



山口 浩一  
Kouichi YAMAGUCHI

研究课题

纳米技术、纳米光学、半导体工学、外延生长、光电元件、表面物性评价

关键词

量子点, 量子纳米电子学, STM, 扫描式隧道显微镜系统, 太阳能电池, 纳米光学, 纳米技术, 半导体工学, 自组织现象, 外延生长, 半导体激光, 宽带发光二极管, 红外光检测仪, 表面物性评价, 分子束外延

|      |  |
|------|--|
| 所属专业 | 研究生院信息理工研究科 先进理工学专攻  |
| 研究成员 | 山口 浩一 教授   |
| 所属学会 | 应用物理学会, 电子信息通信学会, 日本结晶成长学会   |
| 研究设备 | 分子束外延设备 (MBE), 无尘室, 扫描式隧道显微镜 (STM), 光刻法, 高频溅射镀膜, 电子束镀膜, 离子束腐蚀, 化学草案, 超纯水精制, 电气炉等 |

研究概要

量子点在器件中的应用

在该研究室从事的纳米技术、半导体工学的研究中, 备受世界关注的研究成果是「量子点在器件中的应用」。

比如到目前为止, 量子阱、应变量子阱等方式被应用到半导体激光中, 并得以不断进步, 目前备受关注的就是量子点。如果在三维空间中能够制作出高密度·高均一性配置量子的量子点, 就有望制造出超低功耗、特性稳定且能超高速动作的半导体激光。

并且该研究室还将开发用于未来量子信息通信的基本器件纳入自己的研究范围, 从事内置了量子点的面发光器件的开发等。

最近他们进一步采用自己擅长的制造较高量子点结构的技术, 还在开发用于生物医疗观察的宽带发光二极管。希望能将开发的宽带发光二极管应用到高分解能的光学相干断层扫描 (OCT) 的光源中。

量子点结构在太阳能电池中的应用

该研究室还将量子点等新型半导体结构导入太阳能电池, 开发高效率的太阳能电池。产业界特别对他们最近开发的量子点超高密度化技术寄予了很高的期望。

扫描式探针显微镜的开发

他们还进一步研究开发扫描式隧道显微镜 (STM) 系统。STM 系统是一边让金属探针几乎贴近试验样品表面的同时, 一边检测隧道电流, 根据试验样品表面的原子水平下的凹凸状态, 利用隧道电流增大的特性, 使试验样品表面的原子像成像。

他们心系新型扫描式探针显微镜的应用开发, 在 1993 年亲自制作了扫描式隧道显微镜。以此基本技术为基础, 希望在纳米领域开发出观察评价技术。



分子束外延 (MBE)

优势

制作世界最高水平的高密度·高均一性的量子点

全世界的相关研究机关都在致力于高密度·高均一性量子点的制作, 该研究室在世界上成功地制

作出了最高水平的高均一性量子点。

他们在 2000 年实现了宽度为 18meV 的世界最窄的发射光谱, 并持续不断地向着实用化水平的高密度·高均一性进行相关的研究。

根据量子点的自体形成, 有望低成本且简易地制作量子点

该研究室在制作高密度·高均一性量子点的过程中应用了「自组织现象」。

这种现象是指在自然界中有秩序、有结构地结晶的性质, 可以采用「SK 生长模式」这种方法来实现这种现象。

他们开发了独特的结晶生长装置, 通过长期的研究, 积累了制约这种 SK 生长模式所产生的现象的生长条件。目前他们正在开发低成本制造自然产生高密度·高均一性量子点的技术。

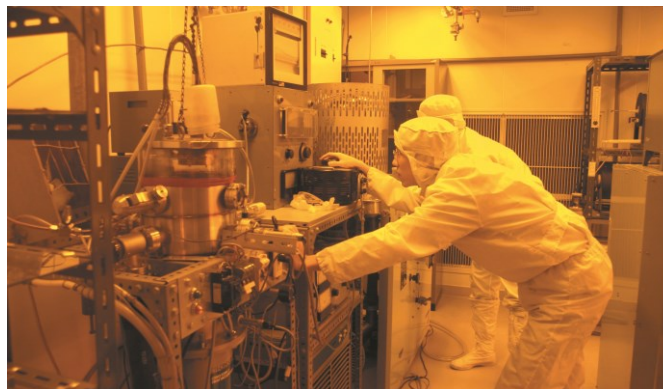
2002 年他们摒弃以前的光刻法技术而只使用自组织现象, 实现了排成一列的量子点。

2004 年他们开发了在现有技术很观实现的量子点的高密度技术, 吸引大量的关注。

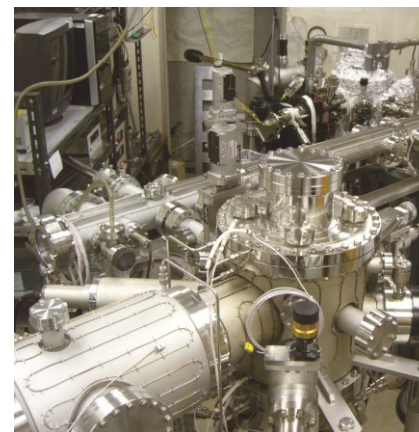
2008 年他们成功制作出世界级水平的高密度·高均一性的量子点, 在国际会议授予嘉奖。

2011 年他们成功制作的量子点密度  $5 \times 10^{11}$  cm 打破世界记录的面内超高密度的量子点。

使用自组织现象制作量子点的这种研究对在短时间内大量制作低成本的量子点是非常有效的方法, 将来这种方法会被实现并引领世界。



量子纳米设备的制作 (在无尘室里)



基于分子束外延 (MBE) 的量子点的生长

未来展望

以手工纳米技术为目标的先进性

该研究室持续研究的是将纳米技术应用到具体的器件中, 希望对实际的产业、社会有所贡献。

在制作量子点时, 还有很多有待解决的课题, 比如进一步推进高密度化、高均一化, 确立更高级的形成控制法等。他们提出的「低成本简易制作」这种构思可以说是从研究室向社会输出纳米技术时不可缺少的观点。

看他们自制的 STM 系统就可知道, 该研究室的教员与学生融为一体, 致力于手工纳米技术的研究。这项研究产生了「更低成本且操作简单的纳米技术」这种构思, 在器件的应用领域, 也对这项研究寄予了很高的期望。