

層状 TlGaS₂ の誘電率スペクトルの温度特性

Temperature dependence of dielectric function spectra in layered TlGaS₂

阪府大院工¹, 千葉工大工², アゼルバイジャン科学アカデミー³

○川端 利幸¹, 沈 用球¹, 脇田 和樹², Nazim Mamedov³

Osaka Pref. Univ.¹, Chiba Inst. Tech.², Azerbaijan Nat. Acad. Sci.³

°Toshiyuki Kawabata¹, YongGu Shim¹, Kazuki Wakita², Nazim Mamedov³

背景

3元タリウム化合物は、温度の変化に伴い、ノーマル相、インコメンシュレート(IC)相、コメンシュレート相へと構造相転移を起こす物質である¹⁾。IC相では、空間変調構造に基づく新たな電子準位が形成されることが報告されており²⁾、基礎物性面で興味深い特徴を持つ。また、光誘起メモリー効果、光誘起変形現象、光音響波発生、巨大ゼーベック係数等の様々な特異的性質が報告されているが³⁻⁶⁾、その原因については明らかにされていない。そのため、基礎物性評価が重要な課題となっている。

3元タリウム化合物の中で、主に層状構造を形成するのは、TlInS₂, TlGaSe₂, TlGaS₂である。これまで、我々の研究室では、この層状3元タリウム化合物について、相転移によるバンド構造の変化に着目し研究を進めてきており、TlInS₂, TlGaSe₂に関しては、相転移による光学定数や光学遷移の温度変化を通して、相転移温度やバンド構造変化に関する新たな知見を得てきた^{7,8)}。

本研究では、TlGaS₂の基礎物性として、誘電率スペクトルの温度特性に着目し、IC相転移が光学定数やバンド構造に与える影響を明らかにすることを目的とした。

実験方法

測定試料には層状TlGaS₂のバルク単結晶を用いた。また、誘電率スペクトルの測定には、温度可変の分光エリプソメーターを用いた。

室温での測定では、測定面に(001)面、(100)面を用いて誘電率スペクトルにおけるE_⊥c*成分、E_∥c*成分を測定した(c*:層面に垂直な方向)。入射角φは65度で、測定エネルギー範囲は1.5~6.0eVで測定を行った。バンド間光学遷移の決定には、標準臨界点モデルを用いた⁹⁾。

さらに80~400Kの温度範囲で、(001)面を用いて室温時と同様に測定した。測定温度範囲は80~400K間で5K Stepで行った。

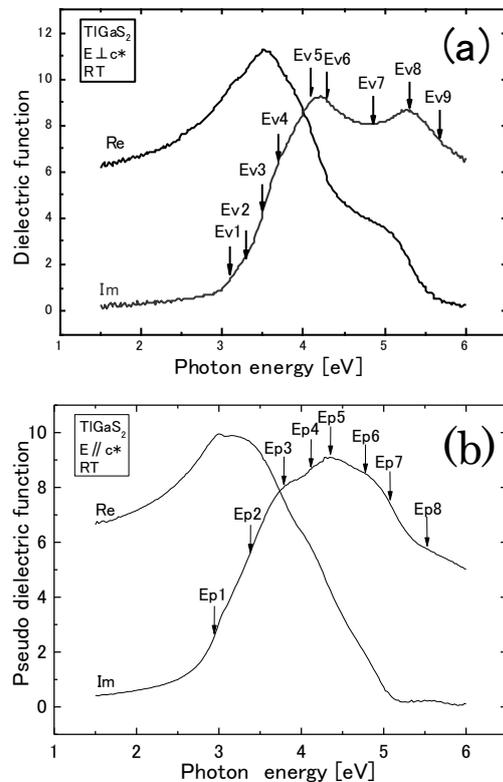


図1 室温におけるTlGaS₂の誘電率スペクトル
矢印は特異点位置
(a)E_⊥c*成分 (b)E_∥c*成分

結果・考察

室温における誘電率スペクトルの測定結果を図1に示す。図中の矢印は標準臨界点モデル⁹⁾の特異点解析によって求めた各特異点エネルギー位置である。

結果から明らかなように、層状構造を反映してE \perp c*とE//c*で強い異方性があることが確認出来た。また、室温におけるTiGaS₂の直接遷移のバンドギャップは、2.38eV¹⁰⁾であるが、本実験では観測されなかった。これは、試料表面の酸化物やラフネスが原因で、バンド端付近の誘電率スペクトルが正確に測定できなかつたためと考えられる。

図2に80~400Kの誘電率スペクトル(虚部)の測定結果を示す。スペクトル構造を見ると温度低下に伴う各ピーク構造の先鋭化が確認できる。特に、3.2eV, 3.8eV付近では、低温では明確なピーク構造が確認できた。これらは、主に、温度低下に伴う各光学遷移のブロードニングの減少によるものであると考えられる。

図3に2.6eVにおける誘電率(実部)の温度特性を示す。280K付近で誘電率の温度勾配が急激に変化していることが確認できた。これらエネルギー領域の誘電率は電子準位構造と密接な関係があるため、これらの温度で電子準位構造に変化が生じたと考えられる。実際、TiGaS₂では、T_i=280Kとの報告があり¹¹⁾、この温度付近で構造相転移による電子準位構造の変化が生じたと考えられる。

まとめ

TiGaS₂の基礎物性として、光学定数およびバンド構造の温度変化や相転移による影響を明らかにするため、誘電率スペクトルの温度特性を測定した。そこから、構造相転移による電子準位の変化を反映したと考えられる温度勾配の変化を観測した。

今後、バンド端付近の光学遷移の温度特

性や構造相転移と光学遷移の温度特性の関係について、さらに検討を行う。

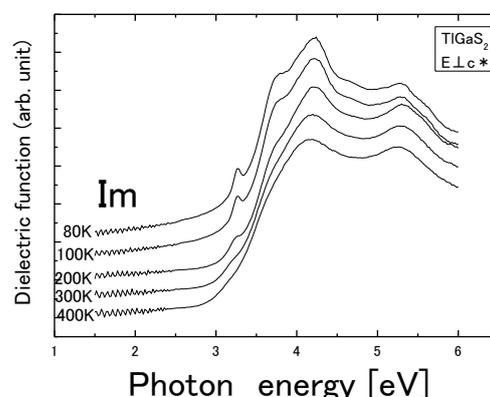


図2 TiGaS₂の誘電率スペクトル温度特性(虚部)

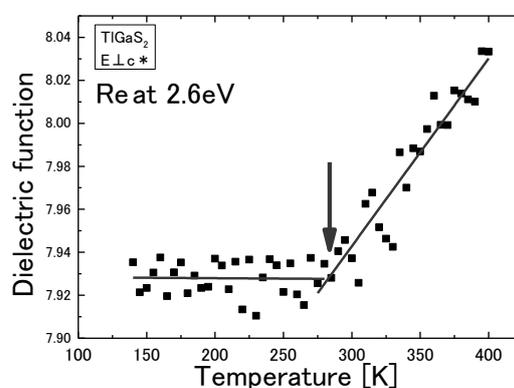


図3 TiGaS₂の誘電関数の温度特性 (2.6eV 実部)

参考文献

- 1) N. T. Mamedov, Y. Shim and N. Yamamoto, Jpn. Appl. Phys. **41** (2002) 7254.
- 2) Th. Rasing, Phys. Rev. Lett. **53** (1984) 388.
- 3) A. Kato, M. Nishigakii, N. Mamedov, M. Miyazaki, S. Abdullayeva, E. Kerimova, H. Uchiki, S. Iida, J. Phys. Chem. Solids **64** (2003) 1713.
- 4) 岸杭 薫 他, 平成20年度春季応用物理学会 (27a-ZD-2).
- 5) V. Grivickas, V. Bikbajevs, V. Gavrzusinas, Mat. Science **12** (2006) 279.
- 6) N.Mamedov, K. Wakita, A. Ashida, T. Matsui, K. Morii, Thin Solid Films **499** (2006) 275.
- 7) 田代 亮 他, 多元系機能材料研究会平成20年度成果報告集, p.20 (2009).
- 8) 伊東 良晃 他, 平成22年度秋季応用物理学会 (16p-NB-16).
- 9) M.Cardona, *Modulation Spectroscopy*, Academic Press, New York, 1969.
- 10) B. Gurbulak, S. Duman, A. Ates, Czechoslovak Journal of Physics **55** (2005) 93.
- 11) Ates A, Gurbulak B, Yildirim M, Dogan S, Duman S, Yildirim T and Tuzemen S, Turk. J. Phys. **26** (2002) 127.