

氏名(本籍)	わたなべ じゅんいち (静岡県)
学位の種類	理学博士
学位記番号	博甲第284号
学位授与年月日	昭和60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 物理学専攻
学位論文題目	Surface Phonon Polaritons in Semiconductor Thin Slabs (半導体薄板中の表面フォノンポラリトン)
主査	筑波大学教授 理学博士 中村正年
副査	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 長沢博

論文の要旨

電気分極を伴う格子振動を持つ結晶中には、電磁波と分極波の結合モードであるフォノンポラリトンが形成される。さらに有限の大きさを持つ結晶では表面付近に局在した表面フォノンポラリトンが固有モードとして存在する。本論文においては分極を持つ半導体薄板中の表面フォノンポラリトンの性質を、主としてラマン散乱の方法により明らかにした。

板状結晶の厚みが十分あり、表側と裏側の表面が接する物質(この実験では空気)が同じである時、表側と裏側の表面に局在した表面フォノンポラリトンは互いに作用をせず、従ってその分散関係は縮退して、一つの分枝しか存在しない。一方、厚みが十分薄くなると、表側と裏側に局在した表面フォノンポラリトンが相互作用をして二つの分枝が生じる。著者はZnTeの単結晶を7 μm の厚みに磨いた薄板を空气中に表面に支えなしで置き、ラマン散乱の測定を行うことで、分散関係を求め、分散関係が薄板では二つの分枝に分裂することを初めて実験的に確認した。

表面フォノンポラリトンは表面に局在するため表面の状態、特に表面の粗さに敏感である。この問題を調べるため、著者は表面の粗さの程度の異なる試料を、最終研磨材の平均粒径を変えることにより作成し、レーザー光によるスペckルパタンの強度を測定することにより粗さを評価した。その結果、表面粗さ(表面の凹凸の自乗平均平方根 σ_h)が最終研磨材の平均粒径に比例する試料が作成されたことを確認した。このように表面粗さの良く評価されたZnTeの試料について、ラマン散乱の測定を行い、表面に平行な波数ベクトル k_x を一定にした時、表面フォノンポラリトンのエネルギーの変化分が σ_h^2 に比例すること、またラマン散乱強度の増加分が σ_h^2 に比例することを明

らかにした。

さらに表面の効果を明らかにするため、GaP単結晶の表面に回折格子を作成し、その表面フォノンポラリトンに及ぼす影響を遠赤外反射法およびラマン散乱で研究した。平らな表面上の表面フォノンポラリトンは、完全な局在モードであるため、外から入射した遠赤外光と結合せず、遠赤外光の吸収、反射実験では観測できない。しかし、表面に回折格子を作成すると結合が起り観測される可能性がある。著者は遠赤外光の反射実験を行い表面フォノンポラリトンによる反射率の減少をはじめて観測することに成功した。また回折格子の溝の深さを変えた試料での測定から、反射率の減少は溝の深さの自乗に比例するという摂動論による計算と矛盾しない結果を得た。表面の平らな試料では $k_x \approx 0$ 附近には表面フォノンポラリトンのモードは存在せず、従ってラマン散乱で $k_x \approx 0$ のモードを求める実験を行っても表面フォノンポラリトンは観測されない。ところが表面に回折格子を作成した試料では $k_x \approx 0$ 付近でも、平らな表面で表面フォノンポラリトンの存在する k_x の値で観測されるのとはほぼ同じ強度で、表面フォノンポラリトンが観測できることを、著者は初めて見出した。この現象は回折格子の表面での周期構造による k_x 空間の折り返し、即ち回折格子の周期を b とした時、 n を任意の整数として、 $k_x + 2\pi n/b$ を持った状態どうしが混り合うことが根本的な原因であるが、強い強度を説明するためには、フォノンポラリトン系の状態の混合だけでなく、ラマン散乱過程において中間状態として現れる励起子状態どうしの混合を考えなければならぬことを著者は理論的に明らかにした。

以上のように、著者は半導体薄板中の表面フォノンポラリトンの性質を、主としてラマン散乱の実験により明らかにした。

審 査 の 要 旨

表面フォノンポラリトンの実験的観測には全反射減衰法(ATR)、ラマン散乱、表面に回折格子を引く方法がある。この中でラマン散乱は試料にプリズム等による摂動が加わらないで、観測できるため優れた方法である。しかし、散乱強度が極端に弱いため、十分な研究が行われていなかった。著者はそのような困難を克服して、ラマン散乱を中心とする方法で表面フォノンポラリトンの研究を精密物性の段階にまで高めた意義は大きい。

薄板中の表面フォノンポラリトンの分散関係が二つの分枝に分れることは、理論的には知られていたが、著者のラマン散乱によるその観測は初めてである。また、表面粗さが表面フォノンポラリトンのラマン強度、分散関係に影響を与えるという実験報告はあったが、以前の実験では表面粗さの評価が十分でないため、不明の点が多かった。著者の表面粗さを十分に評価した試料に対する実験結果は、この点において非常に優れたものである。表面に回折格子を作成して表面ポラリトンを光反射により観測する方法は、表面プラズモンポラリトンでは良く行われる方法ではあるが、表面フォノンポラリトンでは初めてであり、新しい結果として注目される。さらに、表面に回折格子を

作成した試料に対するラマン散乱の実験は全く独創的なものである。この実験からラマン散乱過程における中間状態としての励起子状態に対する回折格子の影響が重大な役割をすることが明らかになった。

著者の表面フォノンポラリトンに関する一連の実験は表面フォノンポラリトンの性質の理解を大きく進展させたものであり、高く評価されるものである。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものとみとめる。