

NCRC NEWS

vol.1
創刊号

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

AUTUMN 2002

文部科学省ITプログラム

世界最先端IT国家実現
重点研究開発プロジェクト

「光・電子デバイス
技術の開発」
ニュースレター

CONTENTS

「光・電子デバイス
技術の開発」
プロジェクトの概要

プロジェクト
への期待

株式会社東芝
監査役会議長 監査役
笠見 昭信氏

平成14年度の
主な活動実績と予定



東京大学生産技術研究所
東京大学先端科学技術研究センター
ナノエレクトロニクス連携研究センター

センター長挨拶

ユビキタス情報化社会に向けた 次世代デバイス技術基盤を ナノテクノロジーに立脚して確立します

少子高齢化時代の到来の中で我が国の社会の活性化をもたらすためには、ユビキタス情報技術が重要な役割を果たすと期待されています。このたびに発足したナノエレクトロニクス連携研究センター（Nanoelectronics Collaborative Research Center: NCRC）は、ユビキタス情報化社会に向けた次世代デバイス技術基盤をナノテクノロジーに立脚して確立することを目的としています。本センターは、東京大学生産技術研究所と東京大学先端科学技術研究センターとの協力により運営されるものであり、東京大学駒場リサーチキャンパスをナノエレクトロニクス研究の世界的拠点の一つとします。

NCRCにおきましては、産業界や国内他大学、海外大学との緊密な連携関係を結び、本分野の産学の英知を結集して研究開発を行います。研究プロジェクトの遂行により、社会に開かれた大学における新しい連携体制の構築をはかります。さらにプロジェクトの遂行を通じて、リーダーシップを担う力強い人材を育成します。

NCRCは、平成14年度より文部科学省世界最先端IT国家実現重点研究開発プロジェクトの一つとして「光・電子デバイス技術の開発」プロジェクトの推進を中心的使命としています。半導体ナ

ノ技術のブレークスルーに向けた基盤科学技術研究により、次世代高性能光源および関連光・電子デバイスを実現し、未来のフォトニックネットワークに向けた素子技術の革新化をはかります。なお、本プロジェクトは、経済産業省における高度情報基盤プログラム・フォトニックネットワークデバイス技術開発プロジェクトと連携しており、その集中研究所も東京大学駒場リサーチキャンパスに設置されています。

産学官による省庁間連携の国家プロジェクトを、NCRCを中心にして推進し、活力ある安心社会に向けてナノテクノロジーに立脚した情報技術の研究開発を行う所存ですので、皆様のご支援をよろしくお願い致します。



東京大学生産技術研究所・
先端科学技術研究センター
ナノエレクトロニクス連携
研究センター
センター長・教授
荒川 泰彦

量子ドット 形成技術 基盤開発

研究リーダー
東京大学 教授 荒川泰彦

年次計画

2002年	量子ドット結晶成長技術・材料探索
2003年	均一な寸法を有する量子ドットの形成技術基盤の開発、新材料量子ドットの形成技術開発
2004年	
2005年	
2006年	新材料量子ドット形成技術開発

量子ドットの寸法均一化、高密度化等 ナノテクノロジーのブレークスルー技術の開発

新機能光デバイスの実現に向けて、電子の性質を制御するために量子ドットなどのナノ構造形成技術の開発を行う。特に、自己形成量子ドットの結晶成長過程の理解に立脚して、大きな課題として残されている量子ドットの寸法の均一化、バンドギャップ制御、高密度化技術のブレークスルー開発を中心に推進する。

量子ドットの不均一広がりについては、室温においてフォトルミネッセンス幅を15meV以下にすることを目標とする。また、密度については1cm²あたり10¹¹の量子ドット密度の実現をめざす。さらには、高効率な電流注入や1.5ミクロン波長帯における高効率に発光する量子ドットの形成をはかる。これらを達成するためには、量子ドットの形成過程の理解が不可欠であり、新しい観測手法による解明を進める。

さらに、次世代光素子開発に必要な多様な材料系についてその形成技術の開発を行い、量子ドットの情報通信素子への応用に向けたナノテクノロジー基盤を確立する。具体的にはGaN系、GaSb系、GalnNAs系量子ドットの形成技術の開発を行い、それらの高品質化をはかる。



