

ナノテクノロジー、ナノフォトニクス、半導体工学、エピタキシャル成長、光電子デバイス、表面物性評価

山口 研究室



山口 浩一
Kouichi YAMAGUCHI

研究概要

量子ドットのデバイス応用

当研究室が取り組んでいるナノテクノロジーや半導体工学の研究の中で、その成果が世界的にも注目されているのが「量子ドットのデバイス応用」である。

たとえば半導体レーザーはこれまで、量子井戸、歪量子井戸などの方式が実用化され、進化を遂げてきているが、現在注目されているのが量子ドットだ。3次元の空間の中に高密度・高均一に配した

量子ドットが実現すれば、極めて低い消費電力で安定した特性を超高速に動作できる半導体レーザーを作ることが可能だ。

また、量子ドットを内蔵した単一光子発生器や面発光素子の開発を進めるなど、将来の量子情報通信の基本デバイスの開発を視野に入れた研究も行っている。

さらに最近では、当研究室の得意とする量子ドット構造の高い作製技術を用い、生体医療観察用の広帯域の発光ダイオードの開発も進めている。この開発では、高分解能の光コヒーレンストモグラフィ(OCT)用光源への応用が期待される。

量子ナノ構造の太陽電池応用

当研究室では、量子ドットなど

の新しい半導体構造を太陽電池に導入した高効率太陽電池の開発も進めている。特に、最近開発した量子ドットの超高密度化技術には高い期待が寄せられている。

走査型プローブ顕微鏡の開発

さらに当研究室では、走査型トンネル顕微鏡(STM)システムの研究開発を進めている。STMは金属探針を試料表面すれすれまで接近させながらトンネル電流を検出するもので、試料表面の原子レベルでの凹凸状態に応じてトンネル電流が大きく変化する性質を利用し、試料表面の原子像を画像化する。当研究室では、新しい走査型プローブ顕微鏡の応用開発を念頭に、1993年から手作りでのSTMの製作を進めてきた。そ

の基本技術を基に新しいナノ領域での観察評価技術の開発を目指している。

アドバンテージ

世界トップレベルの高密度・高均一な量子ドットを作製

世界中の研究機関が高密度・高均一の量子ドット作製に取り組んでいるが、当研究室は世界でもトップクラスの高均一量子ドットの作製に成功している。

2000年には、発光スペクトル幅が18 meVの世界最狭幅を達成し、実用レベルの高密度・高均一化に向けて研究を続けている。量子ドットの自己形成により安価で簡単な作製が可能

当研究室では、高密度・高均一

キーワード

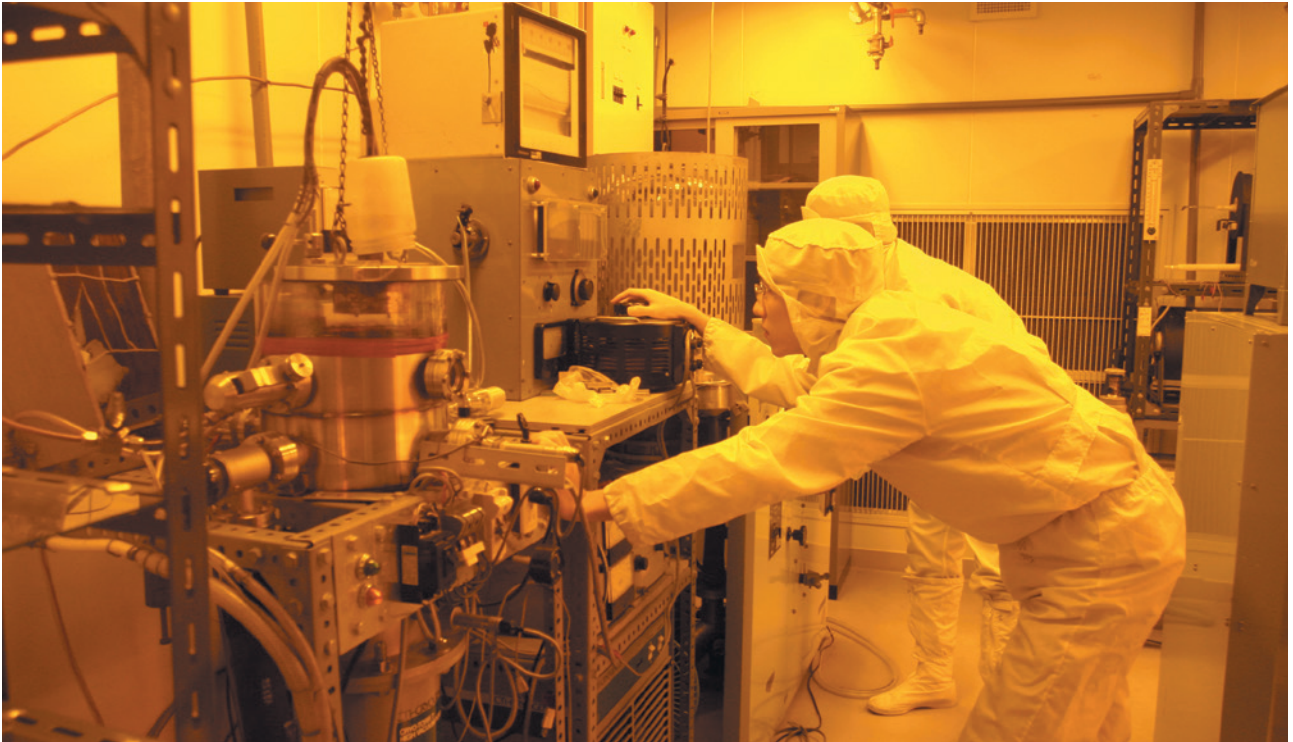
量子ドット、量子ナノエレクトロニクス、STM、走査型トンネル顕微鏡システム、太陽電池、ナノフォトニクス、ナノテクノロジー、半導体工学、自己組織化現象、エピタキシャル成長、半導体レーザー、広帯域発光ダイオード、赤外光検出器、表面物性評価、分子線エピタキシー

