

22. 角度同時計測電子分光器の試作

照山 哲史

要旨

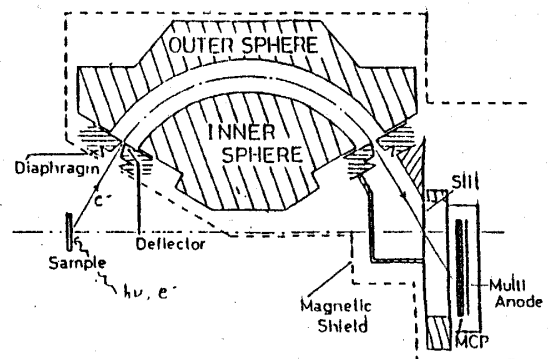
固体の表面原子配列を決定する有効な実験手段にX線光電子・オージェ電子回析法がある。この実験方法は、X線あるいは電子線によって励起された光電子あるいはオージェ電子の強度の角度依存性を測定するものである。現在の電子分光器では、同時にはある一方向のみの情報を得る事しかできない。従って先の強度分布を測定するために、試料をある角度ずつ回転させているのが現状である。

このような測定方法は、測定時間そのものが長くなってしまいう事と固体表面がデリケートなものであるため、測定時間の短縮化を図る必要があるという両方の面から必ずしも満足すべき状態ではない。

今度試作した分光器は方位角について同時に75°の電子強度分布を測るものである。

右の図がこの分光器の断面図を模式化したものである。試料を出た電子は diaphragm と deflector の間で減速及び偏向され半球に入る。半球では動径方向の電場により定められたエネルギーの電子が slit を通過する。通過した電子はMCPで増幅され、各方位角方向に置かれた anode (2.5°毎30個) により detect される。

角度同時計測電子分光器の断面模式図



実際の機能テストはヘアピン状のフィラメントから出る熱電子を加速したもので行ない、角度同時計測を行なうのに十分なエネルギー分解能と収束性があることがわかった。

23. CuCl 微粒子の励起子

桐原 俊夫

半導体微粒子中に閉じ込められた励起子の振る舞いを光学的手段を用いて調べた。これを

Quantum Size Effect との関連において考察する。

Quantum Size Effect (以下 Q. S. E.) とは有限サイズの結晶中に閉じ込めをうけたために電子や正孔の波数ベクトルの離散性が著しくなる現象を指す。エピタキシャル成長の GaAs 超薄膜では理想的な一次元量子井戸が実現されており、膜厚に依存した励起子吸収帯の分裂と高エネルギーシフトが観測されることによって、Q. S. E. が検証されている。しかし、GaAs では励起子の結合エネルギーが非常に小さいため膜厚に依存した結合エネルギーの変化は重要ではなかった。そこで本研究では励起子の結合エネルギーの非常に大きな物質中での励起子状態の閉じ込め効果を調べるために NaCl 中に成長した CuCl 微粒子を利用することを考えた。このような系を選んだ理由にはもう一つ、3 次元閉じ込め効果に対する興味もあった。

NaCl に CuCl を 1 mol % 程 dope した試料中での CuCl 微粒子の吸収やバンド間励起による発光は Bulk CuCl のそれと比べて、高エネルギー側にシフトし、バンド幅が非常にブロードであることが知られていた。その高エネルギーシフトは CuCl 微粒子のサイズ効果であり、粒子サイズの分布がブロードニングの原因ではないかと考え、発光帯の励起波長依存性を調べた。その結果、予想通り発光帯のブロードニングが不均一幅に起因していることが確かめられた。さらに吸収では不均一幅の中に埋もれて明確でなかった多くの準位が存在していることが励起スペクトルの測定から明らかになった。

Q. S. E. の ideaのもとに実験結果は次のように考えることができる。

- 1) バンド間励起により観測されるブロードな発光帯は、様々な粒子サイズに対応する Q. S. E. によって高エネルギーシフトした CuCl の Z_3 励起子の発光の重なり合ったものである。Bulk CuCl から数 meV ~ 100 meV 程高エネルギーシフトしている発光部分は、一次元量子井戸中の励起子の理論を使って見積れば厚さにして、それぞれ約 70 ~ 20 Å の結晶に相当する。発光の Sample 依存性は粒子サイズの分布の違いによって説明される。
- 2) ブロードな発光の励起スペクトルは Q. S. E. で様々な高エネルギーシフトした Z_3 励起子発光のうち特定の励起子発光だけを選択的に観測し、その yield を見ていることになる。従って、観測される種々の構造は特定サイズの微粒子での励起子準位の構造を表わしている。これらの準位の同定は、解析に必要な結晶形状やバンドパラメータについての情報が不足しているため多少あいまいさが残っているが、閉じ込めに応じた励起子の結合エネルギーの増加を取り込むことでほぼ Q. S. E. として理解できることがわかった。この考えにたって、種々の構造の中で、 Z_3 励起子のサイズ効果により分裂した準位のうち、最低エネルギー準位とそれに続く二つの準位、及び、重い正孔と軽い正孔の違いを反映した $Z_{1,2}$ 励起子の二つ

の最低エネルギー準位を各々同定した。

24. ピレン結晶における励起子の自己束縛過程

窪田 敦子

ピレン結晶では、最低一重項励起子 (1L_b 励起子) の低エネルギー側に、幅の広いエキサイマー (準安定な励起子二量体) からの発光の現われることが知られている。それは、ピレン結晶の単位格子中には、四つの分子があり、二つずつ互いに平行な対を作っており、励起子は、すぐに、エキサイマーへと緩和するためと考えられている。このようなエキサイマーへの緩和は、結晶中に広がった自由励起子状態が、格子との相互作用の結果、局在化し、自己束縛する過程であることが、豊沢によって示され、有機物における自己束縛励起子 (エキサイマー) の研究が活発になってきた。

ピレンのような、Frenkel 型励起子は、主に双極子-双極子相互作用によって、バンドを作っている。バンドの底 (Γ 点) の自由励起子が自己束縛するためには、局在化エネルギーが必要であり、従って、自由状態と自己束縛状態の間には、必ず、ポテンシャル障壁が存在する。そのために、自由励起子と自己束縛励起子の両方からの発光が観測されると期待される。ピレン結晶においては、 1L_b 励起子のところにも、シャープな発光があらわれる。従って、上記の観点からすると、あたかも、二つの状態からの発光が観測されているかのように見えるが、本研究により、そのうな、単一のモデルからは説明されず、 1L_b 励起子だけでなく、そのすぐ上にある 1L_a 励起子準位も含めたモデルによって、解釈されることが分った。

さて、自己束縛励起子の緩和の深さを知るには、Urbach 則を調べる方法が最も有力である。これは、励起子の低エネルギー側の、指数関数的に減少する吸収スペクトル、いわゆる Urbach Tail、を温度を変えて測定するもので、これより、励起子と格子との相互作用の強さの指標となる Steepness Parameter σ が求められる。これと、励起子のバンド幅がわかれば、緩和の深さが推定される。従来の測定は、 1L_b 準位についてのみされており、それから推定される 1L_b 励起子の緩和の深さは、高々、数十 ($1/\text{cm}$) で、これでは、自己束縛励起子とは言えず、スペクトルを全く説明できない。そこで、 1L_a 準位について、測定してみた。孤立分子では、 1L_a 準位は、 1L_b 準位の 3000 ($1/\text{cm}$) 高エネルギー側にあるが、振動子強度が、 1L_b 準位の約 100 倍もあるため、結晶状態では、バンド幅が、約 4000 ($1/\text{cm}$) となり、バンドの底は 1L_b