

Au 纳米颗粒和 CdTe 量子点复合体系发光增强和猝灭效应

周小东 张少锋 周思华

Enhancement and quenching of photoluminescence from Au nanoparticles and CdTe quantum dot composite system

Zhou Xiao-Dong Zhang Shao-Feng Zhou Si-Hua

引用信息 Citation: [Acta Physica Sinica](#), 64, 167301 (2015) DOI: 10.7498/aps.64.167301

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.167301>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2015/V64/I16>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

纳米银六角阵列在掺氧氮化硅中的局域表面等离激元共振特性仿真

[Simulation of localized surface plasmon resonance of hexagonal Ag nanoarrays and amorphous oxidized silicon nitride](#)

物理学报.2015, 64(17): 177301 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.177301>

Au 纳米颗粒和 CdTe 量子点复合体系发光增强和猝灭效应

[Enhancement and quenching of photoluminescence from Au nanoparticles and CdTe quantum dot composite system](#)

物理学报.2015, 64(16): 167301 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.167301>

复合金属光栅模式分离与高性能气体传感器应用

[Split modes of composite metal grating and its application for high performance gas sensor](#)

物理学报.2015, 64(14): 147302 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.147302>

径向偏振光下的长焦、紧聚焦表面等离子体激元透镜

[Plasmonic lens with long focal length and tight focusing under illumination of a radially polarized light](#)

物理学报.2015, 64(9): 097301 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.097301>

十字结构银纳米线的表面等离极化激元分束特性

[Surface plasmon polaritons splitting properties of silver cross nanowires](#)

物理学报.2015, 64(9): 097303 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.097303>

Au纳米颗粒和CdTe量子点复合体系 发光增强和猝灭效应*

周小东^{1)†} 张少锋²⁾ 周思华¹⁾

1)(周口师范学院物理与机电工程学院, 周口 466001)

2)(河南科技大学物理工程学院, 洛阳 471023)

(2015年3月1日收到; 2015年4月9日收到修改稿)

利用金属蒸发真空多弧离子源注入机, 将 Au 离子注入到高纯石英玻璃来制备镶嵌有 Au 纳米颗粒的衬底材料, 随后将化学方法合成的 CdTe 量子点旋涂在玻璃衬底上制备了 Au 纳米颗粒和 CdTe 量子点复合体系. 通过对镶嵌有 Au 纳米颗粒的衬底进行热退火处理来控制 Au 纳米颗粒的生长和分布, 系统研究了 Au 纳米颗粒的局域表面等离子体共振对 CdTe 量子点光致发光性能的影响. 利用光学吸收谱、原子力显微镜、透射电子显微镜和光致发光谱对样品进行了表征和测试. 光致发光谱表明, Au 纳米颗粒的局域表面等离子体对 CdTe 量子点的发光有增强效应也有猝灭效应. 深入分析了 Au 纳米颗粒和 CdTe 量子点之间的相互作用过程, 提出了关于 Au-CdTe 纳米复合体系中 CdTe 发光增强和猝灭的新机理. 该实验结果为利用金属纳米颗粒表面等离子体技术制备高发光性能的光电子器件提供了较好的参考.

关键词: 离子注入, Au 纳米颗粒, CdTe 量子点, 光致发光**PACS:** 73.20.Mf, 78.55.-m**DOI:** 10.7498/aps.64.167301

1 引言

表面等离激元 (surface plasmons, SPs) 是金属纳米结构中自由电子的共谐振荡^[1], 它有两种模式: 一种是局域的表面等离激元 (localized surface plasmon, LSP)^[2,3]; 另一种是传播型的表面等离激元 (propagating surface plasmon polariton, SPP)^[4]. 表面等离激元由于具有一系列奇特的光学性质, 如对光的选择吸收和散射、局域电场增强、电场强束缚、可远程传播等, 使得它在材料、生物、化学等领域得到广泛的应用. 如利用金属纳米颗粒对光的强烈散射效应作为分子图像的生物标记^[5]; 纳米颗粒对光强烈的吸收可应用于控制药物在人体内的输运^[6]和对癌细胞的光热处理^[7]; Au 纳米颗粒的局域表面等离激元共振吸收可以使

