

- **日本初、量子カスケードレーザのテラヘルツ帯発振に成功**
—テラヘルツ帯レーザの実用化へ大きく前進—
- **平成18年3月6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、東京大学生産技術研究所と共同で、テラヘルツ帯「量子カスケードレーザ」を開発し、日本で初めてテラヘルツ帯でのレーザ発振に成功しました。

この成果により、作製が困難とされていた小型でコストを抑えたテラヘルツ帯における“レーザ光源”実現見通しが得られ、実用化へ近づきました。
なお、この量子カスケードレーザは、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>

現在、ユビキタス社会における周波数有効活用の新領域としてテラヘルツ帯【0.1THz～10THz(T:テラは 10^{12} を表す)】が注目を集めています。また、この周波数領域は、生体医療診断・環境モニタリング・劇物/毒物検出などへの応用も検討されています。しかし、テラヘルツ帯で動作する従来のレーザ光源は、装置が非常に大きく、かつ高価なため、コンパクトな光源開発が切望されています。
一方、NICTは、中赤外領域(30THz)における装置の小型化開発に既に成功し、さらに理論的に発光周波数の下限に制限のない「量子カスケードレーザ(注2)」のテラヘルツ帯への応用にも取り組み、デバイス研究および装置開発を進めてきました。

<今回の成果>

NICTは、ガリウムヒ素/アルミニウムガリウムヒ素系の半導体材料を用い、半導体の厚さを精密に制御しながら数百層あまりの多層膜を作り(図1(右))、電子の流れを巧みに制御できる量子カスケード構造を作製しました。そして、この量子カスケード構造を内部に持つ導波路の一方の端面に高反射ミラーを有する「ファブリー・ペロー型レーザ素子(図1(左))」を作製し、この素子を用いて3.4THzでのレーザ発振(図2)に成功しました。
これにより、テラヘルツ帯においても小型でコストを抑えたレーザ光源を作製できることを証明しました。

<今後>

今後は、テラヘルツ帯での5年以内の実稼働を目指し、実用化のキーポイントとなる結晶成長技術を改善した良質な結晶の作製、またレーザ構造およびデバイスプロセスの最適化によるレーザ特性の向上などを図り、室温での連続発振の早期実現と、実証実験を進めます。

<問い合わせ先>

情報通信研究機構 総務部 広報室
栗原 則幸、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
基礎先端部門光情報技術グループ
寶迫 巖、関根 徳彦
Tel: 042-327-6508、042-327-5848
Fax: 042-327-6941

無線通信部門 ミリ波デバイスグループ
安田 浩朗
Tel: 042-327-5360、Fax: 042-327-6669

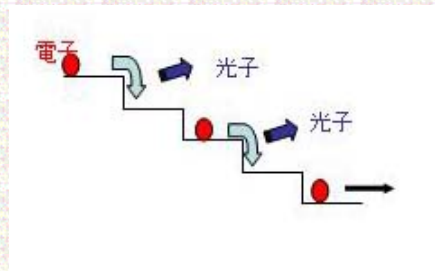
【用語解説】

注1. テラヘルツ領域

概ね0.1THz～10THzの周波数帯の電磁波を示す。その波長は3mm～30 μ mであって電波と光の境界に位置します。テラヘルツは1秒間に1兆回振動する波の周波数、10の12乗ヘルツ(10¹² Hz)で、THzと記述します。英語では、terahertz(“tera”は10の12乗を表す英語の接頭辞)と書きます。

注2. 量子カスケードレーザ

‘カスケード’とは階段状に連続した滝を意味します。分子線エピタキシャル結晶成長(MBE)等によって作られた量子力学的階段(半導体多層膜構造)を電子が一段ずつ下りる毎に(サブバンド間遷移によって)発生する光子を利用する新しい型の半導体レーザを量子カスケードレーザ(QCL: Quantum Cascade Laser)と呼びます。



