

NCR NEWS

vol.2

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

SUMMER 2003

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

プロジェクトの 成果報告

全MOCVD法による
量子ドットのレーザ発振に成功

2次元フォトリソ結晶スラブへの
アクティブ媒質の導入と
機能デバイスへの展開

シンポジウムの 開催報告

プロジェクト への期待

株式会社富士通研究所
常務取締役 中村哲夫氏

株式会社日立製作所 執行役専務
研究開発本部長 中村道治氏

これまでの主な 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

プロジェクトも2年目に入り、 高性能・高機能ナノフォトリソデバイスの 実現に向けて、研究開発の加速を図ります

本プロジェクトは2年目に入りました。5年間の研究プロジェクトにおいて2年目終了時点での達成成果は、その後の3年間の方向を大きく決めるものです。このため、プロジェクトメンバー全員さらに気を引き締めて研究開発に取り組んでいます。本プロジェクトは物性の基礎的解明からデバイス実現まで幅広く研究を推進していますが、全ての研究活動が高性能・高機能ナノフォトリソデバイスの実現という目標に向かうよう、常に方向付けを行っていく所存です。

平成15年度では、14年度に整備した設備を駆使して高性能量子ドット光源及び単一光子発生・処理用光子素子開発に向けた技術開発の基盤固めを行うとともに、デバイスの試作を本格的に開始する予定です。

まず、量子ドット形成技術基盤開発では、引き続き寸法の均一化・高密度化、長波長化をめざしたInGaAs系量子ドットの結晶成長技術基盤の確立をはかります。特に高均一化技術の開発を目標の中心とします。また、光子制御ナノ構造形成技術基盤開発では、2次元フォトリソ結晶レーザ等の高性能化をはかるとともに点欠陥のQ値の大幅な増大を実現します。また、半導体井桁構造3次元フォトリソ結晶の多層化の研究および機械的可変構造を有するフォトリソ結晶素子の研究を引き続き進めます。光・電子制御技術基盤開発では、InAs量子ドットを中心にして、電気的・光学的に量子ドットの電子状態制御技術の開発を行います。

上記の成果に立脚して、ナノ光・電子デバイス技術基盤開発においては、高性能量子ドットレーザの実現に向けてデバイスプロセス技術の確立をはかるとともに、高速変調特性実験を開始する予定です。また、フォトリソ結晶レーザや高効率単一光子発生光源の基盤技術の研究開発を推進します。

毎月定例で開催されるプロジェクト運営会議や研究討論会においては、進捗状況を常に把握するとともに、外部から講師の方をお招きして活発な意見交換を行っています。研究討論会は原則公開ですので、皆様の参加を歓迎致します。また、今年の11月には、国際ワークショップの開催を計画しています。このワークショップでは、ナノフォトリソデバイス分野を中心に約10名の海外の第一線の研究者を招き、最新の研究成果や今後のプロジェクトの進むべき方向を議論する予定です。

皆様のご支援をお願い致します。



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

全MOCVD法による 量子ドットのレーザ発振に成功

量子ドットはその大きな歪効果等に起因するバンドの自由度から、近年GaAs基板上で1.3或いは1.55 μm 帯でのレーザ発振を実現させるためのアプローチとして注目を集めている。既に多くのグループが量子ドットレーザの1.3 μm 帯でのレーザ発振を実現しているが、その殆どはMBE法により成長したものである。量産性や再成長・選択成長等を利用した分布帰還型半導体レーザ及び光集積素子への応用を考慮するとMOCVD法でレーザ発振を実現することは非常に重要である。本研究では減圧MOCVD法で成長した3層InAs量子ドットを用いた。MOCVDでの長波長レーザ発振を困難にしていたのは、 p クラッド層成長時における量子ドットのアニール効果による発光波長の