Si 纳米颗粒在近红外区域的光吸收增强两个数量级^[8]; 链状纳米颗粒阵列可作为波导把电磁能量传递到几个微米的距离^[9]; 利用传播型的表面等离激元 (SPP) 的传导特性可以实现基于 SPP 的光开关^[10-12]以及单量子点的远程激发和探测^[13]. 另外, 金属纳米颗粒 LSP 的局域电场增强效应会增强光与颗粒表面物质的相互作用, 导致如典型的表面增强拉曼散射^[14,15]和增强半导体发光等^[16-18]效应的出现.

事实上, 由于半导体的激子和金属的表面等离激元之间的耦合过程十分复杂, 在半导体-金属耦合体系中半导体的发光有增强的现象, 也有发光猝灭的现象发生^[16-21], 半导体发光增强和猝灭的机理至今还不十分清晰, 因此, 更好地理解激子和表面等离激元的耦合过程和机理就显得尤为重要. 半

* 国家自然科学基金 (批准号: 11405280, 51402090)、河南省教育厅科研项目 (批准号: 14B140021) 和周口师范学院博士科研启动经费 (批准号: zksybscx201210) 资助的课题.

† 通信作者. E-mail: zhouxd516@163.com

导体的发光增强或猝灭取决于很多因素,如半导体发光能量和金属表面等离子体的能量之间的匹配、金属的几何形状、半导体和金属之间的距离等.一般来说,半导体发光能量和金属表面等离子体能量越匹配(接近或相等),共振耦合效应越强,越能带来更大的发光增强^[22,23].此外,金属纳米颗粒的尺寸以及金属纳米颗粒和半导体之间的距离对发光增强和猝灭的竞争过程有一定影响^[17,24–26].

离子注入技术是一种将纳米尺寸的颗粒镶嵌在衬底近表面而形成纳米颗粒复合材料的最有效、方便的方法之一,且金属纳米颗粒受到衬底材料的保护而具有较好的稳定性.早在1977年,Arnold和Borders^[27]第一次利用离子注入技术在SiO₂基底中制备了镶嵌的Au,Ag纳米颗粒.结合前期研究工作基础^[21],本文设计了一种独特的方法来制备Au纳米颗粒和CdTe量子点耦合体系,先通过离子注入法在SiO₂衬底表面形成镶嵌的Au纳米颗粒,随后将Au注入样品经过热退火处理来控制Au纳米颗粒的生长和分布,接下来将化学合成的CdTe量子点的胶体旋涂于镶嵌有Au纳米颗粒的SiO₂衬底表面.提出了一种半导体激子和金属表面等离子体耦合过程,来解释该Au-CdTe纳米复合体系中CdTe发光增强和猝灭现象,将有助于澄清半导体和金属耦合体系中的光发射增强和猝灭机理.

2 实 验

采用金属蒸发真空多弧离子源(MEVVA)引出的强束流脉冲Au离子注入到高纯光学石英玻璃片,Au离子注入的加速电压分别为40 kV,离子注入的剂量是 1×10^{17} ions/cm².将Au离子注入后的样品在普通的管式退火炉中,空气氛围下进行热退火处理,退火温度是600–1000 °C,间隔100 °C,退火时间为1 h,系统研究了热退火处理对Au纳米颗粒的成核、生长、分布以及光学性能的影响.