図1. 選択成長により作製したInGaAsドットアレイ。

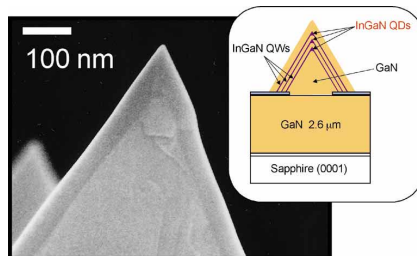


図2. InGaNドットの先端部拡大SEM写真と構造の模式図。

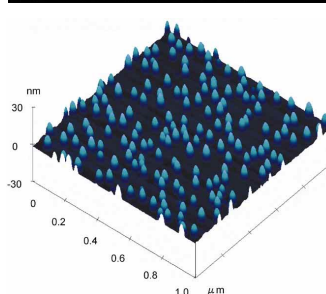


図3. InAs自己形成量子ドットのAFM像。

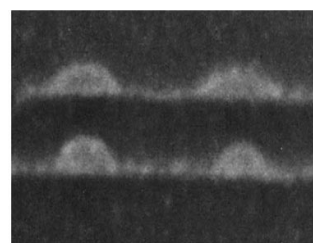


図4. 積層InAs量子ドット構造の断面SEM像。

光子制御ナノ構造 形成技術 基盤開発

研究リーダー
京都大学 教授 野田 進

年次計画

2002年	スラブ型2次元、3次元フォトニック結晶の基本設計および作製技術基盤の確立
2003年	
2004年	
2005年	3次元結晶フォトニック結晶形成技術の開発 / MEMSとの融合
2006年	

フォトニック結晶、マイクロディスク、MEMS技術、量子ドットとの融合技術の開発

本プロジェクトでは、光を自在に制御するための光ナノ構造形成のための基盤技術開発を行う。京大、横浜国大、東大等の大学側と、NEC、日立等の企業側が連携しながら、次世代フォトニクス基盤を築いていく。主に、大学側は、フォトニック結晶やマイクロディスク等の微小共振器と量子構造アクティブ媒質との融合を図っていく。一方、企業側では、パッシブ応用を目指していく。具体的な研究の取り組みは以下の通りである。

まず、これまでの、2次元フォトニック結晶スラブにおける線欠陥と点欠陥を用いた光ナノデバイスの研究成果をベースとして、これをアクティブ型デバイスへと展開する。(図1にその一例を示す。) また、そのための基礎的研究として、2次元スラブ線欠陥導波路の損失の原因の検討や点欠陥のQ値に関する検討を行う。さらに将来的には、アクティブ層として、量子ドットの導入を図り、3次元結晶との融合により、究極のフォトンエミッターの開発へと展開する。

また、フォトニック結晶やフォトニック準結晶、マイクロディスク、マイクロギア、フォトニック分子など、多様なフ

ォトニックナノ構造を極限まで微小化し、さらにInAs量子ドットを組み合わせることで、理論性能の実証、パーセル効果や単一光子発生の観測、新しい機能性の発現などを目指す。(図2に一例を示す。)

さらに、量子ドットとフォトニック結晶の融合により、電子・光子の完全制御の実現と、それを利用した、極微小・極低閾値レーザなどの高性能ナノフォトニックデバイス、単一光子光源などの量子光学デバイス、量子情報基盤デバイスなどの実現を図る。一方、フォトニック結晶を利用した光スイッチ、波長可変光源などの実現を目指し、マイクロマシン構造を集積化したフォトニック結晶素子の設計開発を進める。(図3に一例を示す。)

この他に、フォトニックネットワーク用の次世代光スイッチノードに適用するための光集積回路と分散補償素子の技術開発を行う。

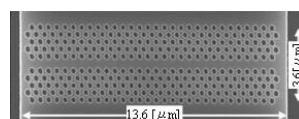


図1. フォトニック結晶導波路レーザのSEM写真。

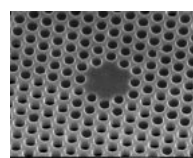


図2. フォトニック結晶点欠陥共振器のSEM写真。

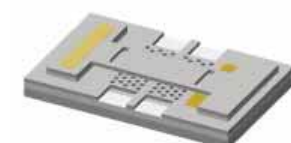


図3. フォトニック結晶とMEMSとの融合。

光・電子制御技術基盤開発

研究リーダー
東京大学 教授 平川一彦

年次計画

2002年	量子ドットの電子状態の解明
2003年	量子ドットの電子状態の解明、ナノ構造による光・電子相互作用制御技術開発
2004年	
2005年	
2006年	ナノ構造およびMEMSによる光・電子相互作用制御技術開発

量子ナノ構造中の電子状態およびその光との相互作用の解明と新しい電子・光子の制御技術の開発

量子ナノ構造中の電子状態およびその光との相互作用を明らかにし、新機能光デバイスの実現に向けて、新しい電子・光子の制御技術を開発する。特に、単一自己形成量子ドット中の電子状態の解明と単一光子との相互作用の制御を中心に研究を行う。