短波化である。今回、InAs量子ドットをInGaAs歪緩和層で埋め込むことにより量子ドットの発光波長を長波化させ、アニール効果による短波化を相殺している。リッジ型レーザ構造を作製し、両端面にHRコーティング（反射率92%）を施しその特性を評価した。その結果、発振波長1.18 μm 、閾値電流6.7mA（共振器長700 μm ）にてレーザ発振が得られた。この閾値電流値は全MOCVDによる量子ドットレーザとしては現在のところ世界最小値である。今後はより長波長である光通信用波長帯1.3 μm 帯での室温連続発振を目指す。

東京大学先端科学技術研究センター・
生産技術研究所 荒川泰彦

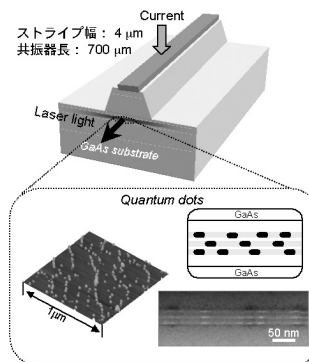


図1. 作製した量子ドットレーザ及び活性層部分の断面SEM像。

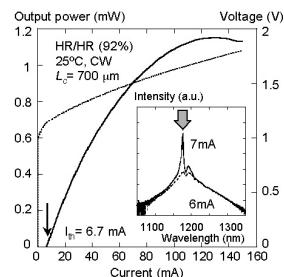


図2. 作製した量子ドットレーザのデバイス特性及び発振スペクトル。

- 主要発表文献**
- [1] J. Tatebayashi, M. Nishioka, and Y. Arakawa, Luminescence in excess of 1.5 μm at room-temperature of InAs quantum dots capped by a thin InGaAs strain-reducing layer, J. Cryst. Growth 237-239 part2, (2002) 1296.
 - [2] 館林 潤、鹿熊秀雄、羽鳥伸明、石田 充、江部広治、須藤久男、倉又朗人、中田義明、菅原 充、荒川泰彦、MOCVD法により作製したGaAs基板上InAs量子ドットレーザの室温連続発振、第50回応用物理学関係連合講演会、28p-YF-5、神奈川大学（神奈川）、2003年3月。
 - [3] J. Tatebayashi, N. Hatori, H. Kakuma, H. Ebe, H. Sudo, A. Kuramata, Y. Nakata, M. Sugawara, and Y. Arakawa, Low threshold current operation of self-assembled InAs/GaAs quantum dot lasers by metal organic chemical vapour deposition, Electron. Lett. 39 (2003) July issue.

光子制御ナノ構造 形成技術 基盤開発

2次元フォトニック結晶スラブへの アクティブ媒質の導入と機能デバイスへの展開

我々は、これまで、2次元フォトニック結晶(2D PC)スラブに線および点欠陥を人為的に導入し、これらの光結合を用いることにより、超小型光アッド・ドロップデバイスなどの様々な新しい光機能デバイスが実現可能であることを示してきた。本プロジェクトでは、上記のパッシブ機能にアクティブ機能を付加し、さらなる高機能化や究極の発光制御のための基盤技術を確認することを目的としている。平成14年度は、その重要な一歩として、図1に示すような2D PCスラブ線状欠陥導波路レーザを、InGaAsP量子井戸を用いて作製し、その発振に初めて成功した¹⁾。さらに、本レーザの動作が、導波路モード端での群速度零、すなわち定在波状態に起因するものであることを示すとともに、導波路端波長が導波路幅に非常に敏感に

変化することに注目し、様々な導波路幅をもつ2D PCスラブ導波路レーザを作製した。その結果、本レーザの発振波長が、わずかな導波路幅の変化により、大きくチューニング可能なることを示すことに成功した(図2)²⁾。これは、超小型光多重光源や、波長チューニングレーザとして展開可能なことを示唆する極めて重要な結果と言える。現在は、さらに、導波路近傍に点欠陥を導入した、より高機能デバイスへの展開を図っている³⁾。また、最近、我々が提案した新しいフォトニック結晶「面内ヘテロ構造」⁴⁾にも、アクティブ機能を付加して、更なる新しい機能の創出をも目指していく予定である。