CdTe量子点制备所需的实验材料有:硝酸镉(Cd(NO₃)₂),碲粉(Te),硼氢化钠(NaBH₄),巯基乙酸(TGA),氮气(N₂),氢氧化钠(NaOH),双蒸水.量子点合成具体实验过程如下:1)合成NaHTe水溶液,首先将46 mg的Te粉及2 mL的双蒸水加入单颈烧瓶中,然后在氮气的保护下,将40 mg NaBH₄加入,反应2 h后得到无色的NaHTe水溶液;2)合成CdTe量子点,将0.5 mmol

的Cd(NO₃)₂和0.5 mmol的TGA溶于100 mL水中,用1.0 mol/L的NaOH水溶液对溶液的pH值进行调节(约8.2),并将此溶液用氮气除氧30 min,然后,在激烈搅拌下,将步骤1)中新配置的NaHTe(0.062 mmol)迅速注入上述溶液,在氮气的保护下回流30 min即得CdTe量子点胶体.

采用紫外-可见双光束分光光度计(Varian Carry 5000)对样品的光吸收性能进行表征,样品的表面形貌和微观结构分别通过原子力显微镜(AFM, Shimadzu, SPM-9500 J3)和透射电子显微镜(TEM, JEOL 2010 (HT))进行表征.室温光致发光谱(PL谱)测试采用的是Jobin-Yvon公司生产的激光显微拉曼光谱仪,激发光源为波长488 nm的Ar⁺激光器,采用CCD探测器对数据进行采集.

3 结果与讨论

3.1 SRIM软件模拟Au离子注入的射程分布

为了使离子注入制备的Au纳米颗粒分布于衬底近表面,利用SRIM(stopping and range of ions in matter)软件程序模拟了40 kV离子注入能量下Au离子射程深度分布图,如图1所示.可见Au离子分布的最大射程在25 nm左右,同时Au离子大部分都分布在从衬底表面到40 nm深的位置.

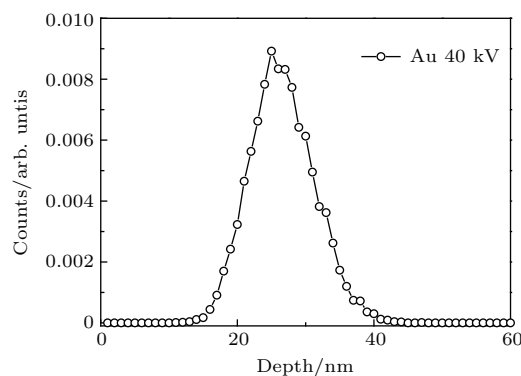


图1 SRIM软件模拟40 kV Au离子注入的射程分布(图中实线为拟合的高斯分布曲线)

Fig. 1. The Au implanted profiles at 40 kV simulated by SRIM software (the solid line shows the Gaussian fitting result).

3.2 热退火对Au纳米颗粒表面等离子共振吸收性能的影响

图2给出了Au离子刚注入样品以及注入样品经700–1000 °C热退火处理后的光吸收谱.可见

Au 离子刚注入样品中在 520 nm 附近出现一个微弱的吸收峰, 该吸收峰是 Au 纳米颗粒的局域表面等离子共振 (localized surface plasmon resonance, LSPR) 吸收峰 [28,29], 这一结果表明由于 Au 离子的注入剂量较高 (1×10^{17} ions/cm²), 在刚注入样品中, Au 离子在衬底内部已经自发团聚成核而形成纳米颗粒了. 同时光吸收谱中出现的微弱的吸收峰也暗示了衬底中 Au 颗粒的尺寸较小. 随着退火温度的增加, Au 纳米颗粒的局域表面 LSPR 吸收峰越来越尖锐, 同时 Au 纳米颗粒的局域表面 LSPR 吸收峰的位置随退火温度升高都发生了红移 (向长波长方向移动). 金属纳米颗粒的吸收峰的峰强和峰位与金属纳米颗粒的尺寸、分布、介质环境等诸多因素有关, 这里我们主要认为是由于 Au 纳米颗粒的尺寸和分布改变造成的. 一般而言, 随着退火