自己形成量子ドットは、人工原子とも呼ぶべき状態にあり、離散的な量子準位を持つとともに、電子を充填していくと強い電子間相互作用が発生し、単一電子トンネル現象や励起子発光エネルギーのシフトなどが観測される。この現象を積極的に利用して、新たな単一光子発生素子の開発や単一光子検出素子を開発することを目標としている。

また、自己形成量子ドットは、非常に強い格子ひずみを受けた系であり、その電子物性は内部格子ひずみに強く影響されている。従って、例えばMEMS技術などを用いて人工的に内部格子ひずみを制御し、量子ドットの発光特性を電氣的に制御する技術の開発も行う。

さらに、次世代光素子開発に必要な多様な材料系についても、その電子物性の解明を行う。特に、格子ひずみやピエゾ電界の効果が極めて大きいGa系量子構造、特異なタイプ-IIのバンド構造を持つGaSb系量子構造などにおける電子・光子制御技術の開発を行い、量子ドット/量子ナノ構造の情報通信素子への応用にかけた電子・光子制御技術を確立する。

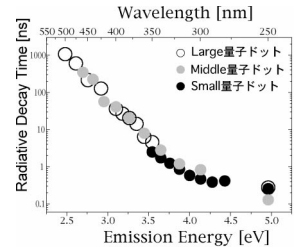


図3 .Ga系量子ドットのサイズと発光寿命の関係。大きな量子ドット中では、巨大なピエゾ電界のため電子と正孔が空間的に分離し、極めて長い発光寿命となる。

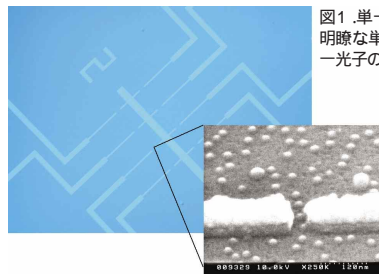


図1 .単一量子ドットを介した電気伝導構造。明瞭な単一電子トンネル伝導が観測され、単一光子の発生や検出に应用が期待されている。

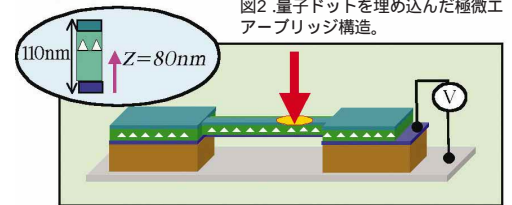


図2 .量子ドットを埋め込んだ極微エアーブリッジ構造。

ナノ光電子デバイス技術基盤開発

研究リーダー
東京大学 教授 荒川泰彦

年次計画

2002年	量子ドットレーザの設計および試作・動作確認
2003年	高性能に向けた量子ドットレーザの技術基盤の確立、アクティブフォトニック結晶の試作
2004年	
2005年	超高速低チャープレーザ試作開発、単一光子発生器および単一電子デバイスの試作開発
2006年	

革新的な半導体レーザの実用化と新しいナノフォトニックデバイスの実現に向けての技術開発

40GHzを目標として、チャージングの無い革新的な半導体レーザ実用化に向けた技術基盤の確立のための研究開発を重点的に推進する。まず、デバイス物理の理解のもとに量子ドットレーザの超高速化に向けた構造の最適設計を行う。さらにこれにもとづき、超高速・低チャープ量子ドットレーザの実用化に向けた技術基盤の確立をはかる。超高速化に向けて量子ドット多層化によるトンネル構造の最適化や埋め込み構造やDFB構造の実現も図る。また、超高速化のためのデバイス実装技術の確立をはかる。

さらに、フォトニック結晶中に量子ドットを形成し、超低しきい値フォトニック結晶レーザの実現に向けたアクティブフォトニック結晶デバイスの実用化技術の基盤確立を行う。特に、高いQ値を有しつつ特定方向への光の取り出しを有効に行う、3次元的フォトニック結晶あるいは微小共振器の設計とその実現をはかり、フォトニック結晶に単一量子ドットを組み込んだ単一光子光源の開発を行う。また、高効率光子検出器および関連電子情報処理素子の開発も進める。

