

- **波長1.55ミクロン帯光通信用面発光レーザーの発振に世界で初めて成功
～アンチモン系新素材とナノテクノロジーの融合～**
- **平成17年8月5日**

独立行政法人情報通信研究機構(以下NICT。理事長:長尾 真)はアンチモン系新素材量子ドットによる面発光レーザーを開発し、その光通信波長1.55ミクロン帯での室温発振に世界で初めて成功しました。光通信用面発光レーザー開発のためにアンチモン系量子ドットが有効な活性層材料であることを示しました。なお、この面発光レーザーはNICTの光デバイス技術センターで開発した高品質な半導体結晶成長技術により実現したものです。

<背景>

ユビキタス社会における大容量光コミュニケーションを実現するためには、安価で低消費電力そして高性能なレーザー光源が必要となります。現在、光通信波長1.55ミクロン帯で動作する、低コストで量産ができる面発光レーザーが注目され、多数の研究機関で実用化に向けた研究開発が進められています。従来、その素材にはインジウム・リン基板が使われてきましたがレーザーの性能向上などの社会ニーズに応えるため、より安価で高性能なガリウム・砒素基板上での光通信用面発光レーザーの実現を目指した研究が国内外で広く行われつつあります。

しかし、波長1.55ミクロン帯で発光動作する材料をガリウム砒素基板上で作製することは従来技術では難しく、光通信用面発光レーザーは夢のデバイスと考えられてきました。ガリウム砒素基板上での波長1.55ミクロン帯面発光レーザーの実現を目指し、NICTは従来あまり使われていないアンチモン系半導体新素材に注目し、ナノテクノロジーの一つである量子ドット構造を組み合わせることによる新技術の研究開発を進めてきました。

<今回の成果>

今回、NICTは活性層としてアンチモン化合物半導体であるInGaSb(インジウム・ガリウム・アンチモン)で構成される量子ドット構造を用いることにより、アンチモン系量子ドット光通信用面発光レーザーで、波長1.55ミクロン帯での動作実証に成功しました。

NICTはさらに、このアンチモン系量子ドットを高密度にガリウム・砒素基板上に作製する技術を確立し、その高密度アンチモン系量子ドットを多層積層反射鏡による微小共振器内に少ない工程数で高品質に作製することを可能としました。

今回の成果によって、従来あまり用いられなかったアンチモン系化合物という新素材と、ナノテクノロジーの応用である量子ドット構造作製技術が、面発光レーザーの長波長化に有効であることを示しました。また、本形成手法は容易な結晶成長方法であるため製造コストと作製エネルギーの低減にも有効であり、光通信波長1.55ミクロン帯で動作する面発光レーザーが安価に作製される可能性を示したと考えています。

<今後>

今後は、結晶成長技術の改善による更に良質な結晶の作製、およびレーザー製造プロセスの最適化によって、レーザー特性の向上をはかり電流注入による室温レーザー発振を目指します。

また面型微小共振器構造を用いた光通信用新機能デバイスの提案・開発を推進していきます。

なお、本研究に関連する成果について9月7日から徳島で開催される第66回応用物理学会学術講演会および9月13日から神戸で開催されるInternational Conference on Solid State Device and Materials SSDM2005において発表する予定です。

<問い合わせ先>

情報通信研究機構 総務部 広報室
奥山 利幸、大野 由樹子
Tel: 042-327-6923、Fax: 042-327-7587

<研究内容に関する問い合わせ先>

情報通信研究機構 基礎先端部門
光エレクトロニクスグループ
山本直克
Tel: 042-327-7453
Fax: 042-327-6941

【用語解説】

面発光レーザ

半導体表面から垂直に光を放射する構造のレーザ。超高速光通信を担う次世代のレーザ光源として注目されている。従来の半導体レーザ作製では基板を数百ミクロンの幅でへき開する(割る)などの複雑な工程が必要となるが、面発光レーザはこのような複雑な工程が不要で、よりシンプルに製作できる。さらに面内に高密度に同一特性を持つレーザ素子を大量に一括作製することができ、1素子あたりのコストと作製消費電力の低減などのメリットもある。

光通信波長

石英光ファイバの光強度の減衰率が低い波長帯域で、波長1.3～1.55ミクロン帯を言う。特に波長1.55ミクロン帯はもっとも減衰率が低く、光ファイバ通信には適している。さらに、1.55ミクロン帯はアイセーフの波長帯であり、光空間通信などの応用も検討されている。