所属	大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻
メンバー	山口 浩一 教授
所属学会	応用物理学会、電子情報通信学会、日本結晶成長学会
E-mail	kyama@ee.uec.ac.jp
研究設備	分子線エピタキシー(MBE)、クリーンルーム、走査型トンネル顕微鏡(STM)、フォトリソグラフィ、高周波スパッタ蒸着、電子ビーム蒸着、イオンビームエッチング、ケミカルドラフト、超純水精製、電気炉など



分子線エピタキシー(MBE)

の量子ドットの作製に「自己組織化現象」を応用している。この現象は、量子ドットが自然現象で秩序構造的に結晶化する性質を指すもので、「SK成長モード」という方法により実現できる。



量子ナノデバイスの作製(クリーンルームにて)

当研究室では、独自の結晶成長装置を開発し、このSK成長モードで起こる現象の成長条件依存性を長年の研究によって積み重ね、自然発生的に高密度・高均一な量子ドットを、安価で作製する技術を開発しているところである。

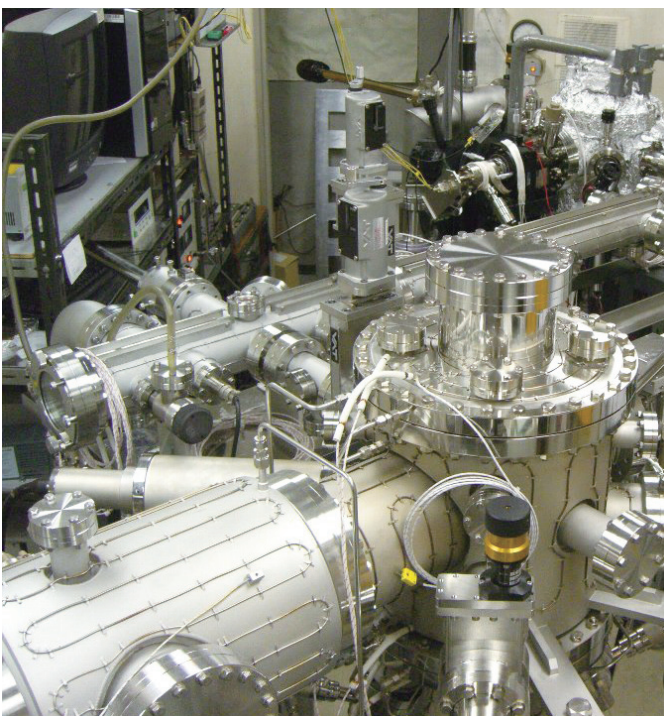
2002年には、従来のリソグラフィ技術を使わずに自己組織化現象だけを用いて、一列に並んだ量子ドット配列を実現した。

2004年には、従来では困難であった量子ドットの高密度化技術を開発し、大きな注目を集めている。

2008年には、世界最高レベルの高密度・高均一な量子ドットの作製に成功し、国際会議でも受賞している。

さらに2011年には、量子ドット密度が $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ を超える面内超高密度量子ドットの作製に成功し、さらに2013年には $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ の世界最高密度を達成している。

自己組織化現象を用いて量子ドットを作るというアプローチは、短時間のうちに安価で大量な量子ドットを作製するためには非常に有利な手法であり、将来の実



分子線エビタキシー(MBE)による量子ドットの成長

現化に向けて世界をリードする形となっている。

今後の展開

手作りの低コストで使いやすいナノテクを目指す先進性

当研究室が続けてきた研究は、ナノテクノロジーを具体的なデバイスに応用して、実際の産業や社会に貢献できる形にしていこうというものだ。

量子ドットの作製では、さらなる高密度化・高均一化を推進する、より高度な形成制御法を確立するなどの課題が残されている。

「低コストで作りやすく」という当研究室の発想は、ナノテクノロジーを研究室から社会へと送り出していくためには不可欠な視点であるといえる。

STMシステムの自作を見てもわかる通り、当研究室では教員と学生が一体となって、手作り感覚ナノテクノロジーの研究に取り組んできた。このことが「より安価で使いやすい技術としてのナノテク」という発想を生み、デバイス応用の分野から高い期待が寄せられている。