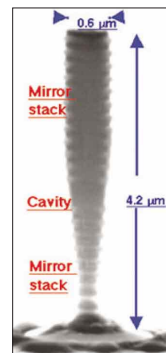


図1 .DBR構造を持つマイクロキャビティのSEM写真。

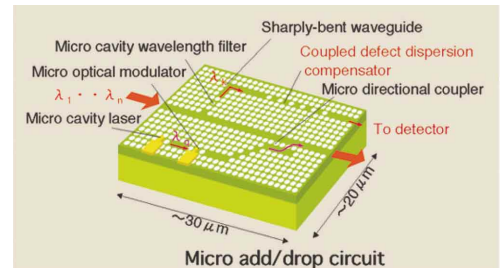


図2 .フォトニック結晶マイクロロード・ドロップ回路の概念図。

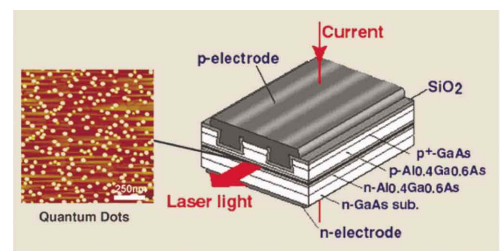


図3 .量子ドットレーザの構成図。

新しい時代を拓く産学研究拠点への期待

世界的な激流の中で日本の産業も大学も大きく変わろうとしています。21世紀を見据えた日本のビジョンを構築して産学官で共有し、若い人達に夢とエネルギーを発信することが急務だと考えています。

産業界の立場から言うと、日本の産業の発展はやはり世界と勝負できる人材の育成が第一ではないかと思えます。競争力のあるデバイスを中核にこれを新しいシステムやサービスに埋め込んでいけるシステム構築力のある人材が待望されます。

第二は、国としての新しい研究開発スキームを構築していくことです。将来のgeneric technology、次世代の産業のキーとなる基礎・基盤技術の研究開発体制をどう考えるか。そのひとつの答えが、本連携研究センターのような大学拠点内に設立された産学研究拠点だとの思いから、JEITAの

電子情報技術総合委員会委員長時代から同じ考えの仲間と汗を流してきました。狙いは産学の有能な人材を結集した戦略的基礎・基盤研究の推進で、マネジメントと研究を両立した最高の布陣で世界と勝負 有能な人材を国内外から集められる権限と仕組み 最先端研究と産業技術力のインタラクション これらの活動を通して、大学院生に世界への窓を開く。私の頭の中にはStanford大学のCISのイメージがありますが、このような産学研究拠点が世界のCOEとしての実力を発揮できるようになれば、第一の課題である人材の育成にも繋がると考えています。

ナノエレクトロニクス連携研究センターがこのような使命感をもって生き生きと活動し、世の中から期待されている産学連携拠点のヒナ型になってくれることを願っています。



株式会社東芝
監査役会議長 監査役

笠見 昭信氏
アドバイザーボード
メンバー

平成14年度の主な活動実績と予定

2002年5月1日	本プロジェクト正式発足。
2002年8月23日	第1回運営会議開催。
2002年9月20日	第2回運営会議・研究会議開催。
2002年9月1日	WWW開設。
2002年9月30日	2nd International Conference on Semiconductor Quantum Dots(QD2002)を東京大学駒場キャンパスで開催。
2002年10月24日	第3回運営会議・研究会議開催予定。
2002年11月26日	ナノエレクトロニクス連携研究センター発足記念シンポジウム「ナノテクノロジーが開く次世代情報通信素子技術」を駒場エミナースで開催予定。
2002年11月26日	アドバイザーボード会議開催予定。
2002年12月	第4回運営会議・研究会議開催予定。
2003年1月	第5回運営会議・研究会議開催予定。
2003年2月	第6回運営会議・研究会議開催予定。
2003年3月17・18日	合同成果報告シンポジウム「フォトリソグラフィと量子ドット」を主婦会館で開催予定。

平成14年度に発足したナノエレクトロニクス連携研究センターでは、文部科学省ITプログラム「光・電子デバイス技術の開発」プロジェクトを開始しました。これは、産学官が連携を密にして進めていくものですので、実際に研究に携わっている方々は勿論のこと、その周囲の関係する方々のご理解とご協力が不可欠です。そこで、関係者およびご関心のある方々に、本プロジェクトの進捗状況について現状をお知らせして、ご意見を頂く場として、NCRC NEWSを発刊することと致しました。

第1号としては、荒川センター長にプロジェクト全体の目的と方針を述べて頂き、各テーマの代表の方々には年次計画のあらましを書いて頂きました。また、アドバイザーボードメンバーの方にも産業界からの期待を述べてもらいました。次世代の情報ネットワークを目指している、新しい光・電子デバイス技術の開発プロジェクトの中味がお分かりいただけたと思います。

今後、NCRC NEWSは年2～3回のペースで発行して行くつもりです。研究の進捗や得られた成果も、タイムリーに分かりやすくご報告できるものと思えます。皆様方からのご意見、ご期待もお寄せ下さい。(遠山)

発行日 2002年10月1日

Nanoelectronics Collaborative Research Center

NCRC NEWS

編集・発行 / 東京大学生産技術研究所 東京大学先端科学技術研究センター

ナノエレクトロニクス連携研究センター事務局

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1

FAX : 03-5452-6246

E-mail : ncr@iis.u-tokyo.ac.jp

Web http://www.ncrc.iis.u-tokyo.ac.jp