

Title	Uniaxial Stress Effect on excitonic Systems in Si, Ge and GaAs
Author(s)	Ashraf, Uddin
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37233
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	ASHRAF UDDIN アシュラフ ウディン
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 9636 号
学位授与の日付	平成3年3月26日
学位授与の要件	理学研究科 物理学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	Uniaxial Stress Effect on excitonic Systems in Si, Ge and GaAs (Si, Ge と GeAs 中の励起子系に対する一軸性応力効果)
論文審査委員	(主査) 教授 大塚 穎三
	(副査) 教授 櫛田 孝司 教授 平田 光兒 教授 斎藤 基彦
	助教授 中田 博保

論文内容の要旨

系統的に初めて Si 中で $\langle 100 \rangle$ 方向, Ge 中で $\langle 111 \rangle$ 方向の様な一軸性応力にともなう自由励起子と電子正孔液滴のフォトルミネッセンス強度の減少を観測した。自由励起子の発光強度は純粋な Si で 70% まで減少し純粋な Ge では零応力の発光と比較して 150 Mpa で 12 分の 1 まで減少した。

発光強度の減少に対する隠された理由が応力以下の励起子の衝突イオン化によって研究された。初めて純粋な Si と Ge 中で応力にともなって自由励起子の束縛エネルギーが減少するのを自由励起子の衝突イオン化によって測定した。自由励起子の束縛エネルギーは Si と Ge でそれぞれ 127 Mpa と 44 Mpa で 30% と 40% 零応力の値から減少している。

自由励起子の遠赤外磁気光吸収の実験によって研究が繰り返された。自由励起子の吸収ピークの強度は 4.2 K で Ge $\langle 111 \rangle$ 方向の応力にともない鋭く減少し, 弱磁場へシフトする。普通の, 励起子ゼーマン効果は応力によって摂動を受けるように思われる。

付加的な興味深い結果が初めてフォトルミネッセンスの実験で見つかった。それは正孔が応力下の純粋な Si と Ge で励起子系において好ましくない状態に存在しているという事実である。軽い正孔に関係した熱い自由励起子の分布が高励起下の Si と低励起下の Ge で応力にともない増加し, それらの寿命が減少する。励起子-励起子オージェ再結合が好ましくない状態の正孔の分布に対して重要な役割を果たしていると考えられる。

パルス色素レーザーによる高励起下でバルク GaAs 中の電子正孔液滴からの発光の可能正のあるピークを初めて観測した。ピークエネルギー (1.5065 eV) とその全半値幅 (3.0 meV) は 3.5 MW/cm² あたりまでの励起に対して一定である。ピーク強度は励起強度の 3 乗に比例している。光励起された自由担体

は直接液相に凝縮しているように見える。GaAs中の電子正孔液体による可能性のあるピークに対する一軸性応力の効果もまた研究されている。

論文審査の結果の要旨

半導体の基礎的性質を研究する上で、対称性を調べることは非常に重要である。一軸性応力の印加は、対称性を破ることにより、波動関数の振舞がどの様になるかを見るものである。本論文は、非破壊の測定手段であるフォトルミネッセンスや遠赤外磁気光吸収に一軸性応力の印加を適用し、基本的な半導体 Ge, Si, GaAs 中の電子、正孔の非平衡な挙動に対して新しい知見を得ている。Ge と Si 中では一軸性応力にともない励起子の濃度が減少することを観測し、励起子の生成・消滅に対し一軸性応力が大きな効果を持つことを見出した。この結果は超格子構造を光デバイスとして用いる時の基礎データとして興味深い。著者はさらに、高電場を励起子系に印加し、自由担体による衝突イオン化から励起子の束縛エネルギーを求めている。また応力下でこの測定を行うことにより束縛エネルギーの応力依存性を算出した。この方法で得られた励起子の束縛エネルギーは、他の方法で測定された値と整合するのみならず、カオスに対する一軸性応力の効果という将来の研究への展開を開くという点で方法そのものもひととき斬新である。

つぎに、著者は強光励起子の半導体中で励起子系を一軸性応力の印加の下で調べている。励起子は熱平衡状態から大きくくずれた分布をし、この傾向は一軸性応力の印加とともに著しくなる。これは伝導電子の異なるバレー間や、価値子帯の重い正孔と軽い正孔間の緩和が十分はやく行われないうために起こる現象と考えられる。特に Si 中では軽い正孔に関係した励起子の発光ピークが異様に強く観測され、励起子・励起子オージェ過程の重要さが示唆されている。

バルク GaAs に対するフォトルミネッセンスの測定においては、強励起下でのみ新しいピークが観測された。このピークはエピタキシャル GaAs で観測される電子・正孔プラズマと異なった振舞をし電子正孔液滴である可能性が示唆された。直接遷移型半導体中の電子正孔液滴については長い研究の歴史があり否定的意見が強い。現段階では結論を下すのは尚早である。

測定技術の新規性については、一軸性応力の印加を遠赤外磁気光吸収に適用している。これは非常に困難な測定であり、技術的に評価できる。測定結果はフォトルミネッセンスの結果とも十分な整合性を保っている。

本論文は半導体中の励起子物性を一軸性の応力の印加により調べるという方法で非平衡系の様々な面を明らかにしており、基礎、応用の両面で評価できる。よって理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。