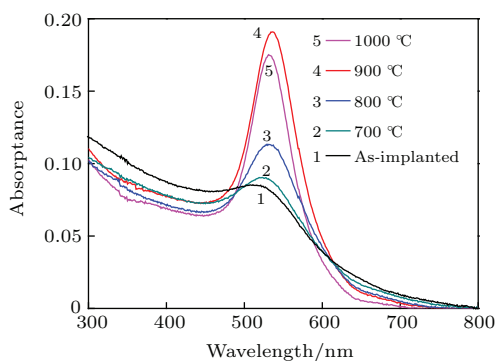


图2 (网刊彩色) 40 kV Au 离子刚注入玻璃片样品及注入样品经 700—1000 °C 热退火处理后的光吸收谱

Fig. 2. (color online) The optical absorption spectra of the Au ions as-implanted samples at accelerating voltage of 40 kV and the implanted samples annealed at 700—1000 °C.

温度的升高, 金属纳米颗粒的尺寸会增大, 颗粒尺寸增大, 在量子尺寸效应下导致 Au 纳米颗粒的局域表面 LSPR 吸收峰发生红移.

3.3 Au 离子注入样品微观结构的透射电镜 (TEM) 表征

为了证实样品经热退火处理后纳米颗粒会逐渐团聚而长大, 并揭示 Au 纳米颗粒经热退火处理后颗粒的生长和分布与样品光吸收性能之间的关系, 对样品进行了 TEM 表征. 如图 3 所示, 图 3 (a), (b), (c) 和 (d) 分别是 Au 注入能量为 40 kV 时, Au 离子刚注入的样品和样品经过 800, 900 和 1000 °C 退火后样品的截面 TEM 像. 从图 3 (a) 可以看出, Au 离子刚注入样品中, Au 纳米颗粒尺寸较小 (直径 2 nm 左右). 当注入的样品经过热退火处理后, Au 纳米颗粒随退火温度的升高而逐渐长大, 当退火温度在 900 °C (图 3 (c)), 一些颗粒的尺寸达到 20 nm 左右. Au 纳米颗粒的生长过程可以用奥斯瓦尔德成熟机理 (Ostwald ripening) [30] 来解释, 随着退火过程的进行, 小尺寸的纳米颗粒会逐渐融合, 生成粒径更大的纳米颗粒, Ostwald 过程强调的是大尺寸纳米颗粒依靠摄取小粒径纳米颗粒的质量进行生长, 因此大尺寸纳米颗粒逐渐长大的过程, 伴随着小颗粒逐渐消失.

TEM 结果证实 Au 纳米颗粒在热退火下的生长过程与光吸收结果中 Au 纳米颗粒吸收峰的变化是一致的, 随着热退火温度的升高, Au 纳米颗粒的平均尺寸逐渐增大, 颗粒尺寸的增大带来光吸收谱

