

Title	多成分励起子ポラリトンの共鳴ブリルアン散乱に関する理論的研究：強度スペクトルとフォノン選択則
Author(s)	山根, 正雄
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/33904
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名・(本籍)	やま 山	ね 根	まさ 正	お 雄
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	6484	号	
学位授与の日付	昭和59年3月24日			
学位授与の要件	基礎工学研究科 物理系専攻			
学位論文題目	学位規則第5条第1項該当 多成分励起子ポラリトンの共鳴ブリルアン散乱に関する理論的研究 —強度スペクトルとフォノン選択則—			
論文審査委員	(主査) 教授 吉森 昭夫 (副査) 教授 中村 伝 教授 成田信一郎 教授 三石 明善 助教授 張 紀久夫			

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、半導体の電子構造や電子格子相互作用の研究に最近盛んに用いられるようになった共鳴ブリルアン散乱（以下RBSと略記）の手法に新しい理論的指針を加え、従来複雑さの故に一意的解析が困難であったいわゆる「多成分励起子ポラリトン」系の研究に道をひらくことを目的とした。「多成分励起子」とは、例えば閃亜鉛鉱型半導体（GaAs, CdTe, CuBr等）におけるようにスピンおよび軌道縮退のある電子エネルギーバンド端に付随してできる励起子状態であり、それと電磁波の混成した固有状態が「多成分励起子ポラリトン」であるが、バンドの縮退を反映してその準位構造は複雑であり、外部電場・磁場、応力などで敏感にその様相を変えることから、従来反射や発光スペクトルをはじめとする種々の分光学的研究の対象になってきた。CdSやCdSeなどの1S型励起子の場合に「エネルギーと波数の保存則」だけを依りどころとしたRBSデータの解析が成功してポラリトン分散曲線（エネルギー対波数の関係）の直接測定が可能となったのは、これらの系の単純さに由来していて、同様な手法を多成分系に応用すると、観測される極めて多数の（しかし全ての可能性を尽してはいない）散乱ピークをそれぞれどの分枝の組合せに同定するかという点で解析にあいまいさの混ることが避けられない状況であった。これに対して本研究で実行したことは縮退したエネルギーバンドの詳細から出発して、RBSにおける個々の散乱ピークの強度を半定量的に計算することと、可能な選択則を導くことである。具体的な系としては閃亜鉛鉱型半導体の Γ_6 伝導帯と Γ_8 価電帯の対から生じる8つの1S型励起子状態を考え群論的考察に基づき、その分散を並進波数ベクトル成分の線型項、(3つのタイプの)二次の項および電子・正孔交換相互作用で記述した。音響フォノン(TA, LAモード)による散乱の機構としては波数ベクトル(K), 光の分極ベクトル, 関与するフォノンのモードの組合せによって決る「フォノ

ン選択則」とK線型項の存在に起因する「準選択則」があり、それぞれポラリトン分枝上のさまざまな始状態と終状態の組み合わせに対して、RBSの散乱強度が「完全にゼロになるもの」および「観測にわからないほど弱いもの」を同定する目安となる。この選択則の有効性はCuBrの1S型励起子のパラメータ値について、これまで行われていた論争に終止符を打つような論点を提供することによって示される。

定量的な強度およびRBSシフトの計算例として、(1)種々の幾何学的配置におけるCuBr:Zn₁₂励起子、(2)磁場中でのCd_{1-x}Mn_xTeの1S型励起子を取りあげた。その際必要ないわゆる「付加的境界条件(ABC)」としては「拡張したPekar型」のABCを仮定した。CuBrについては実験データが存在するが、RBSシフトについて的一致は全般的に良好である。強度スペクトルについても多くの点で実験の傾向を理論的に再現できるが、二、三の点で、用いたABCや長波長近似の不完全さを示しているとも考えられる不一致が見られ今後の研究の方向が示唆されている。

以上の結果により、RBSの適用範囲と解析の信頼性を増すという初期の目的を達成した。

論文の審査結果の要旨

半導体での光と励起子の混成波である励起子ポラリトンの共鳴ブリルアン散乱が励起子ポラリトンの性質、電子格子相互作用の研究に有効であることは指摘されておりCaAs, CdS, CuBrなどの結晶で観測例がある。これらの結晶では励起子は電子のエネルギー帯の縮退にもとづき多成分を有し、得られた散乱光のスペクトルは複雑で解析は容易でない。

申請者は多成分励起子ポラリトンの共鳴ブリルアン散乱のスペクトル強度を計算するための理論形式を、励起子を構成する電子正孔の音響フォノンによる散乱の機構の考察、ポラリトン効果に関連して重要な付加的境界条件の問題などを含めて見通しのよい形に整えた。CuBr, Cd_{1-x}Mn_xTeなどの系について計算を行い、一般的な結論として、入射光散乱光の偏光性と結晶面の幾何学的配置に応じた音響フォノンの各モードの散乱選択則、励起子状態の特徴にもとづく準選択則を明かにし、具体的な解析の有効性をそれぞれの場合に示した。以上本論文は多成分励起子ポラリトンに関しスペクトル同定、強度解析に指針を与えるものとして学位論文に値するものと認める。