京都大学工学研究科電子工学専攻
野田 進

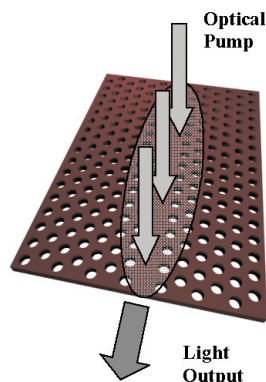


図1. 2D PCスラブ線欠陥導波路レーザの模式図。欠陥導波路モードのモード端での定在波状態が発振の起源。

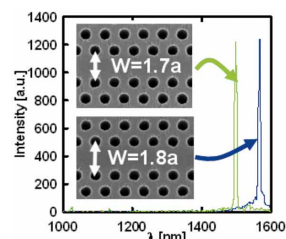


図2. 2D PCスラブ線欠陥導波路レーザの発振波長の導波路幅依存性。わずかな導波路幅の変化で、大きな波長チューニングが可能。

- 主要発表文献**
- [1] A. Sugitatsu and S. Noda, Electron. Lett. 39(2003) 213.
 - [2] A. Sugitatsu and S. Noda, CLEO/QELS, Baltimore, USA(5 June 2003) CThP1.
 - [3] S. Sugitatsu and S. Noda, ECOC, Italy(2003) submitted.
 - [4] B. Song, S. Noda, and T. Asano, Science, 300(2003) 1537.

2002年11月26日 プロジェクトの発足を記念して シンポジウムが開催されました

ナノエレクトロニクス連携研究センターでは、その発足を記念し、平成14年11月26日駒馬エミナースにおいて“ナノテクノロジーが開く次世代情報通信素子技術基盤”と題してシンポジウムを開催しました。前半は、東京大学先端科学技術研究センター南谷崇センター長の開会挨拶に続いて、文部科学省坂田東一官房審議官よりご来賓挨拶を頂きました。続いて荒川泰彦センター長から光・電子デバイス技術の開発プロジェクトの研究展開についての説明とスタンフォード大学の山本喜久教授、ヴェルツブルグ大学アルフレッド・フォーシェル教授からナノデバイスに関する講演がありました。後半は、東京大学生産技術研究所榊裕之教授がナノ電子デバイスの展望、京都大学野田進教授

がフォトニック結晶デバイスの展望について話され、富士通研究所中村哲夫常務取締役が産業界からの期待として、産学官の連携の重要性を強調されました。最後に、東京大学生産技術研究所西尾茂文所長から閉会の挨拶がありました。

今回のシンポジウムでは、大学や企業研究者のみならず、関係企業の研究開発部門のトップの方々や、文部科学省、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構からも参加をいただきました。このことは、この分野の研究開発を産学官の連携のもとで推進することへの期待が、極めて大きいことを示しており、今後、本研究センターを世界の研究開発拠点として発展させていくべく努力したいと考えております。



2003年3月17・18日 「フォトニック結晶と量子ドット」の 合同成果報告シンポジウムが 開催されました

ナノエレクトロニクス連携研究センターでは、東北大学NICHeフォトニック結晶新機能デバイスプロジェクトと共催で、去る平成15年3月17、18日の両日、主婦会館プラザエフにおいて、“フォトニック結晶と量子ドット”と題しシンポジウムを開催しました。このシンポジウムは、荒川泰彦センター長がリーダーを務める2つのプロジェクトである文科省世界最先端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」と経産省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」、および東北大学川上彰二郎教授がリーダーを務める文科省科学技

術振興調整費「3次元フォトニック結晶の作製、解析法、デバイス展開の総合研究」の合同成果報告会になっています。当日は、実り多い産学連携の研究が進行していることを反映して、荒川センター長、川上教授をはじめとした大学からの成果報告とともに、海外からStanford大学 Glenn Solomon教授の講演や産業界からの多数の成果報告がなされました。このように、ナノエレクトロニクスの中心となる2つの分野であるフォトニック結晶と量子ドットに関するシンポジウムであることから、予想を大幅に越える280名の参加者が集まり、シンポジウムは成功裏に終了しました。



