



Title	ビスマスの磁気プラズマ液, モード混合によるサイクロトロン不感モードのドップラーシフト減衰
Author(s)	永田, 清一
Citation	大阪大学, 1968, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/29727
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

【 5 】

氏名・(本籍)	永 田 清 一
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	第 1 5 0 7 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 6 月 19 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	ビスマスの磁気プラズマ波, モード混合によるサイクロトロン不感モードのドップラーシフト減衰
論文審査委員	(主査) 教 授 川 村 肇 (副査) 教 授 伊 達 宗 行 教 授 金 森 順 次 郎 教 授 大 塚 穎 三

論 文 内 容 の 要 旨

ビスマス単結晶中の磁気プラズマ波の伝播特性が 50GHz 帯のマイクロ波により干渉法で調べられた。実験は波数ベクトル \vec{q} をバイセクトリックス軸に平行にし, 外部磁場をバイセトリックス・トリゴナル面内にかけて行われた。この配置では良く識別される 2 つのモードの干渉が観察された。1 つのモードはその電場の回転方向が正孔のサイクロトロン運動の方向と一向と一致し, 他方のモードは電子のそれと一致する。局所表示では後者のモードは正孔の運動に感じないはずであるが, このモードの弱い減衰が正孔のサイクロトロン共鳴磁場の近傍で観察された。これは非局所効果によって正孔敏感モードがわずかに混合したものと解釈される。観測された減衰率 q_i/q_r を非局所理論と比較し良い一致を得た。このモード混合サイクロトロン減衰は $\omega + q \cdot v_F \geq \omega_c \geq \omega - q \cdot v_F$ の磁場範囲で起っている。ここに v_F は正孔の磁場に平行な最大速度成分である。この関係を用いて観測された減衰域よりビスマス正孔のサイクロトロン有効質量及びフェルミ速度が同時に求められた。

論 文 の 審 査 結 果 の 要 旨

電磁波は, 普通は金属中は透過しない。しかしこれを磁場の中におくと, 電子の平均自由行程がサイクロトロン半径に比べて大きいときは, マグネットプラズマ波として侵入して行く。

ビスマスは, 半金属で電子と正孔の数が等しく $3 \times 10^{17} \text{cm/cc}$ の密度で存在する。この試料を充分純粋にしてヘリウム温度まで冷すと, マグネットプラズマ波の一種であるアルヘン波が透過する。このような波の伝播速度は光の速度よりも数ケタおそく, 磁場の強さに比例し, 又キャリアの質量とその密度の積 (carrier density) の平方根に逆比例する。又キャリアのサイクロトロン共鳴周波

数が波の周波数に等しくなるような磁場の所で波数無限大（速度は零）となって、これ以上の磁場の下でのみ透過するようになる。キャリアーとして電子と正孔の存在するときは、アルヘン波に二つのモードがあらわれ、一つは電子のサイクロトロン共鳴磁場で波数無限大となり、電子のサイクロトロン運動を励起し、他は正孔の運動と結合する。そしてそれぞれの共鳴点で δ 函数型の減衰を示す。

金属のキャリアーは、フェルミ速度をもっているから、これが見る電磁波の周波数はドップラーシフトを起し、そのサイクロトロン共鳴周波数は、フェルミ速度の磁場方向の成分の大きさによって分布をもち、速度零の場合のサイクロトロン共鳴磁場のまわりに波数とフェルミ速度の積に比例した範囲に強い減衰を受ける。これは電波の波長が平均自由行程よりも小さいときにおこる一種の非局所効果である。（dopplershifted cyclotron damping）

永田君は、ビスマスの帯融溶をくり返して seven-nine 以上の高純度単晶試料を作ってアルヘン波の透過、減衰を色々の方位についてくわしく研究した。その結果、電子とは結合するが正孔とは結合しないはずのモードが正孔のサイクロトロン共鳴磁場のまわりで弱い減衰を受けることを見出した。

永田君は、これを質量の異方性と上に述べた非局所効果とによって電子に感じるモードが、わずかに混合して来たためであると解釈して、これを mode mixing cyclotron damping と名づけ実験と理論のよい一致を得た。そして、この結果より正孔の有効質量とフェルミ速度をよい精度で求めた。

このように永田君は、よい試料を作ってくわしい実験を行ない、固体マグネットプラズマ効果に関する新しい現象を見出したもので、この論文は、理学博士の学位論文として十分価値のあるものと認められる。