

Er³⁺、In³⁺等金属离子对多孔硅 光致发光性质的影响*

黄明举 徐国定 张兴堂 莫育俊**

(河南大学物理系 开封 475001)

摘 要: 用阳极腐蚀的方法制备了多孔硅样品,用电化学方法在多孔硅中注入 Er³⁺、In³⁺等金属离子,并对注入离子后多孔硅的光致荧光光谱进行了研究,结果表明:注入 Er³⁺及 In³⁺后的多孔硅在 588 nm 处的发光峰强度大大增加,同时发光峰稍有展宽,随着离子注入时间的增长,强度继续增加,但当离子溶液浓度一定时,这种增强对时间具有饱和性。

关键词: 多孔硅; 荧光光谱

中图分类号: O644

文献标识码: A

1 引言

硅是最重要的半导体材料,在微电子和光电子器件领域有着广泛的应用,但因它的间接带隙结构,其发光效率极低,这极大地限制了它在光电子领域的应用,自从 1990 年 Canham 发现用阳极腐蚀法制备的多孔硅(PS)可以发出较强的可见光后^[1],为硅在光电子领域的应用展示了令人兴奋的前景,但由于这些样品的光致发光效率仍然偏低(量子效率为 1%~10%)^[2],且发光性质很不稳定,对制备和存放条件的变化非常敏感^[3,4],因此如何提高多孔硅的发光效率、增强其稳定性成为近年来该领域研究的热点。李仪等^[5]在多孔硅中掺入 Er³⁺研究了多孔硅对 Er³⁺的 1.54 μm 特征发光的增强作用,但没有研究 Er³⁺对多孔硅特征发光的增强情况^[5]。我们在不同的实验条件(溶液浓度、通电时间等)下研究了 Er³⁺、In³⁺等离子对多孔硅特征发光性质的影响,发现 Er³⁺和 In³⁺对多孔硅的特征发光具有较大的增强作用,同时,当溶液浓度一定时,随着离子注入时间的延长,这种增强呈现出饱和的趋势。

2 实验

实验所用的单晶硅片是(111)P型硅,电阻率为 8~13 Ω·cm,阳极腐蚀所用溶液成分为 HF:C₂H₅OH:H₂O=1:1:2(体积比),电流密度为 25 mA/cm²,通电时间为 30 min,用称量法估计多孔硅层孔隙度为 70%,电化学方法注入离子所用 Er₂(SO)₃和 InCl₃的摩尔浓度分别为 0.1 和 0.34 mmol/L,电流密度均为 2 mA/cm²,时间分别为 2、5 和 10 min,温度为室温;为了便于比较,注入同一离子的多孔硅样品是同一次制成的。

* 河南省自然科学基金资助课题、河南省教委资助课题。

** 通讯联系人, Email: yujunmo@mail.henu.edu.cn

收稿日期: 1999-07-07; 修回日期: 2000-03-06.

上述方法制成的样品在 Spex-F212 荧光光谱仪上测量其荧光光谱, 激发波长为 340 nm.

3 结 果

上述方法制成的多孔硅样品, 在紫外灯下可看到很强的黄色发光, 注入 Er^{3+} 及 In^{3+} 后在紫外灯下仍然可以看到很强的黄色发光, 前后相比后者发光明显增强. 图 1、图 2 分别给出了经不同时间注入 Er^{3+} 、 In^{3+} 后多孔硅样品的光致荧光光谱 (PL), 从以上图中可以得出结论: 注入 Er^{3+} 后, 多孔硅的发光强度大幅度提高, 发光峰稍有展宽, 为 60 nm 左右; 随着离子注入时间的增长, 发光强度亦增加, 但通电 5 和 10 min 样品的谱线基本重合, 表明通电 5 min 以后离子注入饱和, 发光强度不再增加. 注入 In^{3+} 后, 同注入 Er^{3+} 一样, 多孔硅的发光强度大幅度的提高, 峰位稍有展宽, 随着离子注入时间增长, 发光强度亦增加, 虽然 5 min 后没有饱和, 但从图中增强趋势看, 随时间增长, 发光强度的增加幅度在减小, 表明也可能会有一个出现离子注入饱和的时间.

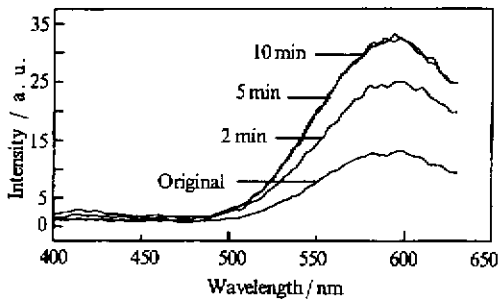


图 1 注入 Er^{3+} 后多孔硅样品的光致荧光光谱

Fig. 1 The PL of the PS Sample implanted with Er^{3+}

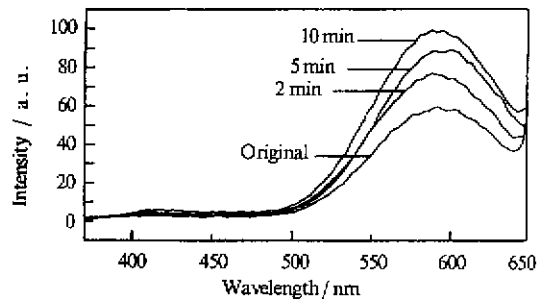


图 2 注入 In^{3+} 后多孔硅样品的光致荧光光谱

Fig. 2 The PL of the PS Sample implanted with In^{3+}

按照俞鸣人、王迅等的工作^[2], 多孔硅的发光来源于光激发的电子-空穴对在纳米结构的单晶硅中形成的激子, 这里 Er^{3+} 、 In^{3+} 的注入, 可能增加了上述激子的数目, 因此能使发光强度有所增加, 但是由于多孔硅内部容纳离子的能力有限, 当注入离子的时间足够长时, 样品中的离子容纳趋于饱和, 再继续通电不能增加注入离子的数目, 当然也就不能提高激子的数目, 所以发光强度的增加也就趋于饱和. 显然, 此实验仍需进一步的研究.

致谢: 本实验工作得到了本系杜祖亮教授、刘长春副教授、马国宏老师、王连英等同志的热情帮助和支持, 在此一并表示感谢.

参 考 文 献

- [1] Canham L T. *Appl. Phys. Lett.*, 1990, **57**: 1046
- [2] Yu Mingren (俞鸣人), Wang Xun (王 迅). *Physics (物理)*, 1995, **24**: 212
- [3] Ito L, Hiraki A. *J. Lumin.*, 1993, **57**: 331
- [4] Zhang S L, Huang F M, et al. *Phys. Rev.*, 1995, **B51**: 11194
- [5] Li Yi (李 仪), Zhou Yongdong (周咏东), et al. *J. Lumin. (发光学报)*, 1996, **17**: 33

The Effect of Er^{3+} and In^{3+} on Photoluminescence Properties of Porous Silicon*

Huang Mingju, Xu Guoding, Zhang Xingtang, Mo Yujun**

(Department of Physics, Henan University, Kaifeng 475001)

Abstract The porous silicon (PS) samples were prepared by anodic etching method, and the Er^{3+} , In^{3+} were implanted into the PS samples by plating method. The results show that the implantation of such ions improves greatly the intensity of photoluminescence (PL) of the PS samples and makes the PL peak slightly blue-shift. With the increase of the plating time, the intensity of the PL increases continuously, but it has a saturation property to the plating time.

Key words Porous silicon, Photoluminescence

* Project supported by Natural Science Foundation of Henan province and Educational Committee of Henan province.

** To whom correspondence should be addressed.