

氏名(本籍)	山本愛士(滋賀県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第1088号
学位授与年月日	平成5年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
審査研究科	物理学研究科
学位論文題目	Raman Scattering in Semiconductor Nanostructures—Heterostructures and Nanocrystals (半導体ナノ構造のラマン散乱の研究——ヘテロ構造及び微結晶——)
主査	筑波大学教授 理学博士 阿部 聖 仁
副査	筑波大学教授 理学博士 檜原 良 正
副査	筑波大学教授 理学博士 舩本 泰 章
副査	筑波大学助教授 理学博士 森岡 弓 男

論 文 の 要 旨

近年、ナノメートルサイズの構造を持つ半導体ナノ構造の研究が、非常に活発に行われている。格子振動の立場からも、ナノ構造に特有の興味ある現象が報告されている。本論文では、ラマン散乱分光法を用いて半導体ナノ構造（特にヘテロ構造及び微結晶）のフォノンに関する新しい知見を得ることを目的としている。本研究では、ZnSe-ZnS歪超格子の高次の音響フォノン折り返しモード、ZnSe-ZnS歪超格子における光学フォノンの二軸性応力によるスプリットティング、Si微結晶における光学フォノンの閉じ込め効果の3点について研究を行っている。

まず、ZnSe-ZnS歪超格子における高次の音響フォノンの折り返しモードについて議論している。超格子を構成する物質の格子定数の違いから歪を内包する系では、音響フォノンの折り返しモードは観測されにくいのが現状であり、折り返しモードのピーク位置は歪による影響が大きいと考えられていた。本研究では、GaAs基板と格子整合するように設計した試料を用いたところ、非常に高次の（5次まで）音響フォノンの折り返しモードを観測する事に成功した。電子顕微鏡写真と光弾性モデルを用いてスペクトルを計算したところ、非常に良く実験結果を再現する事ができた。このことから、ラマンスペクトルは主に超格子の周期性と界面の粗さを反映している事が判明した。さらに、歪はラマンスペクトルに陽には効いていない事も明らかとなった。

次に、ZnSe-ZnS歪超格子における光学フォノンの二軸性応力によるスプリットティングについて議論している。歪超格子等のヘテロ構造には二軸性応力を内包しており、光学フォノンは振動する方向によって異なった応力の影響を受け、界面に対し垂直に振動するモード（singlet）と平行に振

動するモード (doublet) にスプリットする事が予想される。この予測を確認するために、入射レーザー光を界面に対し垂直に入射する従来法に加え、平行に入射する配置でも測定を行った。その結果、LO, TOそれぞれについてsinglet及びdoubletのタイプにスプリットすることを初めて示した。以上の事から、この測定方法は歪超格子のみでなく、異方性のある応力を内包する系の応力の大きさや方向を調べる有効な手段と成り得ることを示した。

最後に、Si微結晶における光学フォノンの閉じ込め効果について議論している。微結晶中の光学フォノンは、閉じ込め効果により粒径が小さくなるに従い、ラマンスペクトルのピーク位置は低波数をシフトし、ブロードになることが一般に知られている。本研究では、母体の影響の無い微結晶を使用したところ、粒径の最も小さな微結晶においてラマンスペクトルのピークは高波数シフトし、幅は減少するという異常が観測された。この異常は、LO及びTOフォノンの両者の分散曲線を考慮したspatial correlationモデルにより、説明することが可能である事を示した。この考え方により、他の研究者のこれまでの実験結果も矛盾なく説明できることから、本論文で提案した微結晶におけるラマン散乱の取扱い方法の、妥当性を示した。

審 査 の 要 旨

著者は半導体ナノ構造におけるラマン散乱の研究を行い、ナノ構造特有の新しいフォノンの振る舞いについて多くの知見を得た。ZnSe-ZnS歪超格子における音響フォノンの研究ではラマンスペクトルが界面の粗さや周期性の乱れを主に反映していることを新しく見いだした。光学フォノンの研究では、二軸性応力による影響を理論的な立場から予測し、その確認実験を初めて行った。さらに、Si微結晶において光学フォノンの閉じ込め効果の研究を行い、新しい解析法を考案し、測定結果をよく説明することを示した。

著者が行った一連の半導体ナノ構造のラマン散乱の研究から、低次元半導体におけるフォノンの振る舞いに関し多くの新しい知見を得ることができ、その研究成果は固体物理学の分野に与える寄与は大きく、高い評価ができる。

よって著者は博士 (理学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。