

【特別推進研究】

理工系（工学）



研究課題名 グラフェンテラヘルツレーザーの創出

東北大学・電気通信研究所・教授

おつじ たいいち
尾 辻 泰 一

研究分野：工学、数物系科学

キーワード：レーザー、カーボン材料、電子デバイス、量子デバイス、光デバイス、ミリ波

【研究の背景・目的】

将来の情報通信技術の飛躍的な発展には新たな周波数資源の開拓が必須である。トランジスタやレーザーダイオード等の半導体デバイスの世界では、光波と電波の融合域であるテラヘルツ (THz) 領域は長らく未開拓領域として取り残されてきた。

そのような中で、バンドギャップおよび有効質量が消失するという特異な電子物性を有する炭素原子の単層シート：グラフェンが、2004年に A. Geim と K. Novoselov によって生成・発見され、以来、夢の光電子材料として研究が急速に進展している。本申請者らは、グラフェン中に光学励起および電流注入で生じる過剰電子・正孔の非平衡キャリア緩和再結合過程を考察し、THz 領域での反転分布形成・誘導放出が実現できることをはじめて理論的に発見し、他に先駆けて実証している。

本研究では、グラフェンの特異な光電子物性を積極的に活用し、申請者らが発見した新たな反転分布形成機構を導入することにより、従来成し得なかった電流注入型の室温 THz 帯レーザーを創出しようとするものである。

【研究の方法】

第一に、THz 帯レーザー共振器を構成して光ポンピングによる室温レーザー発振の実現から着手する。第二に、グラフェンの二次元電子系に励起される巨大プラズモン不安定性を利用増強手段として導入する申請者らオリジナルの素子構造・動作機構を明らかにし、その有効性を実証する。第三に、これらの新構造を用いて電流注入型 THz レーザーを試作し、室温動作の実証に挑む。

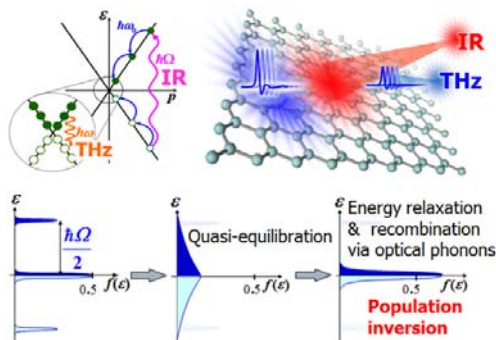


図1 光学励起グラフェンの非平衡キャリア緩和・再結合過程がもたらす THz 帯誘導増幅放出。

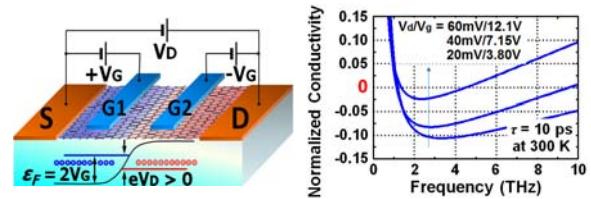


図2 電流注入型グラフェン THz レーザーの基本構造と THz 帯負性導電率の数値解析例。

【期待される成果と意義】

新しいグラフェンの光物性応用ならびに新しいレーザー理論の誕生という科学的側面において、本研究の学術的意義は極めて高いと判断できる。同時に、グラフェンの特異なバンド構造を活用する新しい電流注入型グラフェンレーザー素子構造の提案、設計論の体系化という工学的側面からの学術的意義も高く、学理の追及に基づく科学技術イノベーションとして極めて高い意義を有する。

本研究が成功すれば、半導体集積デバイスとして世界初の室温 THz レーザー発振の実現が可能となり、THz 無線通信や THz カメラなど、将来の安心・安全・ユビキタスな情報通信社会に産業革命をもたらす大きな可能性を秘めている。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- V. Ryzhii, T. Otsuji, and M. Ryzhii, "Negative dynamic conductivity of graphene with optical pumping," J. Appl. Phys. 101, 083114 (2007).
- H. Karasawa, T. Komori, T. Watanabe, A. Satou, H. Fukidome, M. Suemitsu, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Observation of amplified stimulated terahertz emission from optically pumped heteroepitaxial graphene-on-silicon materials," J. Infrared Milli. Terahz. Waves, 32, 655-665 (2011).

【研究期間と研究経費】

平成23年度～27年度

355,400千円

【ホームページ等】

URL: <http://www.otsuji.riec.tohoku.ac.jp>

Email: otsuji@riec.tohoku.ac.jp