

高空度多孔硅可见光发射

宗祥福 翁渝民 范志能 郑庆平

(复旦大学材料研究所, 上海, 200433)

摘要: 用氢氟酸电解腐蚀工艺研制成功一种多孔硅材料, 它的光致发光谱可短至蓝绿色, 用该材料制成的肖特基二极管的电致发光为黄色.

关键词: 多孔硅, 量子线阵, 光致发光, 电致发光.

多孔硅量子线阵材料是国际上近年发现、开发的高技术新材料. 它是在普通硅片表面上制作蜂窝状的针孔结构、针孔直径为几个 nm 的量子线阵材料. 量子线是目前低维凝聚态物理研究的热点之一, 采用廉价的硅片, 用极其简单的电化学工艺制作成这种精细的微结构材料是极其诱人的. 所以在短短一年内, 立即在国际学术界和工业部门引起强烈的反响. 多孔硅量子线阵材料的研究, 使得硅材料可能在集成电路、激光与光电子领域取代或大部分取代目前所用的昂贵的砷化镓、磷化铟等化合物半导体材料或混晶半导体材料, 并且可能发展成以廉价而成熟的硅为基底的光电子器件和光电集成电路.

我们采用的多孔硅量子线的制作装置及光致发光测量方法与文献[1]相似, 并用类似文献[2]中所述二极管制法研究了多孔硅的电致发光. 我们用氢氟酸电解腐蚀法, 已在 P 型和 N 型硅外延片及 P 型和 N 型体单晶片中获得均匀红色或黄色的多孔硅发光, 并且已观察到绿色甚至偏蓝的荧光发射.

图 1 是紫外光激发下我们的多孔硅材料样品在室温下的光致发光象 (原稿为彩色照片), 可明显地看到该材料在室温下已能发出明亮的红色、黄色、绿色乃至蓝色的可见荧光, 并且在大气中暴露十几天后, 仍能观察到红色、黄色、绿色亮而稳定的发光. 我们发现, 光致发光的光谱几乎与激发光波长无关. 图 2 中曲线 $a \sim e$ 为同一样品不同部位发光光谱的实测值. 根据文献[3]报道, 减薄孔壁可使光荧光波长向短波移动, 然而这种光发射在空气中很不稳定, 它在极短的时间内会衰减殆尽. 从图 1 和 2 可以看到, 采用我们的工艺, 已可获得峰值波长短至 570nm 的相当稳定的光致发光. 初步估计^[1]我们的量子线阵材料的孔径已达 18 Å 以下. 一般多孔硅量子线阵可分为微孔 (孔径 < 2nm)、中孔 (孔径 2 ~ 50nm) 及宏孔 (孔径 > 50nm) 三种, 宏孔结构不呈现光致发光特性, 中孔一般可发红光, 微孔由于孔径过小, 极难制作稳定而有序的结构. 图 1 和 2 表明我们制作的隐埋的

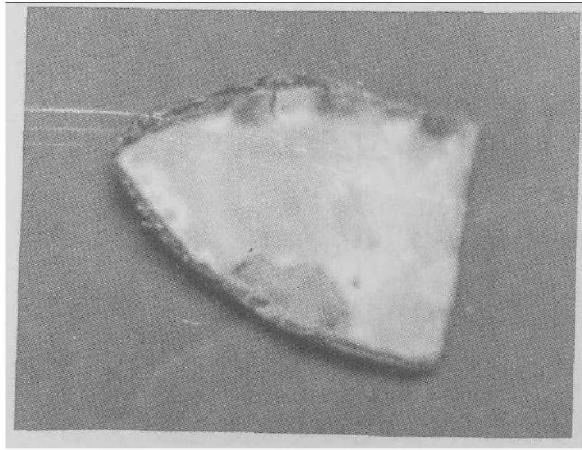


图1 多孔硅量子线阵样品光致发光象
Fig. 1 Photoluminescence photo of some porous silicon quantum wire array

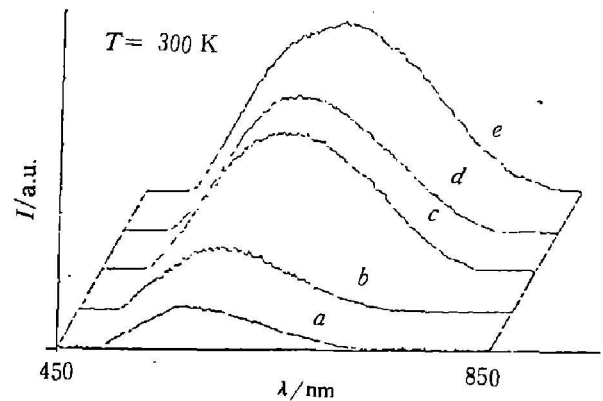


图2 图1中多孔硅材料不同点上的光致发光光谱

Fig. 2 The spectra of photoluminescence on different areas of the porous silicon wafer shown in Fig. 1