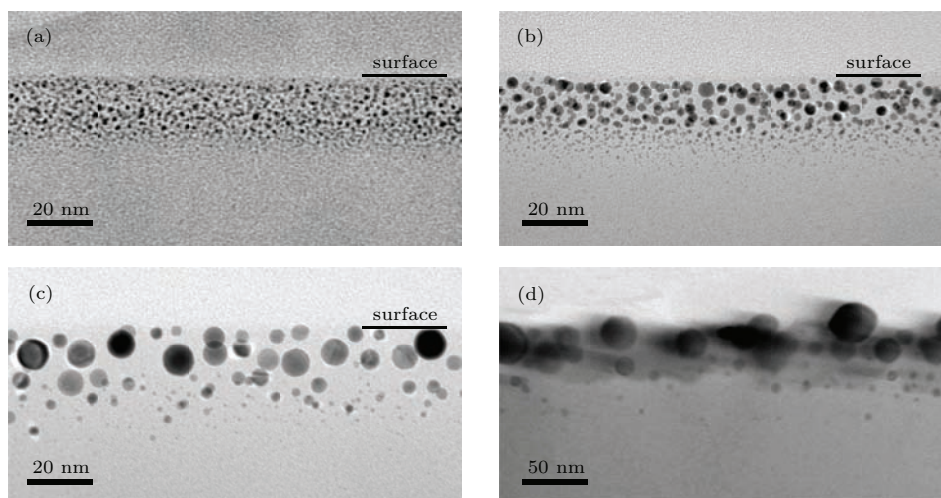


图3 40 kV Au 离子刚注入样品 (a) 和样品在 (b) 800 °C, (c) 900 °C 和 (d) 1000 °C 退火后 TEM 像

Fig. 3. TEM images of the Au ions at 40 kV as-implanted sample (a) and the implanted samples annealed at 800 °C (b), 900 °C (c) and 1000 °C (d).

中吸收峰的红移. 然而当退火温度达到 1000 °C, 在 SiO₂ 衬底表面出现了大量 Au 纳米颗粒, 这一现象是由于在氧气氛围下退火, Au 原子在 O₂ 分子的驱使下向样品表面迁移, 而逐渐在样品表面团聚成大的颗粒. 这一结果与 Mattei 研究小组 [28,29] 报道的实验结果相符合, 也证实了氧化性气氛热退火过程中, 气氛中的 O₂ 分子会促使 Au 原子的扩散, 因此有利于 Au 纳米颗粒的团聚长大和颗粒向样品表面扩散.

3.4 Au 纳米颗粒和 CdTe 量子点复合体系的光致发光谱

我们选择 40 kV Au 离子注入的 SiO₂ 石英片经 600, 700, 800, 900 和 1000 °C 退火后作为复合体系的衬底, 为描述方便, 这里将这五个样品分别用 Au40-600, Au40-700, Au40-800, Au40-900 和 Au40-1000 表示. 将化学合成 CdTe 量子点胶体旋涂在这些镶嵌有 Au 纳米颗粒的衬底上, 同时也选取了空白的石英玻璃片作为参照样. 对这组样品进行了光致发光 (PL) 测试, PL 谱如图 4 所示. 显然, 与空白石英片上 CdTe 量子点 PL 谱相比, 镶嵌有 Au 纳米颗粒的衬底样品的 CdTe 量子点的 PL 谱有较大影响. PL 谱中发光峰的强度随衬底中 Au 纳米颗粒的退火温度有明显的关系, 当 Au 纳米颗粒退火温度较低时 (600 和 700 °C) CdTe 量子点的发光强度被减弱, 随后当退火温度的升高时, PL 谱发光强度逐渐增强, 在 Au40-900 样品中 PL 谱发光强度被增强了 6 倍. 然而, 当 Au 纳米颗粒的退火温度达到 1000 °C, PL 谱的发光强度反而又急速被猝灭.

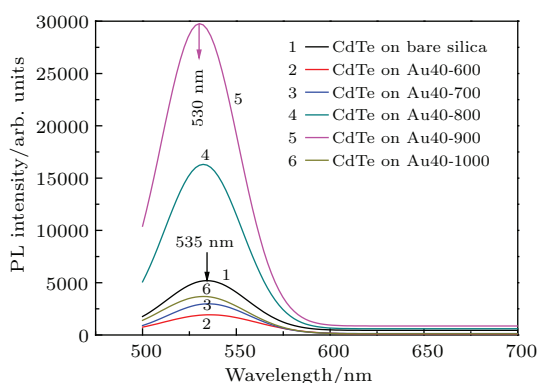


图 4 (网刊彩色) CdTe 量子点旋涂在空白玻璃片 (1) 和 Au 离子注入并经 600—1000 °C 热退火后的玻璃片上 (2—6) 的 PL 谱

Fig. 4. (color online) PL spectra of the CdTe quantum dots spin coated on bare silica (1) and the Au ions implanted silica annealed at 600–1000 °C.

