

超広帯域赤外時間領域分光による InSb における光誘起拡張ドルーデ応答 Photoinduced Extended Drude response observed with ultrabroadband infrared time-domain spectroscopy in InSb

¹阪歯大物理, ²阪大基礎工 °松原 英一^{1,2}, 森本智英², 永井 正也², 芦田 昌明²
¹Osaka Dental Univ., and ²Osaka Univ. °Eiichi Matsubara^{1,2}, Masaya Nagai², and Masaaki Ashida²
 E-mail: matsubara@cc.osaka-dent.ac.jp

これまで半導体における高密度キャリアダイナミクスは、基礎・応用の両面から盛んに研究が行われてきた。特にバンド端やプラズマ周波数近傍の光スペクトルは、キャリアの性質を強く反映するため、フェムト秒レーザーをベースとした光源による時間分解分光で詳細に調べられてきた。しかし、多くの半導体のバンドギャップが位置する可視~近赤外は非線形波長変換で、弱励起の場合のプラズマ周波数が位置するテラヘルツ（遠赤外）領域はテラヘルツ時間領域分光にて測定できるものの、中赤外領域は両手法でカバーしにくいいため、遠赤外から中赤外に接続する領域の過渡光学応答については、よく調べることができなかった。我々は空気を媒質とした赤外パルスの発生・検出法にて、中空ファイバー圧縮法で生成した光強度 10 fs パルスを光源とすることにより、1-150 THz の範囲で時間領域分光によるコヒーレント電場計測を実現させた[1,2]。今回、我々はこのシステムをもちいてナローギャップ半導体 InSb における光励起過渡光学伝導度スペクトルを測定したので、その結果について報告する。

励起パルスは時間幅約 35 fs、光子エネルギー1.55 eV のチタンサファイア再生増幅レーザー光の基本波パルスである。Fig. 1 (a) は温度 77 K、励起密度 2 GW/cm²、励起後数 ps における過渡光学伝導度スペクトルを示す。実線と点線はそれぞれ通常のドルーデモデルによる光学伝導度の実部 (σ_1) と虚部 (σ_2) のフィッティング結果である。これより、実部・虚部とも概ねよくフィットできていることがわかる。励起密度を 8 GW/cm²に増やしたところ、Fig. 1 (b) に示すように通常のドルーデモデルからは大きく逸脱したスペクトル形状をとることがわかった。

このずれを定量的に評価するために、それぞれ τ (散乱時間) と m^* (有効質量) を表す $\frac{\sigma_2}{\omega\sigma_1}$ と $-\frac{Ne^2}{\omega} \text{Im}[\frac{1}{\sigma}]$ の値を各スペクトルから算出してプロットしたところ、弱励起 (2 GW/cm²) の場合は両者ともほぼ周波数によらず一定となったのに対して、強励起 (8 GW/cm²) の場合は周波数に対して単調に減少していくことがわかった。特に、 m^* は拡張ドルーデモデルで議論されているように ω^{-2} に従うことがわかった。

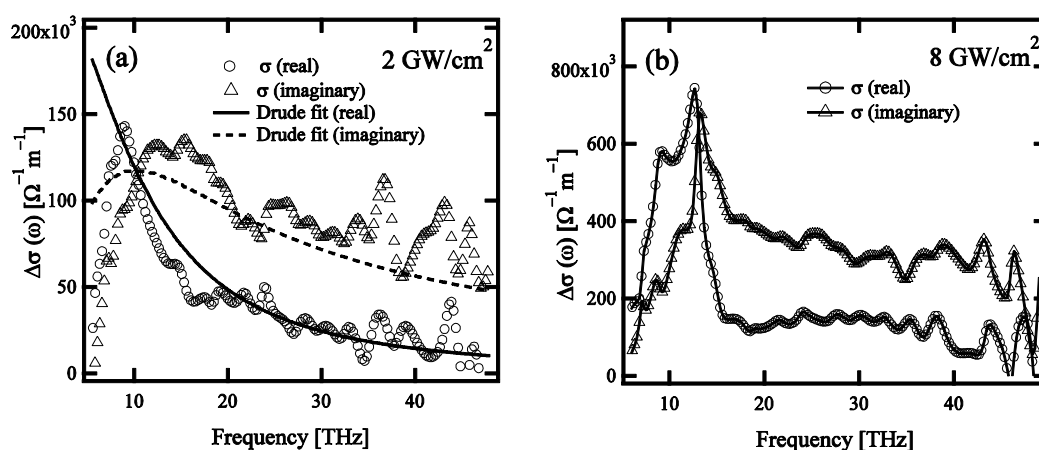


Fig. 1 Real and imaginary parts of time-resolved optical conductivity spectra in a single crystal of InSb at 77 K. Pump fluences were 2 GW/cm² (a) and 8 GW/cm², respectively.

参考文献

- [1] E. Matsubara, M. Nagai, and M. Ashida, J. Opt. Soc. Am. **30**, 1627-1630 (2013).
- [2] 松原ら、2014 秋季応用物理学会。