プロジェクトへの期待

アウトプットを ～発足1年に当たって～

ナノエレクトロニクス連携研究センターが発足してほぼ1年となりました。新スキームでの産学連携が構築され、量子ドット、フォトニック結晶の新技术を基に新デバイスの開発に邁進していることを頼もしく思います。このプロジェクトを発足させたことは最初の大きな成果であり、その進捗過程での大学と産業界のトップ技術者同士の結びつきによる研究により新しい知見が生み出されるものと確信しております。一番の期待はやはりアウトプットとして何が出せるかにあると思います。人材教育、育成等も大切な成果ですが、企業としては今回の成果から市場を席巻する新商品が生まれることを望んでおります。

この仕組みが各方面から注目されていることと思いますので、是非素晴らしいアウトプットをと期待しております。



株式会社富士通研究所
常務取締役

中村 哲夫氏

アドバイザー - ボード
メンバー

物まねでない独創的な技術開発を望む

わが国のブロードバンドの普及には目覚ましいものがあります。その中でも光アクセス系の伸長が内外から注目されています。21世紀は光アクセスの時代であることを実感しつつ、これまでの長年にわたる関係者のご努力に敬意を表します。ここに到るまでに、実に30年余の新技术への挑戦の歴史がありました。文部科学省ITプログラム「光・電子デバイス技術の開発」プロジェクトが発足して2年目を迎えますが、物まねでない独創的な技術、これまでの延長上にはない革新的な技術の研究開発に取り組んで頂きたいと思います。産学官それぞれの強みを持ち寄り、これまでの常識に囚われない自由な発想とスピーディな試作評価を進めれば、予想をはるかに越えた「新大陸の発見」も夢ではないと思います。このような観点で、本プロジェクトの成果に大いに期待します。



株式会社日立製作所
執行役専務 研究開発本部長

中村 道治氏

アドバイザー - ボード
メンバー

これまでの主な活動実績と予定

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基盤」を駒場エミナースで開催。文部科学省・坂田審議官はじめ出席者数約400名。同日、アドバイザーボード会議開催。遠山文部科学大臣が非公式に出席。
2002年12月20日	第4回運営会議・研究会議開催。
2003年1月24日	第5回運営会議・研究会議開催。
2003年2月21日	第6回運営会議・研究会議開催。
2003年3月17・18日	合同成果報告シンポジウム「フォトニック結晶と量子ドット」を主婦会館で開催。出席者数約300名。
2003年4月10日	第16回生研学術講演会「ナノテクノロジーの進展とエレクトロニクスへの展開」開催。
2003年4月18日	第7回運営会議・研究会議開催。
2003年5月23日	第8回運営会議・研究会議開催。
2003年5月27日	WWWリニューアル。
2003年6月20日	第9回運営会議・研究会議開催。
2003年7月3日	アドバイザーボード会議開催予定。
2003年7月11日	日米ナノ科学技術ワークショップ開催予定。
2003年7月14～18日	MSS-11国際学会開催予定。
2003年7月22日	第10回運営会議・研究会議開催予定。以降毎月、運営会議と研究会議を開催予定。
2003年11月17・18日	International Workshop on Quantum Dots and Photonic Crystals 2003 (QDPC2003)を東京大学駒場キャンパスで開催予定。

発行日 2003年7月1日

編
集
後
記

私たちのグループは、このプロジェクトの中で、フォトニック結晶の研究を進めさせていただいておりますが、このフォトニック結晶は、実は自然界に既に数多く存在していることはあまり知られていません。宝石のオパールや蝶の翅は、非常に魅惑的な、ときには妖しいまでの色彩に彩られておりますが、これはまさにフォトニック結晶のもつ特質からきています。実際、フォトニック結晶の立場で、これらの材料を研究している人も少なからずいます。このように魅惑的で、人づくりに女性を惹きつける材料は、もっと色々なことが出来るのではと常々考えています。このプロジェクトの中で、いくつもの真に革新的な知見や応用が得られればと思います。このニュースレターでも、今後異分野の幅広い立場からの御意見も取り上げて行きたいと思っておりますので、よろしくお願い申し上げます。(勝山)

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 : nccr@iis.u-tokyo.ac.jp

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