Au 纳米颗粒对 CdTe 量子点 PL 谱的影响与前期研究工作中报道的 Ag 纳米颗粒和 ZnO 薄膜耦合体系中 PL 增强和猝灭的结果类似 [21]. 结合图 2 中的光吸收谱和图 3 中 TEM 结果, 对本实验 Au 纳米颗粒和 CdTe 量子点耦合体系中 PL 增强和猝灭的机理给出如下解释. 光吸收谱中 Au 纳米颗粒在 520 nm 左右有一个很强的 LSPR 吸收峰, 该吸收的位置与 CdTe 量子点的发光峰位置 (530 nm) 十分接近, 因此 Au 纳米颗粒 LSP 和 CdTe 量子点激子之间能发生局域场共振耦合效应. 由图 3 可见, SiO₂ 中的 Au 纳米颗粒的尺寸随退火温度的升高而逐渐增大, 故而 PL 发光峰的强度与 Au 纳米颗粒的尺寸有一定关系. 当退火温度较低时 (600 和 700 °C), 样品中 Au 纳米颗粒的尺寸较小, Au 纳米颗粒对光的等离子体共振吸收大于散射部分, 因此 CdTe 量子点的发光被 Au 纳米颗粒有效的吸收, 另一方面, 由于 CdTe 的发光能量和 Au 的 LSPR 能量接近, 二者之间将发生非辐射能量转移, 从而导致 CdTe 量子点的发光被减弱. 随着退火温度升高 (800 和 900 °C), Au 纳米颗粒尺寸增大, Au 纳米颗粒周围的局域场效应增强. Au 纳米颗粒的局域表面等离子与 CdTe 量子点的激子发生共振耦合, 一方面, 局域场耦合光入射场增加 CdTe 量子点的激子产生率, 同时 Au 纳米颗粒的 LSPR 能量大于 CdTe 的发光能量, Au 纳米颗粒的局域表面等离子体波可作为一个激发波激发 CdTe 发光, 所以 CdTe 量子点的发光被增强, 且 PL 的峰位发了蓝移. 然而, 当 Au 纳米颗粒退火温度达到 1000 °C 时, PL 峰的发光强度又急剧减弱, 根据 TEM 结果, 图 3(d) 中样品表面出现了大量 Au 纳米颗粒, 这样当再向样品表面旋涂 CdTe 量子点时, CdTe 量子点将与 Au 纳米颗粒直接接触, 此时将发生了另外一种物理过程, 即 CdTe 量子点和 Au 纳米颗粒直接接触时发生了电子转移过程. 为了进一步证实 Au 注入样品经 1000 °C 退火后样品表面出现大量 Au 纳米颗粒, 对该样品的表面形貌做了 AFM 表征, 如图 5 所示. AFM 结果再次表明 1000 °C 退火样品表面存在大量的 Au 纳米颗粒, 因此旋涂的 CdTe 量子点与 Au 纳米颗粒直接接触. CdTe 量子点在光激发下产生电子-空穴对, 然而因 CdTe 量子点的导带位置高于 Au 纳米颗粒的费米面, 二者在直接接触的情况下, CdTe 导带上电子将转移到 Au 纳米颗粒的费米面上, 降低了电子-空穴对的复合概率, 故导致 CdTe 量子点的 PL 发光强度猝灭.

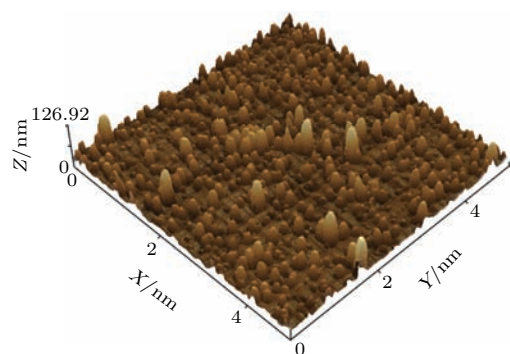


图5 Au离子注入玻璃样品经1000 °C热退火后的AFM图像

Fig. 5. AFM image of the Au ions implanted silica annealed at 1000 °C.

