

論文審査の結果の要旨

氏名 富田卓朗

本論文はワイドギャップ半導体である SiC の光物性に関するものである。SiC は結晶成長技術の進歩により応用面、とくに低損失変電圧素子としての応用などにも注目が集まっている物質で、基礎的な物性研究の進展が望まれている。本論文では、SiC のラマン散乱の励起波長依存性の起源を解明するとともに、時間分解過渡吸収の測定から伝導帯間の超高速緩和過程を明らかにしたものである。SiC は多くの結晶多形を持つ物質であるが、そのことを積極的に利用して情報を増やすことにより、結晶多形に共通する物理的性質を導き出していることが特徴である。

本論文は全体で7章からなる。第1章では研究の背景や用いた試料について述べ、第2章ではラマン散乱や伝導帯間吸収の理論的背景について概説している。第3章は実験に用いた装置の説明で、とくにポンププローブ法による時間分解過渡吸収光学系の作成および評価では論文提出者の創意工夫が盛り込まれている。第4章はラマン散乱における励起波長および励起強度依存性に関する研究で、折り返し縦波フォノンモードに著しい励起波長依存性を見出したものである。第5章および第6章は伝導帯間超高速緩和過程を2つの結晶多形について調べたもので、ピコ秒スケールで光学フォノンの散乱が起きていることを明らかにした。第7章においては上記の研究の総括を行っている。

本研究の第一の成果は、ラマン散乱において折り返し縦波フォノンモードに著しい励起波長依存性が見られることを見出し、それをボンドラマン分極率の波長依存性として理解したことである。論文提出者は3つの SiC の結晶多形について、266 nm から 515 nm までの7つの波長で励起した場合のラマンスペクトルを測定した。その結果、266 nm で励起した場合に、折り返し縦波フォノンモードに起因するラマン散乱強度が著しく増加することを明らかにした。これら3つの結晶多形に共通する力の定数、およびボンドラマン分極率を求めたところ、266 nm の励起波長において、2つのボンドラマン分極率の差が非常に大きくなっていることを突き止めた。これは共鳴領域においてボンドラマン分極率が大きな波長依存性を持ち、それらが僅かに異なるためであると解釈された。

本研究の第二の成果は、ポンププローブ法による時間分解過渡吸収分光で、伝導帯間の超高速緩和過程を調べたことである。6H-SiC においては 1.25 ps、4H-SiC においては 630 fs の時定数の緩和が観測された。これらは最低の伝導帯からエネルギーの高い別の伝導帯に励起された電子が熱平衡化の後に電子-格子相互作用によって最低伝導帯の高エネルギー側に散乱される過程を見ているものと考えられる。観測された時定数はフォノンを介した谷間散乱に対応するものと結論され、谷間変形ポテンシャルの値が2つの結晶多形について求められた。求められた谷間変形ポテンシャルの値は電気伝導度の測定から導かれるものとの絶対値は1桁程度異なるが、多形間の比はよく一致していることがわかった。

このように本論文では基本的物質 SiC の光学的性質に関して、数多くの新しい知見を得、それらを結晶多形に共通する物理的概念で説明することに成功している。その意味で、博士論文に要求される独創性を十分備えていると判断される。また、本論文の研究は、論文提出者が指導教官および研究協力者の助言と援助を受けながら、自ら着想し実行したものである。したがって、論文提出者、富田卓朗氏は博士（理学）の学位を授与するにふさわしいと判断する。