

# 纳米绿色照明材料研究

128-130

陈仲林

(重庆建筑大学建筑城规学院 630045)

张玉奇 严德忠 万体智

(重庆建筑大学测试中心 630045)

TU 113.53

**摘要** 采用荧光分光光度计对制备的多孔硅进行了测试,结果表明,多孔硅的光致发光强度大,可以进一步提高其光致发光性能,并有希望成为一种二十一世纪的绿色照明产品。

**关键词** 多孔硅, 光致发光, 绿色照明

中图法分类号 TU 113.53

纳米材料是一种新颖的材料,具有极广阔的应用前景。纳米材料的特点是:即使是一种很普通的材料,只要使其尺度变成几个纳米到十几个纳米后,它就具有很特殊的性能。硅是一种在微电子领域中使用得非常广泛的、普通的半导体材料,半导体器件基本上是用硅做成的。然而,由于硅材料带隙较小(1.1eV),辐射在远红外光谱区域,而且强度非常弱,不能实用,故其一直未能在光电子领域中发挥作用。1990年英国皇家信号及雷达机构(RSRE)的Canham成功地用氩离子激光器的绿色光激发多孔硅表面,产生了红色光<sup>[1]</sup>。1991年英国材料研究协会在新闻发布会上展示了可发射红色光、橙色光、黄色光和绿色光的多孔硅,从而在全世界范围内进一步掀起了一场研究光致发光的热潮。在电子显微镜下,可以清楚地看到多孔硅呈蜂窝状、晶柱和晶粒分布无明显规则,大小在2nm至5nm之间,因此具有量子尺寸效应,在常温下,可以使多孔硅发射出可见光。正是因为多孔硅在可见光范围内呈现出光致发光(PL)现象,所以使硅在发光材料中找到了广阔的应用前景,从而打开了硅材料光电子领域的大门,并使实现硅光电集成这种非常吸引人的想法成为可能。

## 1 多孔硅制备与分析

实验样品材料采用n型单晶硅片,单面抛光,晶向为(100),电解液的体积比为48%的氢氟酸:乙醇=1:1,以硅片作阳极,不溶性铂片作阴极,进行电化学腐蚀,同时用791型磁力加热搅拌器消除氢气泡,阳极氧化的电流密度为4.59mA/cm<sup>2</sup>,氧化时间42min。

对制备的多孔硅用SPF-500C荧光分光光度计测试表明,多孔硅在265nm的紫外光激发下,发射出峰位波长为649nm的橙偏红色光,多孔硅样品的光致发光谱(一天后)如附图所示。制备的多孔硅样品的光致发光强度较大,人眼可以强烈感觉到多孔硅表面发射出橙偏红色光。

收稿日期:1996-11-13

陈仲林,男,1944年生,教授

实验结果表明,多孔硅的光致发光强度不但与多孔硅的孔隙率等有关,而且还与激发光谱有关。当硅柱和硅粒子的尺寸小到纳米量级时,就会出现量子尺寸效应,使多孔硅产生光致发光现象,发射出可见光,并可测得发出可见光的多孔硅的孔隙率都大于80%<sup>[2]</sup>。多孔硅的形成与硅片的导电类型、电阻率、阳极氧化的电流密度、时间和氢氟酸浓度等反应条件有关。在制备的样品中,当电流密

度( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )和时间( $\text{min}$ )的乘积小于 $60\text{mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 时,全部制备的样品均未观察到强烈的光致发光现象,实验结果还表明,即使对于同一块多孔硅样品,如激发光的波长不同,多孔硅PL光谱的峰位波长也要发生变化,即随着激发光波长变短而使PL谱峰位逐渐蓝移,同时在一定的激发光波长范围内PL谱的波峰强度也有所增加,这样的实验结果与廖良生等人的实验结果<sup>[3]</sup>是吻合的。

目前,利用上述电化学腐蚀法制备的多孔硅可发射出较强的可见光,但缺点是发光稳定性差;光致发光硅还可以采用等离子体增强化学气相沉积法(PECVD)等制备,通常把这种制备方法获得的光致发光硅称为纳米硅,它具有发光稳定性好、工艺重复性好等优点,但其光致发光强度较小。

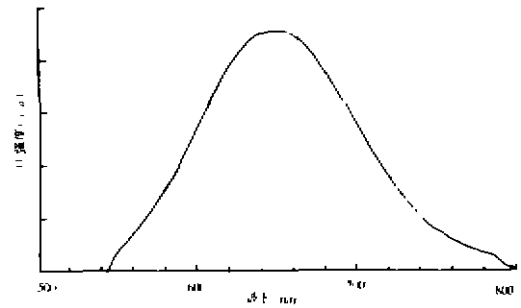
对于照明工程来说,如果能够研制出光致发光性能好、成本低,以及具有贮光特性的光致发光硅薄膜,那么就可以把这种纳米材料用于绿色照明工程,并可以制成一种不用电的新光源。很显然,这种新光源不但会起到节约电能和保护环境的作用,而且还为实现经济可持续发展作出贡献。