4 结 论

通过在Au离子注入的SiO₂衬底上旋涂CdTe量子点来制备Au纳米颗粒和CdTe量子点复合体系,对镶嵌有Au纳米颗粒SiO₂衬底进行热退火处理来控制Au纳米颗粒的生长和分布,进而系统研究了Au纳米颗粒的LSP对CdTe量子点光致发光性能的影响.结果表明,Au纳米颗粒的LSP对CdTe量子点的发光有增强效应也有猝灭效应.当Au注入样品经900 °C退火,镶嵌在衬底中的Au纳米颗粒尺寸较大时,Au纳米颗粒周围的局域场增强效应使得CdTe量子点的发光强度增强了6倍.然而造成CdTe量子点发光猝灭有两种情况:1) Au注入样品热退火温度较低时,Au纳米颗粒的尺寸较小,Au纳米颗粒和CdTe量子之间发生非辐射能量转移;2) Au注入样品经1000 °C退火,大量Au纳米颗粒扩散到SiO₂衬底表面,使得CdTe量子点和Au纳米颗粒直接接触,发生了电子从CdTe量子点向Au纳米颗粒费米面的转移,降低了电子-空穴对的复合概率.该实验结果有助于澄清半导体和金属耦合体系中发光增强和猝灭机理,同时为利用金属纳米颗粒LSP技术制备高发光性能的光电子器件提供了参考价值.

参考文献

- [1] Tong L M, Xu H X 2012 *Physics* **41** 582 (in Chinese) [童廉明, 徐红星 2012 *物理* **41** 582]
- [2] Willets K A, van Duyne R P 2007 *Annu. Rev. Phys. Chem.* **58** 267

- [3] Mayer K M, Hafner J H 2011 *Chem. Rev.* **111** 3828
- [4] Ritchie R H 1957 *Phys. Rev.* **106** 874
- [5] Cvitkovic A, Ocelic N, Aizpurua J, Guckenberger R, Hillenbrand R 2006 *Phys. Rev. Lett.* **97** 60801
- [6] Peer D, Karp J M, Hong S, Farokhzad O C, Margalit R, Langer R 2007 *Nat. Nanotech.* **2** 751
- [7] Gobin A M, Lee M H, Halas N J, James W D, Drezek R A, West J L 2007 *Nano Lett.* **7** 1929
- [8] Liu J, Zhong X L, Li Z Y 2014 *Chin. Phys. B* **23** 047306
- [9] Maier S A, Kik P G, Atwater H A, Meltzer S, Harel E, Koel B E, Requicha A A G 2003 *Nat. Mater.* **2** 229
- [10] Krasavin A V, Zheludev N I 2004 *Appl. Phys. Lett.* **84** 1416
- [11] Pacifici D, Lezec H J, Atwater H A 2007 *Nat. Photonics* **1** 402
- [12] Li J B, He M D, Wang X J, Peng X F, Chen L Q 2014 *Chin. Phys. B* **23** 067302
- [13] Li Q, Wei H, Xu H X 2014 *Chin. Phys. B* **23** 097302
- [14] Shan G, Xu L, Wang G, Liu Y 2007 *J. Phys. Chem. C* **111** 3290
- [15] Ci X T, Wu B T, Song M, Chen G X, Liu Y, Wu E, Zeng H P 2014 *Chin. Phys. B* **23** 097303
- [16] Hsieh Y P, Liang C T, Chen Y F, Lai C W, Chou P T 2007 *Nanotechnology* **18** 415707
- [17] Chen C W, Wang C H, Wei C M, Chen Y F 2009 *Appl. Phys. Lett.* **94** 071906
- [18] Kulakovich O, Strekal N, Yaroshevich A, Maskevich S, Gaponenko S, Nabiev I, Woggon U, Artemyev M 2002 *Nano Lett.* **2** 1449
- [19] Nikoobakht B, Burda C, Braun M, Hun M, El-Sayed M A 2002 *Photochem. Photobiol.* **75** 591
- [20] Hosoki K, Tayagaki T, Yamamoto S, Matsuda K, Kanemitsu Y 2008 *Phys. Rev. Lett.* **100** 207404
- [21] Zhou X D, Xiao X H, Xu J X, Cai G X, Ren F, Jiang C Z 2011 *Europhys. Lett.* **93** 57009
- [22] Okamoto K, Niki I, Shvartser A, Narukawa Y, Mukai T, Scherer A 2004 *Nat. Mater.* **3** 601
- [23] Lai C W, An J, Ong H C 2005 *Appl. Phys. Lett.* **86** 251105
- [24] Cheng P H, Li D S, Yuan Z Z, Chen P L, Yang D R 2008 *Appl. Phys. Lett.* **92** 041119
- [25] Ni W H, An J, Lai C W, Ong H C, Xu J B 2006 *J. Appl. Phys.* **100** 026103
- [26] Kulakovich O, Strekal N, Yaroshevich A, Maskevich S, Gaponenko S, Nabiev I, Woggon U, Artemyev M 2002 *Nano Lett.* **2** 1449
- [27] Arnold G, Borders J 1977 *J. Appl. Phys.* **48** 1488
- [28] Miotello A, Marchi G D, Mattei G, Mazzoldi P, Sada C 2001 *Phys. Rev. B* **63** 075409
- [29] Marchi G D, Mattei G, Mazzoldi P, Sada C, Miotello A 2002 *J. Appl. Phys.* **92** 4249
- [30] Voorhess P W 1985 *J. Stat. Phys.* **38** 231

