

光誘起キャリアによるテラヘルツ光の相対論的ドップラー反射機構の解明

Mechanism of relativistic Doppler reflection of THz light from photo-induced carriers

超高速光物性研究グループ

河野 七瀬

半導体にバンドギャップ以上のエネルギーを照射すると、その光を吸収して自由電子(キャリア)が伝導帯に励起される。キャリアは、その密度に応じた固有の周波数を持ち、その周波数よりも低い周波数の光を反射する(プラズマ反射)。このプラズマ効果を利用し、近年、光誘起されたキャリアのダイナミクスを観測する手法として、“テラヘルツ時間領域分光法(THz-TDS)”が注目されている。THz 光はキャリアの密度に鋭敏に応答し変化するため、光励起後の半導体に THz 光を照射し、透過もしくは反射した THz 光の波形やスペクトルを解析することで半導体内部に不均一に分布したキャリアの密度情報等を引き出すことが出来る[1]。さらに励起光と THz 光の照射時間間隔を掃引することで、キャリア密度の空間分布だけでなく時間変化も同時に計測可能である。我々は、上記の手法を用い、光励起直後の誘起キャリアダイナミクス、および、誘起キャリアと THz 光の相互作用によって引き起こされる THz 光のドップラー反射過程のメカニズム解明を目指し、実験を行った。

半導体を光励起した際、励起光はキャリアを生成しながら半導体内部へ浸透する。生成したキャリアは励起光の速度に近い速度で進行するプラズマミラーとしてふるまうため、励起光と対向に THz 光を照射すると、進行するミラーにより THz 光はドップラー反射され、高周波数シフトする[2,3]。光誘起キャリアによる THz 光のドップラー反射過程は、THz 光の新たな周波数変換法となる可能性を有しており、その詳細な反射メカニズムの解明は重要な課題である。本研究では、THz-TDS を用いてドップラー反射した THz 光を観測し、プラズマミラーの振る舞い、つまり、キャリアダイナミクスと THz 光の周波数シフト量との関係性を明らかにした。また、励起光強度に伴って周波数シフト量が増加する様子を観測した。単純なドップラー反射の式では、シフト量は励起光強度に依存しないことから、本実験結果を説明するモデルの構築を行ったので報告する[4]。

[1] M. Tsubouchi, et al., Opt. Lett., 37, 3528 (2012).

[2] M. D. Thomson, et al., Phys. Rev. B 87, 085203 (2013).

[3] F. Meng, et al., Phys. Rev. B 90, 155207 (2014).

[4] N. Kohno, et al, Phys. Rev. B 94, 155205 (2016).