

9. Si 中の  $D^-$  状態

新橋 孝久

多谷半導体である Ge, Si では, 電子質量の異方性や, ドナー 1s 基底状態の谷-軌道分裂の効果が  $D^-$  状態へどのような影響を及ぼすかに興味を持たれて来たが, 今回, この谷-軌道分裂について, よく知られている Si (P), Si (As) とは全く異なる Si (Li) に対して, 孤立した  $D^-$  状態からの光伝導スペクトルが観測されその存在が確認された。そして一軸性応力効果・磁場効果についての実験により, Si (P), Si (As) と比較されるデータが得られた。結果をまとめると,

- (1) Si (Li) に対する孤立した  $D^-$  状態の束縛エネルギーは 1.75meV である。また,  $\langle 100 \rangle$  方向に一軸性応力を加えると高応力極限で約 10%, 束縛エネルギーが減少した。
- (2) 零応力状態で  $\langle 111 \rangle$  方向に磁場を加えた場合, Si (P), Si (AS) では, 磁場と共に光伝導信号は減衰する傾向を示したが, Si (Li) では減衰せず, 明らかに異なる傾向を示した。
- (3) Si (Li) に対して,  $\langle 100 \rangle$  高応力極限で,  $\langle 100 \rangle$  方向に磁場を加えて,  $D^-$  状態から光伝導スペクトルを測定した所, 光伝導信号が減衰する傾向が見られた。

以上の結果に対し, Si (P), Si (As) の  $D^-$  状態はスピンスングレットのみが束縛状態であるが, Si (Li) に対してはスピントリプレット状態が束縛状態になる事が結論された。Si (P), Si (As) に対して  $D^-$  状態の 2 電子の軌道はその大きなコアポテンシャルによって決定され, Si (Li) に対しては電子質量の異方性の効果によって 2 電子の軌道が決定される事が考えられた。

## 10. 強い相互作用と弱い相互作用が交替している系の磁性

鷹取 滋

強い交換相互作用と弱い交換相互作用が交替している系においては, 両方の交換相互作用を共に分子場近似で取り扱うのはよい近似とはいえない。このような系では強い交換相互作用を正確に扱うことが望ましい。我々は  $\text{Rb Mn Cl}_3$  を例としてこの系の磁性を調べた。

$T_N \sim 94\text{K}$  である反強磁性体  $\text{Rb Mn Cl}_3$  には 2 種類の反強磁性的交換相互作用 ( $J_1, J_2$ ) が存在し, Mn イオンは  $-\text{Mn}_1 \xrightarrow{J_1} \text{Mn}_2 \xrightarrow{J_2} \text{Mn}_3 \xrightarrow{J_2} \text{Mn}_4 \xrightarrow{J_1} \text{Mn}_5 \xrightarrow{J_2} \text{Mn}_6 -$  のように磁気的につながっている。そこで強い交換相互作用  $J_1$  で結ばれているスピンは pair を作っているとし, これらのスピンを pair スピンと呼び, pair スピンと弱い交換相互作用  $J_2$  で結ばれているスピン

を lone スピンと呼ぶ。スピン pair の状態は正確に求め、 pair スピンと lone スピン間の交換相互作用を分子場近似で扱うというモデルに基づいて pair スピン lone スピンの温度変化、Néel 点、帯磁率、0K における磁化過程、及び磁気励起スペクトルを計算した。比較のため 2 種類の交換相互作用を共に分子場近似で扱った計算も合わせておこなった。

その結果、両者の取り扱いにより著しい違いがあらわれることが示された。0K における pair スピンの大きさは我々のモデルでは lone スピンの大きさ (5/2) とは一致せず、スピンの縮みがおこり、この pair スピンの縮みは  $J_2/J_1$  が小さいほど大きい。Néel 点に関しては従来のモデルでは  $J_2 \rightarrow 0$  のとき  $T_N$  は有限の値に近づくという非物理的なことがおこることが Samuelsen により指摘されているが我々のモデルでは  $J_2 \rightarrow 0$  のとき  $T_N \rightarrow 0$  となる。また、磁気励起スペクトルにおいてもその絶対値、 $\Gamma$  点近傍の音響分枝の傾斜、及び光学分枝の分裂の様子などに違いがみられた。実験結果との比較についても報告する。

## 11. 遠赤外レーザーによるP型ゲルマニウムの吸収スペクトルの測定と レーザー装置の改良

竹尾 義久

ガリウムを含むゲルマニウムに、低温で光励起を行なうと束縛励起子が作られる。ガリウム不純物に束縛された励起子の遠赤外吸収スペクトルは、零ストレス下ではまだ測定されていない。そこで束縛励起子の遠赤外吸収スペクトルを見つけるのが目的である。近年、遠赤外レーザー、特に光励起レーザーの進歩は著しい。これらの成果を参考にして光源としての光励起遠赤外レーザー装置の改良を行ない、束縛励起子の吸収スペクトルの観測に挑んだ。

レーザー装置の改良とは、出力の増加と安定度の向上である。これは励起光源である炭酸ガスレーザーの出力の増加と発振周波数の安定化にかかっている。出力増の為には、炭酸ガスレーザーの放電長を長くし、管径を細くするのが良い。安定化の為には、炭酸ガスレーザーの発振線を遠赤外レーザー媒質の吸収線に一致させる為の帰還方式を利用した。その結果、メタノールの 118.8  $\mu\text{m}$  の発振線では、以前の 0.1 mW から 0.7 mW へと増出力がなされ、又、2% の出力安定性を得た。

次に束縛励起子の観測結果について述べる。用いた試料のガリウム不純物の濃度は  $6 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  である。磁場を [111] 方向と平行にかけて、透過スペクトルを観測すると、遠赤外領域では、不純物の吸収、さらに光励起下では、電子、正孔のサイクロトロン共鳴、自由励起子、束縛励起子の吸収が期待される。測定の結果、ガリウム不純物、自由励起子、電子サイクロトロン共鳴による吸収が観測されたが、束縛励起子、正孔のサイクロトロン共鳴による吸収は観