

修士学位論文要約（令和2年3月）

グラフェンを利得媒質としたテラヘルツ発振デバイスに関する研究

込山 貴大

指導教員：尾辻 泰一

Study on Terahertz Oscillator Devices Using Graphene as a Gain Medium

Takahiro KOMIYAMA

Supervisor: Taiichi OTSUJI

In this report, the author experimentally investigated a terahertz oscillator device using graphene, a two-dimensional (2D) nanocarbon material with unique optoelectronic properties, as a gain medium for the purpose of creating a new terahertz light source device that can operate at room temperature with high output power. First, emission from a multilayer epitaxial graphene thermally decomposed on a C-face SiC substrate was observed by using Fourier transform far-infrared spectroscopy under pulsed near- and far-Infra-Red (FIR) optical pumping laser. When the sample was pumped by the 2.3- μm NIR OPO laser, a broadband THz emission ranging from 15 to 45 THz was observed correspondingly to the negative optical conductivity spectra originated by the pumping. Contrary, when the sample was pumped by the 10.6- μm FIR CO₂ laser, no distinctive emission spectra were observed. This suggests that the sample holds strong unintentional doping, which may cause the Pauli blocking to the 10.6- μm pumping photons. Second, the author fabricated the Graphene Field-Effect-Transistor (GFET) with an Asymmetric Dual-Grating-Gate (ADGG-GFET). This device was expected to emit intense, coherent terahertz radiation based on two operational principles: terahertz laser oscillation obtained from population inversion by current injection pumping and plasmon terahertz oscillation promoted by the graphene plasmon instability. However, unfortunately in the results from optical measurement of the fabricated device, it was found that strong unintentional n-doping occurred during the fabrication process, which certainly disturbed THz oscillation in the device.

1. はじめに

電波と光波の中間領域である周波数帯：0.1~10 THz に位置するテラヘルツ波は、電波の透過性と光の直進性を併せ持っており、様々な応用が期待されている。しかしながら、図 1 に示すように、多くの電子デバイスはテラヘルツギャップとも呼ばれるテラヘルツ周波数付近において大きな強度減衰が生じ動作が困難になる。テラヘルツ波の様々な分野の応用へ向けては、室温動作可能・高出力・小型の条件を満たした、室温で高効率かつ安定した動作が可能であるような光源の開発が望まれるが、そのような光源デバイスは未だ開発されていないのが現状である。

本研究は、未だ実現されていない高出力かつ室温動作可能かつ集積可能な新しいテラヘルツ光源デバイスの創出を目的とし、特異な光電子物性を有する二次元カーボン材料グラフェンの負性導電率による反転分布を利用したデバイスの実現のため、グラフェン数層からなる多層グラフェンサンプルをポンピングレーザーで光励起した際の放射スペクトルの測定を通し、多層グラフェンによる放射スペクトルの解析および、グラフェンによる利得の阻散要因となる散乱効果についての検証を試みた。また、グラフェンを利得媒質に用いたテラヘルツ発振デバイスを設計および試作し、光学測定を試みた。

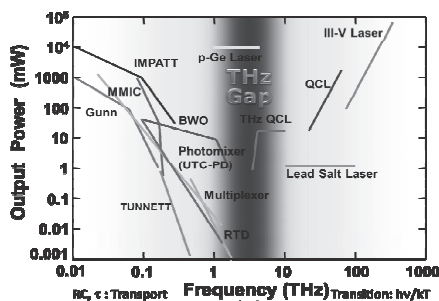


図 1 周波数に対する各電子デバイスの出力強度とテラヘルツギャップ。

2. 光励起多層グラフェンによる広帯域テラヘルツ放射の観測

本節で述べる実験は、多層グラフェンを光励起した際における反転分布形成によるフォトン放射の有無、およびポンピング光源を低フォトンエネルギーとすることにより励起電子温度を低下させた際におけるオージェ散乱の抑制効果¹⁾の検証を目的として、露科学アカデミーマイクロ構造物理学研究所(IPM-RAS)との共同研究により行われた。実験に用いた多層グラフェンサンプルは半絶縁性 6H-SiC(0001)面(C面)基板の熱分

