

半導体共鳴トンネル構造による テラヘルツ波の発生とその応用

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 教授

浅田 雅洋



研究の背景

電磁波は日常生活のさまざまなところで利用されています。携帯電話や放送、レーダー、あるいは電子レンジなどに広く使われている電磁波は、周波数が100GHz (GHz=ギガヘルツ=10⁹ヘルツ) 程度までであり、電波と呼ばれます。一方、光も周波数が数100THz (THz=テラヘルツ=10¹²ヘルツ) の電磁波であり、光ファイバ通信などに使われています。

これら光と電波の中間に、テラヘルツ帯と呼ばれる、周波数が100GHz程度～数THzの電磁波領域があります。この領域はこれまでほとんど未開拓で利用されていませんでしたが、最近、いろいろな応用の可能性があることがわかってきました。さまざまな物質に対するこの周波数帯の透過性や吸収特性は、バイオテクノロジーや化学の分野あるいはセキュリティ分野での分析や透過イメージングなどに、また、超高周波数という特性は大容量の無線通信への応用が期待されています。

これらの応用にはテラヘルツ波を発生する光源が不可欠の要素です。このため、種々のテラヘルツ光源が研究され、量子カスケードレーザなど半導体素子の研究も盛んに行われていますが、室温動作、高出力・高効率、コンパクトなどを全般的に満足できるデバイスはまだ実現していないのが現状です。

研究の成果

私たちは、ナノメートルの厚さの半導体多層構造からなる共鳴トンネルダイオード(略称RTD、図1)を用いたテラヘルツ光源の研究を行ってきました。RTDでは、ある範囲の印加電圧において、電圧を増加させると電流が減るという現象

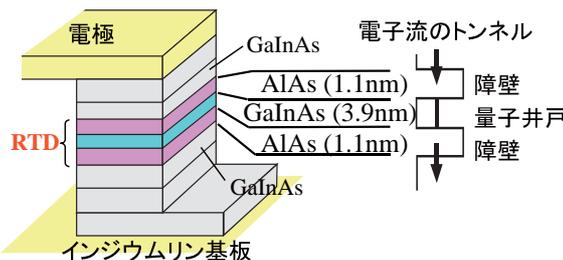


図1 共鳴トンネルダイオード(略称RTD)。上下の電極間にナノメートル厚の半導体アルミニウム・ヒ素(AIAs)、ガリウム・インジウム・ヒ素(GaInAs)からなる3層の共鳴トンネル構造を形成し、電子流を透過させる。

が生じ、これを利用して電磁波を発生させることができます。この電磁波がテラヘルツ帯の高周波数になるように電子流を高速化するRTD構造を考案し、微細なアンテナの集積とシリコン半球レンズの装填を行って発振素子を作製しました(図2)。その結果、半導体電子素子では初めて、1THzを超える1.04THzの発振を室温で得ることに成功しました。さらに素子構造改良により1.3THzまでの発振も得られるとともに、0.5THzで伝送速度3ギガビット/秒までの無線通信の初期実験も行いました。

今後の展望

この研究により、RTDが小型・高効率の室温テラヘルツ光源の一候補になることが示せましたが、まだ出力は十分ではありません。今後、高出力構造の考案とともに、さらなる高周波化や大容量の通信、微細な分析デバイスなどへの応用を研究したいと考えています。

関連する科研費

平成18-20年度 基盤研究(A)「量子ナノ構造を用いた高出力・広周波数域テラヘルツ電子デバイスの研究」
平成21-25年度 基盤研究(S)「テラヘルツ波による大容量無線通信実現の為のデバイス・システムの開拓」

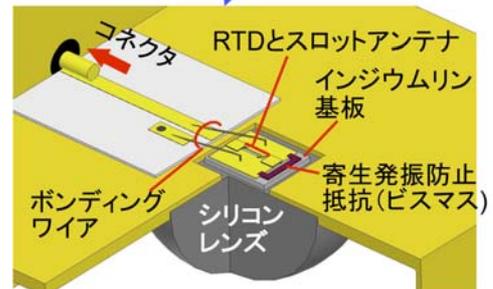
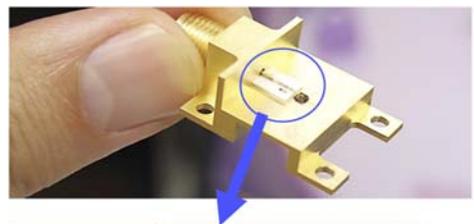


図2 共鳴トンネルダイオード(RTD)を用いたテラヘルツ発振素子。RTDを微細スロットアンテナと集積し、さらにテラヘルツ出力を狭いビームにして取り出すためにシリコンレンズを装填し、高速信号をRTDに送り込むためのコネクタに接続した。