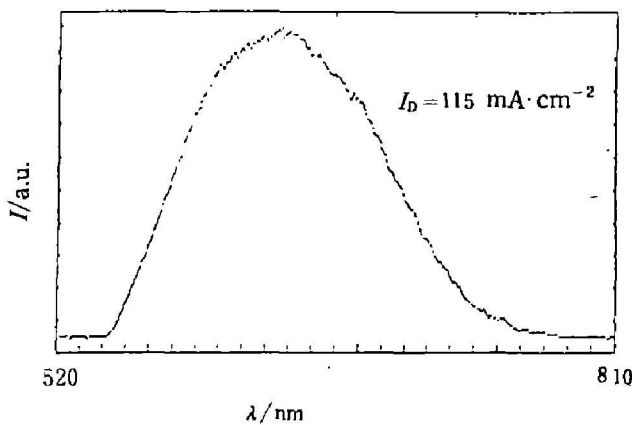


图3 采用多孔硅材料制作的肖特基二极管在室温下的发光光谱

Fig. 3 Electroluminescence spectrum at room temperature of a porous silicon-based Schottky diode

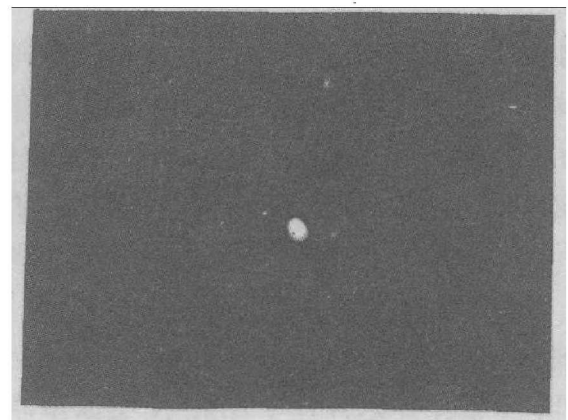


图4 图3所用二极管的发光象

Fig. 4 Electroluminescence photo of the diode shown in Fig. 3

中、微孔多孔硅能呈现强而稳定的光致发光。一般可以认为此光致发光源自多孔硅中的量子尺寸限制的微结构。诚如其它的纳米级材料一样，这种量子限制的硅微结构材料由于具有很大的表面积必将导致其独特的光学和电学性质。实验发现，多孔硅材料的光荧光峰值波长与阳极氧化条件及硅基片的电阻率和导电类型有关。

图3为我们用多孔硅材料制作的肖特基二极管的电致发光光谱，图4则为它的发光象(原稿为彩色照片)。实验发现，本多孔硅发光二极管具有较好的正向伏安特性。所有的二极管均呈现明亮的电致发光。对多孔硅材料电致发光机理的一种可能解释是：在电场作用下电子和空穴从肖特基电极和硅基片注入到量子限制的硅微结构中的量子态导致的辐射跃

迁^[2]. 总之, 我们采用廉价而简单的工艺制作了高空度微孔硅量子线阵材料, 成功地获得了短至绿、蓝光的光致发光, 并在此基础上初步实现了电注入激活发光. 进一步的研究工作正在进行之中.

致谢: 作者深切感谢应丽芳、周晨和廉哲同志对本实验研究的帮助.

参 考 文 献

- 1 张丽珠, 段家祗, 张伯芯等. *半导体学报*, 1992, 13: 193
- 2 Koshidan N, Koyama H. *Appl. Phys. Lett.*, 1992, 60: 347
- 3 Bsiesy A et al. *Surface Science*, 1991, 254: 195

VISIBLE LIGHT EMISSION FROM HIGHLY POROUS SILICON

Zong Xiangfu, Weng Yumin, Fan Zhineng, Zheng Qingping

(*Institute of Materials Science, Fudan University, Shanghai 200433, China*)

Abstract: Porous silicon material has been made out and its photoluminescence of wavelengths down to green and blue ranges observed. On these bases electroluminescence with a yellow color by means of current injection has been primarily obtained.

Key words: porous silicon, quantum wire array, photoluminescence, electroluminescence.