

論文内容の要旨

博士論文題目 Density Dependence of the Terahertz Absorption Spectra in Optically Excited Semiconductors

(可視光によって励起された半導体におけるテラヘルツ光吸収スペクトルの密度依存性)

氏 名 Yen Thi Hai Le

(論文内容の要旨)

【背景と目的】

本論文では、励起子非線型性、特に励起子モット転移と呼ばれる現象を可視光ではなくテラヘルツ光応答に着目して理論的に調べた。ここで励起子モット転移というのは、高密度にキャリアを生成した場合、遮蔽効果が顕在化するために、電子と正孔が束縛状態を形成することができなくなる現象である。

【結果】

本研究では、直接遷移型半導体を記述する、非縮退2バンド電子正孔ハミルトニアンを出発点として、線型応答理論に基づいてテラヘルツ領域の横波誘電関数を求めた。本論文ではまず初めに熱力学的アプローチに基づいて励起子モット転移を議論し、その後分光学的アプローチに基づいて議論した。低密度領域の時、entropy dissociation と呼ばれる効果のために、励起子成分は現れず、長波長領域にドルーデ成分だけ得られた。中間密度領域において、励起子の内部遷移に相当するピークが得られるが、そのピークエネルギーは密度が変化してもほとんど位置を変えない結果が得られた。電子正孔対密度が 10^{20} cm^{-3} 以上の高密度状態になると、励起子モット転移が起こって、励起子の内部遷移に相当する吸収ピークが消滅し、ドルーデ成分だけになることが分かった。

以上のように、本論文では励起子モット転移をテラヘルツ光応答という観点から調べることによって、電子相関の効果のためにこれまで精密に議論することの難しかった励起子モット転移密度を理論的に予言することに成功した。この研究成果は、将来の光デバイス設計に重要な指針を与える、光によって励起された電子正孔系の相図の解明に大きく貢献することが期待できる。

氏 名	Yen Thi Hai Le
-----	----------------

(論文審査結果の要旨)

テラヘルツ光技術は 21 世紀になって急速に発達した比較的新しい技術で、情報伝達だけでなく、医療やセキュリティ技術においても応用が期待される分野である。本論文では、励起子非線型性、特に励起子モット転移と呼ばれる現象を可視光ではなくテラヘルツ光応答に着目して理論的に調べた。ここで励起子モット転移というのは、高密度にキャリアを生成した場合、遮蔽効果が顕在化するために、電子と正孔が束縛状態を形成することができなくなる現象である。

本研究では、以下のような成果を得た。

- 1、 低密度極限において、density dissociation のためにテラヘルツ光吸収スペクトルにドルーデ成分のみ得られる。
- 2、 励起子密度を上昇させると、励起子内遷移に起因した吸収スペクトルの成分が観測される。この中で、1s-2p 遷移に起因する成分は励起子密度を上昇させても遷移エネルギーが殆ど変化しない。
- 3、 励起子密度を更に上昇させると、遮蔽効果が顕在化するために励起子内部遷移に起因するスペクトル成分は長波長側にシフトする。
- 4、 励起子モット転移点を超えると、励起子内部遷移に起因したスペクトル成分が消滅し、ドルーデ成分のみ観測される。

以上の結果は、シリコンに対する実験研究の結果をうまく説明している。

このように、本論文は、テラヘルツ光吸収を議論することによって、これまで電子相関の効果のために理解することが難しかった励起子モット転移を精密に議論すること可能にすることを理論的に示すことに成功した。以上の理由により、審査員一同は本論文が博士（理学）の学位論文として価値のあるものであると認めた。