

荒川・岩本研究室

[量子ドットと先端ナノフォトニクス]

生産技術研究所 光電子融合研究センター ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構

Center for Photonics Electronics Convergence, Institute of Industrial Science

Institute for Nano Quantum Information Electronics

<http://qdot.iis.u-tokyo.ac.jp>

専門分野 量子ナノデバイス・ナノオプトエレクトロニクス

工学系研究科 電気系工学専攻、先端学際工学専攻 理学系研究科 物理学専攻

1982年の荒川、榊による量子箱(量子ドット)の提案以来、本研究室では次世代情報通信用量子ドットやフォトニック結晶などの半導体ナノ構造の作製技術開発、電子・光子の量子状態制御による新しい物性物理の探索、ナノフォトニックデバイスや量子情報デバイスの実現に向けた研究、太陽電池などグリーンエレクトロニクスに関する研究を進めています。また、ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構の中心研究室として文部科学省地域産学官連携科学技術振興事業「ナノ量子情報エレクトロニクス連携研究拠点」プロジェクト(2006-2015年度、総額約62億円)を推進するとともに、内閣府最先端研究開発支援プログラム「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」(2009-2013年度、総額約45億円)・経済産業省未来開拓研究プロジェクト「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」(2012-2021年度、総額約300億円)において、将来のLSIフォトニクス融合技術の基盤研究を進めています。

ナノ技術開拓：量子ドットとフォトニック結晶

電子や光子を個々に制御するナノシステムを創ることを目標にして、MOCVDやMBEなどの結晶成長技術や電子線描画技術を用いて、量子ドットやフォトニック結晶などナノ構造の形成技術を開拓しています。最近では、光通信および量子情報向けの砒化インジウム系量子ドットやナノワイヤ、また窒化物半導体量子ドットやナノワイヤの形成に取り組んでおり、いずれも世界最高品質を誇っています。また、3次元構造フォトニック結晶の作製技術開発にも取り組んでおり、3次元フォトニック結晶ナノ共振器の世界最高Q値(~38,500)を達成するとともに、レーザ発振、さらに単一量子ドットとの結合系を初めて実現することに成功しました。

ナノ光電子物性探索と量子情報素子基礎研究

フェムト秒レーザ分光や磁気・電気光学分光を駆使し、量子ドットやフォトニック結晶の電子・光物性を実験的に探究しています。特に、一つの量子ドットを分光できる先端的装置を開発し、世界をリードする成果を次々と上げています。最近では、量子結合状態における結合状態の緩和過程の観測や量子ドット-フォトニック結晶ナノ共振器結合系の物性探索を進めています。量子情報デバイスの基礎研究も推進し、通信波長帯1.55μm高性能単一光子源を実現するとともに、量子鍵配送システムを構築、50 kmの安全鍵伝送を実証しました。さらに、単一光子LED、窒化物系量子ドットによる200Kでの単一光子発生、量子ドット励起子のコヒーレント制御の実現など、多くの研究成果を挙げています。

ナノ光電子デバイスとLSI・フォトニクス融合

量子ドットやフォトニック結晶を取り込んだ先端ナノフォトニックデバイスの実現に向けて研究を推進しています。特に産業界との強力な連携のもと、高品質量子ドットレーザを開発し、最近では量子ドットを用いた緑色レーザの開発にも取り組んでいます。また、高品質フォトニック結晶ナノ共振器を用いた単一量子ドットレーザ、3次元フォトニック結晶ナノ共振器-単一量子ドット結合系の実現にも成功しています。さらに、シリコン基板上高効率光源の研究を中心に、次世代の光電子融合技術の開発も進めており、ウェハ融着法を用いてシリコン基板上で通信波長帯1.3μm量子ドットレーザを実現するなどの成果を挙げています。

グリーンエレクトロニクス・フォトニクス

グリーンでアンビエントな情報社会の実現に貢献するため、高効率エネルギー変換デバイスやフレキシブルエレクトロニクス技術の研究開発に取り組んでいます。中間バンド型太陽電池において、理論効率75%が達成可能であることを示すと共に、高度な成長技術を活かした高性能量子ドット太陽電池の作製を進めています。また、フレキシブルエレクトロニクス応用を目指した有機トランジスタの開発にも取り組み、低電圧駆動/高速動作可能な有機CMOS回路の実現などの成果を達成しています。