量子ドット

直径が数～数十ナノメートル程度の人工的な微小粒構造で、一般的には半導体材料の微小粒を指す。ナノテクノロジーのひとつとしてこの微小粒の大きさなどを人工的に制御することにより、材料の新機能の発現と設計を行うことができる。レーザの発光部分に量子ドットを用いることで低消費電力化や発光波長の揺らぎの低減などが理論予測されている。

多層積層反射鏡

高性能な面発光レーザを実現するためには99%近い反射率を有するミラーが必要であり、半導体もしくは誘電体からなる2種類の薄膜材料の周期積層構造により高反射率ミラーを形成する。発光部分の上下を挟んで共振器を構成するミラー。特にガリウム砒素基板ではガリウム砒素とアルミニウム砒素の積層による高品質なミラー構造を作製することができる。また、今回のような光励起用の面発光レーザを作るには誘電体積層ミラーが有効である。

微小共振器

多層積層反射鏡の対により挟まれた空間内に光を閉じ込める構造。面発光レーザで使われるような、共振器の長さが1波長(数100 nm)程度のものを特に微小共振器という。共振器内では光と電子の相互作用が強くなり、活性層材料(本件ではアンチモン系量子ドット。)を入れることで微小レーザ光源となる。

アンチモン(Sb):原子番号51で、V族の元素。

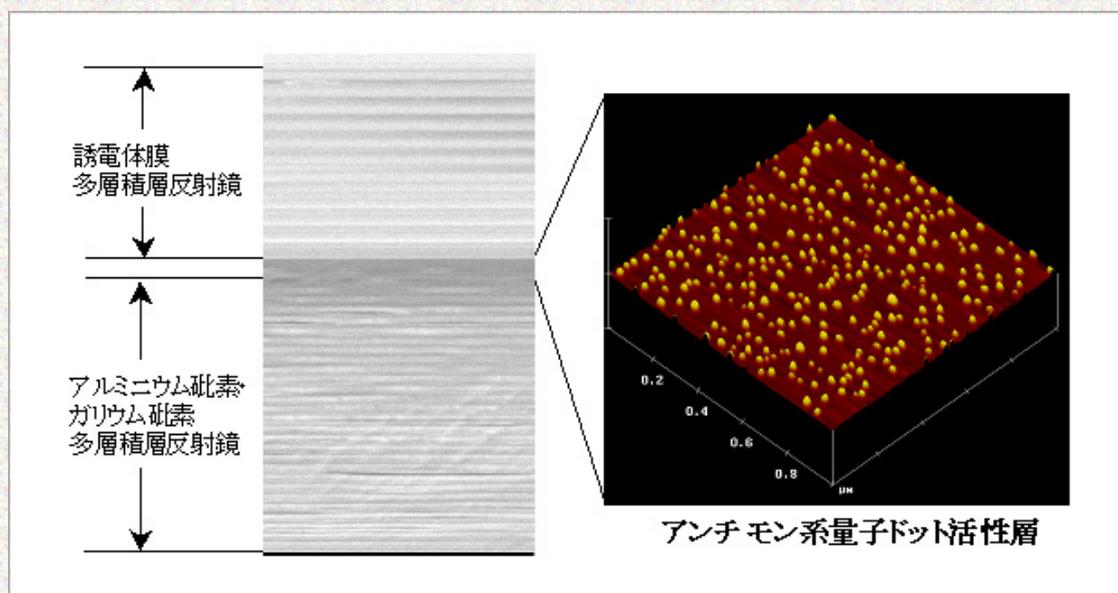


図 アンチモン系量子ドットを活性層とするアンチモン系光通信面発光レーザ構造(左)とインジウム・ガリウム・アンチモンにより構成される大きさ数ナノメートルの半導体微小粒:アンチモン系量子ドット(右)

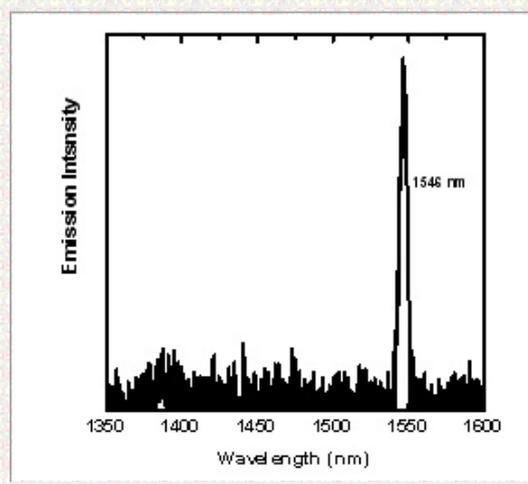


図 アンチモン系量子ドット面発光レーザからの光励起による波長1.55ミクロンの発振スペクトル