



Title	ゲルマニウムおよびシリコンにおける音響型フォノン散乱によるサイクロトロン共鳴吸収線の幅
Author(s)	伊藤, 良一
Citation	大阪大学, 1967, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/29494
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	伊藤 良一
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 1249 号
学位授与の日付	昭和 42 年 6 月 12 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文名	ゲルマニウムおよびシリコンにおける音響型フォノン散乱 によるサイクロトロン共鳴吸収線の幅
論文審査委員	(主査) 教授 川村 肇 (副査) 教授 金森順次郎 教授 伊達 宗行 教授 永宮 健夫

論文内容の要旨

ゲルマニウム及びシリコン中の伝導電子と格子振動との相互作用を、サイクロトロン共鳴吸収線の幅を測定することによって研究した。吸収線の幅は電子の緩和時間と直接関係している。論文の内容は大きく二つに分けることができる。

第一は、ゲルマニウム及びシリコンの伝導帯の特別な構造、いわゆる many-valley 型構造、に起因する緩和時間の異方性の研究である。回転楕円体等エネルギー面の場合の緩和時間の主値 τ_{11} 及び τ_{\perp} は、静磁場が楕円体の回転軸に平行な場合と垂直な場合のサイクロトロン共鳴線幅の測定から得ることができる。筆者は 24GHz, 50GHz 及び 70GHz の三種の周波数帯で 1.4°K ~ 4.2°K の温度範囲にわたり、極めて純粹なゲルマニウム及びシリコンの単結晶に関する τ_{11} 及び τ_{\perp} の測定を行なった。得られた結果と、Herring と Vogt により得られた理論計算の結果とを比較し、伝導電子と格子振動の相互作用を記述する重要な量である deformation potential の値を定めることができた。この deformation potential の値と、理論的に計算されている結果並びに他の全く異ったタイプのいくつかの実験により得られた値を比較し、良い一致を認めることができた。本実験では、他の種の実験では通常定めることのできない deformation potential E_d を精度よく決定することができた。

第二は、ランダウ準位の間隔が電子の熱運動エネルギーと同程度以上になったときの、サイクロトロン共鳴線幅の研究である。磁場が強くなり、温度が低くなるにつれ、サイクロトロン共鳴により得られた緩和時間は、一定の温度で、磁場に依存することが見出された。本論文では、このような条件、いわゆる量子極限、におけるサイクロトロン共鳴現象を、量子統計力学の方法で取り扱い、磁場に依存する吸収線の形を計算した。弾性散乱の仮定が成り立つ範囲内で、観測される吸収線幅と、古典的な近似で得られる吸収線幅の比は、 $\frac{1}{2}\omega_0/k_B T$ のみに依存し、 $\frac{1}{2}\omega_0/k_B T$ と共に単調に増大することがわかった。ここに、 $\frac{1}{2}$ は Planck の定数/ 2π , ω_0 はサイクロトロン周波数, k_B は Boltzmann 定数,

T は絶対温度である。この現象は、電子エネルギーの量子化に伴う状態密度の変化に関係している。実験結果は、上の理論的結果を用いるとよく説明できることが示された。

論文の審査結果の要旨

半導体シリコン及びゲルマニウムの電子易動度に及ぼす散乱は純粹にして行くと格子振動による寄与だけが残る。これも極低温になれば著しく減少して行く。しかし従来の電気抵抗とホール係数による測定、では精々 4°K 位までがあまり精密ではなく測られているにすぎなかった。

伊藤君は、これをサイクロトロン共鳴の線巾の解析によって直接に測定しようとした。即ち磁場の中におかれた伝導電子サイクロトロン周波数 $\omega_c = eH/m^*c$ をもって磁場に垂直な面内で回転運動を行なう。ここに H は磁場の強さ、 m^* は電子の有数質量である。従って一定の周波数 ω_c のマイクロ波を加えておくと適当な磁場の下でその共鳴吸収が見られる。そしてその共鳴線は電子の散乱緩和時間の逆数で与えられる拡がりを示す。測定に際しては試料を純粹にして不純物の効果をのぞくこと、『熱い』電子の効果や、電子一正孔相互作用をへらすなど色々の注意が必要であった。

シリコン及びゲルマニウムの伝導電子の運動量空間における等エネルギー面は球面ではなく、数個の対称に配置された細長い円筒であって電子の質量は著しい異方性をもっている。伊藤君は磁場の方向をこの円筒の主軸の方向に対して変化し、質量のみならず緩和時間にも異方性のあることを見出し、これより伝導電子の振舞をきめるのに大切なパラメーターとして『変形ポテンシャル』の値を求めた。また、強い磁場の下では電子の円形軌道が量子化され、そのエネルギー状態は $\hbar\omega_c$ で等間隔にへだてられたランダウ準位に分れる。この間隔が熱エネルギーより大きくなると電子は最低の準位に凍りつく、この『量子効果』によって、格子振動による電子散乱は高温、弱磁場の場合とは異なる振舞を示す。

伊藤君は、温度を 1.4°K より 4.2°K まで色々変化させ、又周波数 ω_c を 24G C , 50G C , 70G C と変えて、この量子効果をくわしく調べた。

一方理論的な計算を行なって $\hbar\omega_c/kT$ が 0.2 より 2 にわたって実験と理論がよく合うことを示し、この量子効果の実態を明らかにした。

以上のように本論文は極低温、強磁場における格子振動による電子散乱の機構を実験と理論の両面より明らかにしたもので、この種の問題に一つの決着を与えたものと思われ、理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。