Enhancement and quenching of photoluminescence from Au nanoparticles and CdTe quantum dot composite system*

Zhou Xiao-Dong^{1)†} Zhang Shao-Feng²⁾ Zhou Si-Hua¹⁾

1) (School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001, China)

2) (School of Physics and Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

(Received 1 March 2015; revised manuscript received 9 April 2015)

Abstract

New composite systems consisting of Au nanoparticles (NPs) and CdTe quantum dots (QDs) are fabricated by spin coating chemically synthesizing CdTe QDs on silica substrates which have already been implanted by Ag ions through using a metal vapor vacuum arc (MEVVA) ion source implanter. By thermally annealing the Au ions implanted silica substrates, the growth and redistribution of Au NPs can be controlled, the influence of localized surface plasmon (LSP) of Au NPs on the photoluminescence (PL) of CdTe QDs is well studied. The optical properties, surface morphologies, microstructures, and light emission properties of the Au-ion implanted samples are investigated by using optical absorption spectroscopy, atomic force microscopy, transmission electron microscopy and PL spectra measurements. PL spectra show that the PL intensities from Au NPs and CdTe QDs composite systems can be enhanced or quenched compared with those of CdTe QDs directly spin coated on bare silica substrate. The underlying interaction processes between Au NPs and CdTe QDs are discussed in depth, and the new mechanisms for the PL enhancement and quenching in the Au-CdTe coupled systems are put forward. These results provide a good reference for the future designing of optoelectronic devices with improved luminescence efficiency by LSP of metal NPs.

Keywords: ion implantation, Au nanoparticles, CdTe quantum dots, photoluminescence

PACS: 73.20.Mf, 78.55.-m

DOI: [10.7498/aps.64.167301](https://doi.org/10.7498/aps.64.167301)

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 11405280, 51402090), the Foundation from Education Department of Henan Province of China (Grant No. 14B140021), and the Startup Foundation for Doctors of Zhoukou Normal University of China (Grant No. zksybscx201210).

† Corresponding author. E-mail: zhouxd516@163.com