

# 硅纳米晶体与尺寸相关的介电函数谱

纳米光学

张荣君 陈一鸣 陆卫杰 蔡清元 郑玉祥 陈良尧

(复旦大学信息科学与工程学院, 上海 200433)

嵌埋于  $\text{SiO}_2$  中的硅纳米晶体具有结构稳定、发光性质可控和制备简便等特点, 受到广泛关注和研究。在设计与研制基于硅纳米晶体的应用器件时, 需掌握不同尺寸硅纳米晶体的复介电函数或复折射率, 因为这些参数决定了硅纳米晶体的光学性质, 同时介电函数与晶体的能带结构相关联, 直接反映晶体对外场的响应。对介电函数的研究也有助于了解量子限制尺寸下半导体的性质, 在基础物理研究的角度上也有重要的意义<sup>[1]</sup>。

我们采用在 Si 衬底上通过热蒸发生长  $\text{SiO}_x/\text{SiO}_2$  多周期结构并高温退火, 通过改变  $\text{SiO}_x$  层的厚度从而获得不同尺寸、嵌埋于  $\text{SiO}_2$  中的硅纳米晶体。获得了尺寸分别为 2 nm (样品 A), 3 nm (样品 B), 5 nm (样品 C) 和 6 nm (样品 D) 的硅纳米晶体。对样品进行光致发光 (PL) 光谱测量 (如图 1 所示为归一化后的 PL 光谱图), 表明样品中硅纳米晶体的尺寸逐渐增大, 与样品制备时的设计值相一致<sup>[2]</sup>。

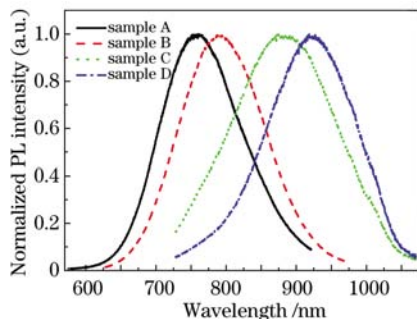


图 1 各样品的归一化 PL 光谱

采用 RAP 型光度式椭圆偏振仪在室温下对各样品进行了椭圆偏振测量<sup>[3]</sup>。测量的光子能量范围为 1.5~4.5 eV, 步长为 0.05 eV, 入射角分别取 65°, 70° 和 75°。经由椭圆偏振测量获得的椭圆偏参数需要进行拟合才能得到材料的光学常数, 在椭圆偏参数的拟合过程中, 膜系结构模型的建立与光学色散模型的选取起着非常重要的作用<sup>[1]</sup>。通过椭圆偏拟合获得的嵌埋于  $\text{SiO}_2$  中硅纳米晶体的介电函数如图 2 所示<sup>[2]</sup>, 体材料晶体硅的复介电函数也列出作为对比。

从图 2 可知, 样品 A、B、C 和 D 的介电函数实部与虚部在数值上分为两种类型: 样品 A 和 B 一组, 样品 C 和 D 一组, 同一组内介电函数的实部与虚部数值非常接近, 可能是由于其尺寸相近和硅纳米晶的含量相近的缘故<sup>[4]</sup>。硅纳米晶体的介电函数与体材料晶体硅相比, 其幅值有显著的下降,

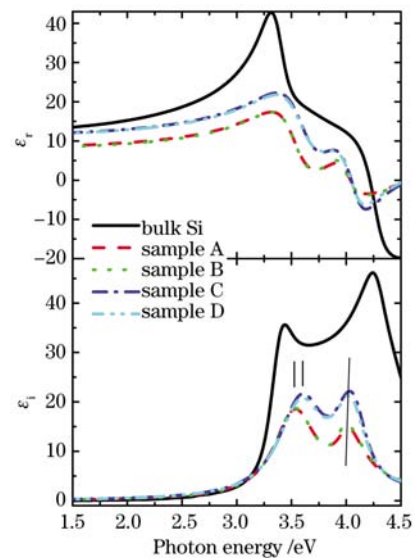


图 2 尺寸分别为 2 nm (A)、3 nm (B)、5 nm (C) 和 6 nm (D) 的硅纳米晶体的介电函数  $\epsilon$ 。作为比较, 体硅材料的介电函数也一并列出

并且幅值的下降随尺寸的减少而增大。相对于体材料晶体硅, 硅纳米晶体介电函数的幅值在下降的同时, 其峰值位置也出现变化。对于体材料硅, 其介电函数虚部峰值  $E_1$  与  $E_2$  分别出现在 3.4 与 4.25 eV, 而对于样品 A 和 B, 其  $E_1$  值位于 3.5 eV, 对样品 C 和 D, 其  $E_1$  的位置则位于 3.6 eV; 另外, 所有样品的  $E_2$  均出现在 4.0 eV。

以上结果表明, 硅纳米晶体尺寸的变化导致其介电函数峰值发生移动, 与体材料相比, 介电函数的幅值也会随尺寸减少而下降。准确获得硅纳米晶体与尺寸相关的介电函数性质, 在硅基微纳光子学器件的研究中有重要意义。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (60638010) 和教育部留学回国人员科研启动基金。

通信作者: 张荣君, E-mail: rjzhang@fudan.edu.cn

## 参考文献

- 1 H. G. Yoo *et al.*, *Phys. Rev. B.*, 2008, **77**(11): 115355
- 2 R. J. Zhang *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2009, **95**(16): 161109
- 3 L. Y. Chen *et al.*, *Appl. Opt.*, 1994, **33**(7): 1299~1305
- 4 S. Z. Feng *et al.*, *J. the Kor. Phys. Soc.*, 2007, **51**(4): 1593~1597