量子カスケードレーザの模式図

電子が量子力学的階段を1つ下りる毎に光子を1つ発生します。段数を多くすることによって高出力化が可能です。

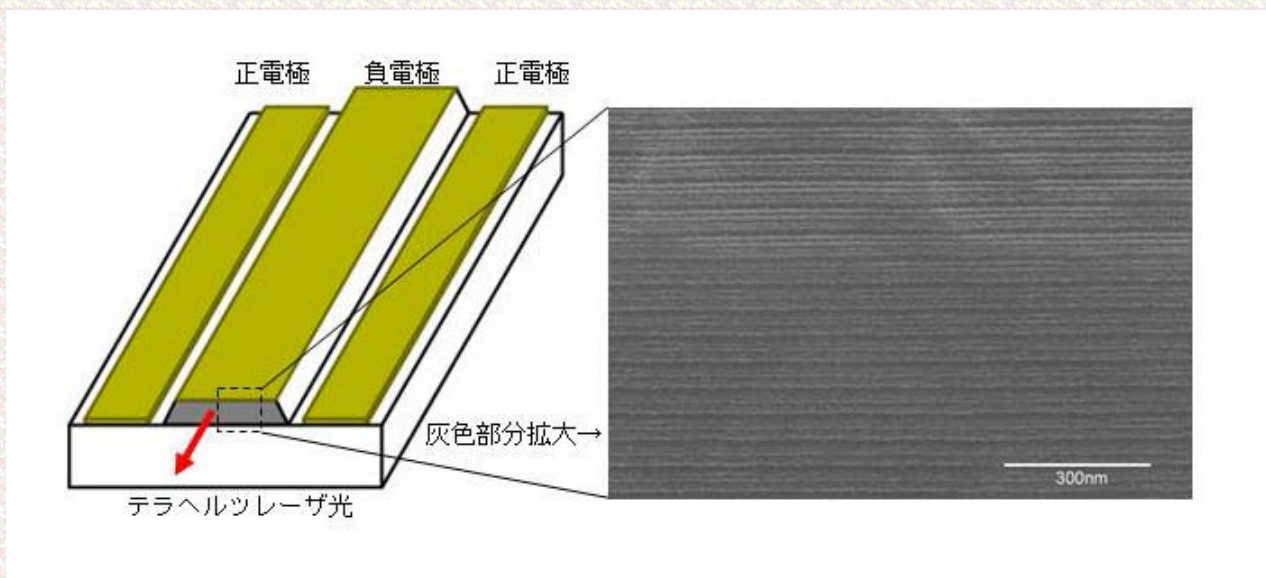


図1:「量子カスケードレーザ」素子の見取り図(左)。灰色部分が活性層、真中の活性層トップにある黄色ストライプは上部金属電極、その周りの2本の黄色ストライプは下部の金属電極。この間に電流を流してレーザ発振を得ました。右は、量子カスケードレーザ活性層の電子顕微鏡写真。多層膜が周期構造を成しているのが分かります。

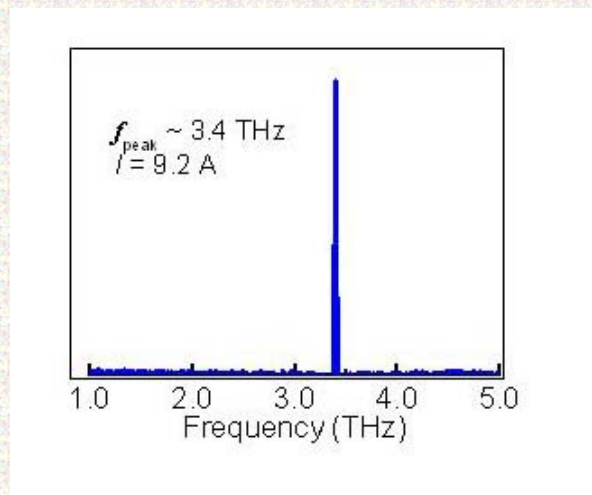


図2: 図1の量子カスケードレーザ素子を約 -250°C に冷却し、電極間に 9.2A の電流を流した際に観測された発光スペクトル。レーザ発振に必要な電流(閾値電流)値を超えているため、レーザ発振を反映した鋭いスペクトルになっている。約 3.4 THz のピーク周波数を持つ多モード発振が得られている。