## 2 绿色照明

节约电能和保护环境是当前国际上照明工程方面的热门研究课题。美国环境保护署于1991年提出绿色照明计划<sup>[4]</sup>,主张采用高效节能照明产品等;日本、法国、瑞典、荷兰、丹麦等工业发达国家和一些发展中国家也都在积极组织实施绿色照明工程计划;我国于1994年开始组织制定绿色照明工程计划,经过近3年的调研和试点工作后,从1996年起开始在全国积极开展绿色照明工程。绿色照明的宗旨是利用高效节能灯具、节约电能、合理照明和保护环境。其核心内容之一是节电。

我国照明用电量占总发电量的比例约为10%,1995年总发电量为10000亿度电,相应的照明用电量为1000亿度电,超过待建的三峡水力发电站的年总发电量。目前,我国电力的四分之三是由火力发电厂提供的,而燃煤排放的二氧化碳、二氧化硫、烟尘悬浮物等会引起温室效应、酸雨和严重环境污染。因此,照明节电,具有巨大的社会效益、经济效益和生态效益。

在照明工程中,最理想的节电措施是充分利用太阳光来照明。在白昼时,可进行天然采光,使室内光线满足人们视觉工作的需要;但是在晚上或对于地下室等建筑设施而言,要想



附图 多孔硅样品的 PL 谱

使照明满足人们学习、生活和工作的要求,现阶段基本上只能采用人工光源照明,即要消耗大量的电能。如果在晚上仍想利用太阳光来照明,那么只能研制新颖的照明器,使它在白昼时,吸收太阳光并贮存起来,到晚上时,直接把光射到需要的地方,这是一种很理想的新颖节电光源。要知道,太阳是一个巨大的、安全的、不污染环境的清洁能源。如能研制出这种不用电、只依靠太阳能的光致发光的新光源,那么就可以在晚上也能达到利用太阳光照明的目的。这种新颖光源不需要光电或光热等中间转换过程,它能直接把太阳光贮存起来,并可发射出可见光,能量损耗低,所以这是一种高效新光源。

从多孔硅光致发光现象来看,如把它进一步制成不用电的新光源,那就要求多孔硅不但具有较为满意的光致发光性能,而且更为重要的是具有发光延迟时间,即吸收入射光的光子能量到发出光的时间间隔应为几个小时以上才具有较为满意的贮光性能。

德国学者 M.S.Brandt 认为多孔硅在低温时,发光会在几个小时内延迟,这所谓多孔硅的发光疲劳现象,与发光峰位置有关<sup>[5]</sup>。因此,使多孔硅的光致发光延迟几个小时是可以实现的,并且用多孔硅等新颖纳米材料制成不用电的光源是可能的。

### 3 小 结

从制备的多孔硅看,多孔硅可在常温下发射较为强烈的可见光,但是,为了能把这种新颖纳米材料用于照明工程中去,那就必须进一步增大其光致发光强度,提高稳定性,实现发光延迟,降低成本,这样才有可能使这种纳米材料成为一种廿一世纪的绿色照明材料。

#### 参 考 文 献

- 1 L. T. Canham et al. Silicon quantum wire array fabrication by electrochemical and chemical dissolution of wafers. *Appl. Phys. Lett.*, 1990, 57: 1046
- 2 王兢等. 多孔硅的发光特性. *半导体*, 1992, 17(3)
- 3 廖良生等. 多孔硅中两种不同的光致发光谱. *半导体*, 1995, 16(2)
- 4 J. Lawson et al. Green Lights on Energy Savings. *LD + A*, 1991(2)
- 5 李雪梅等. 多孔硅的发光机制综述. *半导体*, 1994, 19(1)

## Research on Nano-materials for Green Lights

*Chen Zhonglin*

(Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jianzhu University, Chongqing 630045)

*Zhang Yuqi Yan Dezhong Wan Tizhi*

(Analytical and Testing Centre, Chongqing Jianzhu University, Chongqing 630045)

**Abstract** In this paper, the porous silicon(Si) samples fabricated by the present authors were analyzed using spectrofluorometer and the result exhibits obvious visible photoluminescence. By further research and upgrade of its photoluminosity, porous Si will probably be hopeful to become a new material for green lights in the next century.

**Key words** porous silicon (Si), photoluminescence, green lights

(编辑:袁江)