μm 后,再用常规光刻技术刻蚀 $\phi = 400 \mu\text{m}$ 圆孔,并进一步将衬底腐蚀至 $< 50 \mu\text{m}$,以减少衬底吸收损耗。然后在 $\phi = 400 \mu\text{m}$ 周围外蒸镀电极,中间蒸镀银膜作为反射镜。

在顶部外延面 SiO₂ 保护层上,采用红外光刻机套刻 $\phi = 400 \mu\text{m}$ 圆孔,作电极条形限制,再作 $\phi = 20 \mu\text{m}$ 的 Ag 反射镜面。如底部出光则在底部蒸镀一定透过率的膜层 350 Å,顶部膜层大于 1000 Å,反射率 $\sim 99\%$;反之,如顶部出光,则顶部膜厚为 350 Å,底部银膜大于 1000 Å。

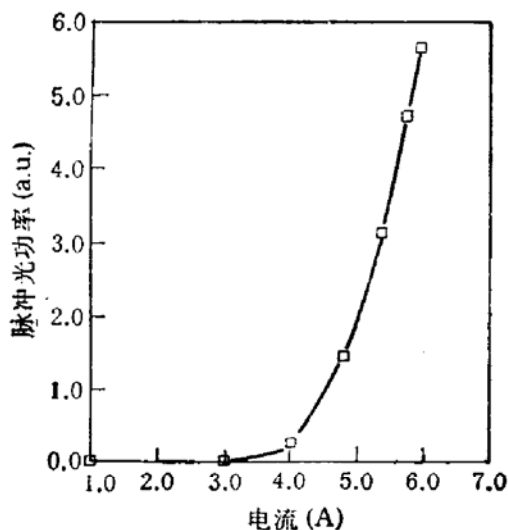


图3 顶部出光的 VCSELs 室温脉冲光功率与电流曲线

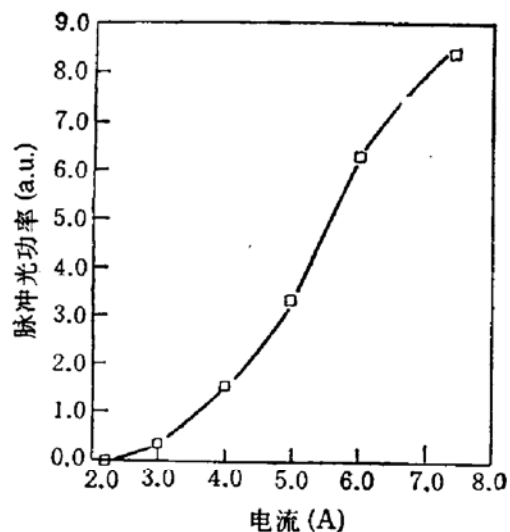


图4 底部出光的 VCSELs 室温脉冲光功率与电流曲线

2.3 VCSELs 特性

测量了上述二种 VCSELs 的伏安特性,并由开启电压后的直线部分,求得微分串联电阻小于 5Ω 。这表明 Ag 膜结构的串联电阻低于 DBR 反射镜面结构的串联电阻。

用脉宽为 $0.2\mu\text{s}$ 、重复频率为 5kHz 的脉冲电流,测量了室温下的光功率与电流曲线。顶部与底部出光的 VCSELs 均有明显拐点,其阈值电流分别为 4.5A 和 3.8A (图 3 和图 4)

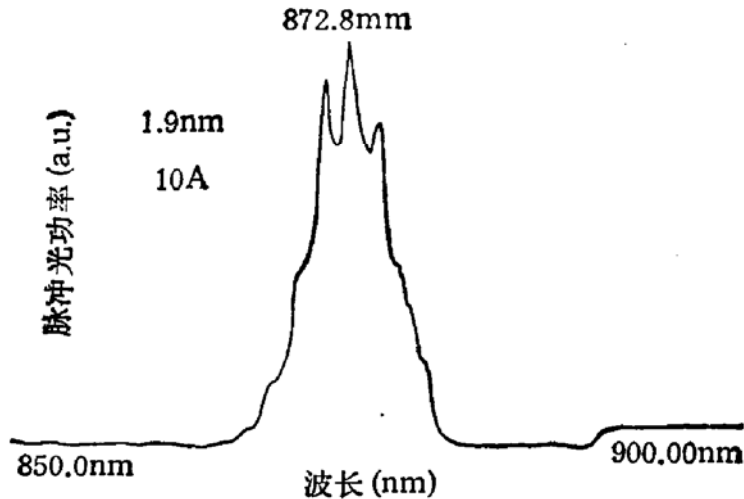


图 5 室温脉冲光谱图

由室温下底部出光激光器的光谱得到激射波长 872.8nm ,纵横间隔为 1.9nm (图 5)。

从以上初步尝试看出,银膜作为 VCSELs 的腔镜和电极具有串联电阻小、热导好、工艺简单等优点。若结合 DBR 工艺将能得到性能更好、便于集成的 VCSELs 列阵。

参 考 文 献

- [1] SEIJI UCHIYAMA and KENICHI IGA IEEE Journal of Quantum Electronics, 1984, QE-20 (10): 1117.
- [2] J. L. Jewell, K. F. Huang, K. Tai, Y. H. Lee, R. J. Fischer, S. L. McCall and A. Y. Cho, Appl. Phys. Lett., 1989, 55:424.
- [3] F. Koyama, S. Kinoshita and I. Iga, Appl. Phys. Lett., 1989, 55: 221.
- [4] D. G. Doppe, A. Y. Cho, K. F. Huang, R. J. Fischer, K. Tai, E. F. Schubert and J. F. Chen, J. Appl. Phys., 1989, 66 (11): 5629.
- [5] Li-Wei Tu, E. Fred Schubert, Rose F. Kopf, George J. Zydzik, Minghwei Hong, S. N. Gege Chu and Joseph P. Mannaerts, Appl. Phys. Lett., 1990, 57 (20): 2045.

Vertical Cavity Surface-Emitting Lasers With Silver Mirrors

Chen Weixi, Zhong Yong, Cai Bing, Zhao Jihui, Jiao Pengfei,

Wang Shumin, *Shi Zhiwen and *Gao Junhua

(*Department of Physics, Peking University, Beijing 100871*)

(**Semiconductor Institute Region of National Integrated Optoelectronic*

Laboratories, Institute of Semiconductors, The Chinese

Academy of Sciences, Beijing 100083)

Abstract Vertical cavity surface-emitting lasers wafer with separate confinement single quantum well structures was grown by liquid-phase epitaxy. Silver films are employed as both mirrors and electrodes for Vcsels. Pulsed threshold currents at room temperature are 4.5A and 3.8A, respectively, corresponding to the top and the bottom light windows. The spacing of longitudinal modes is 1.9nm. The lasing-wavelength is at 872.8nm.

PACC: 4255P, 7340L