

マをかかえこむことを一つの目標としています。くだらぬ計画が1000あつてもよい。その中の1つでも意外な結果を示せば充分という考え方です。

申しおくれました。我々グループのフォーマルな研究課題は“磁気及び磁気共鳴”です。少し雑然としているのではないかとと言われるかもしれません。

その通りなのですがある時期まで雑然さのままで進んで行きたいと思つています。

(伊達宗行 記)

川 村 研 究 室

(教授) 川 村 肇

(助教授) 大 塚 エイ三

(助手) 邑 瀬 和 生, 高 野 修 三

(研 補) 石 田 修 一

(D.C.2) 永 田 清 一

当研究グループは昭和37年頃からボツボツ形成されかけたのですが、当初は人員、設備も揃わず、設営には専ら大塚と永田が川村(当時物性研)と相談しつつ当りました。38年度には邑瀬が加わり、この頃には半導体のサイクロトロン共鳴の実験がそろそろ出る様になつていました。今年秋、学部学生実験の面倒をみる研補の石田が、義務に支障を来たさぬ範囲で当グループの研究に参加する事になり、Hall 係数の測定その他の基礎実験の足固めも出来漸く小さいながらも研究グループの形を保ち得るようになりましたが、40年度には更に川村が物性研より着任、東北大金研より高野を加えて、研究グループとしては大きく強化されました。現在D.C. 学生として留つていのは永田一人ですが、研究グループとしての将来性も極めて明るくなつたので、今後次第に人数を殖やしてゆく計画です。尚現在M.C. 学生は三名おります。

次に研究内容ですが、38年度頃から大塚が中心となつて行つてきたサイクロトロン共鳴の実験は、同期間中、物性研川村研究室で行われてきた一連の研究と互いに相補うもので、稀にはconflict する結果が出たりして、お互いに

川村研究室

首をかしげる事もありましたが、緊密な研究連絡に努めて来ました。物性研側の業績は既に各誌に掲載され、御存知の方も多いと思いますので、ここでは大阪で為された仕事、若しくは為されつつある仕事だけを簡単に項目別に紹介しておきます。

1° Ge-Si, Ge-Sn 系のサイクロトロン共鳴

これは既に Journal 19 (1964) 1502 ~ 1504 に速報を出し、同誌 20 (1965) 5月号に詳報が出る予定ですので省略します。将来赤外線とパルス磁場を使つてこの実験を再開拡張するのも面白いと思つています。尚 Ge-Si 合金では、すべて p 型であるため、Si の高濃度のものについても正孔の Hall 易動度を求めつつあります。¹⁾

2° 中性アクセプターによる電子散乱²⁾

これは半導体物理学の一つの盲点で、この問題に関連して実に広々とした分野が開けてくるのに研究者自身驚いています。半導体中の中性不純物の散乱は中性化した V 族ドナーを水素原子に似せて、 e^-H 散乱の計算を基にした Erginsoy の理論式と云うのが長年中を利かし、中性不純物でさえあれば、対象の如何を問わず、又母体の如何を問わず軽卒に使われて来たのですが、少し考えれば分る様に、例えば III 族アクセプターによる電子散乱だと、符号関係を逆にすると e^+H 散乱即ち水素原子による陽電子散乱と同等と云うことになります。このため散乱断面積は著るしく小さくなり、サイクロトロン共鳴の実験は高純度試料で始めて可能と云う“一般常識”が破れ、室温で殆んど metallic な試料でも、p-型であれば He 温度で鋭い電子の共鳴線を示すと云う様な珍現象が出て来ました。Ge/In 系を中心に実験を進めていますが、Ge/Cu, Ge/Zn, Si/B etc. の研究も併せ行つています。

3° 格子欠陥を Ge のサイクロトロン共鳴

a) Thermally quenched Ge³⁾

湿つた酸素雰囲気中で Ge を高温から急冷すると、Vacancy が極めて純粋な形で入ると云われています。⁴⁾ 我々は色々の温度から急冷した Ge を用い、電子の共鳴線の巾を測ることからその散乱断面積の大きさ、温度依存性等を確かめ、Vacancy 周辺の模様や、散乱ポテンシャルの形等の見当をつけています。Vacancy もアクセプターの一種ですが、散乱効果は In と Cu の中間くら

いで、又 Vacancy を含む試料は低温で電子の寿命を短かくする等の性質があります。

b) 転移を含む Ge⁵⁾

高純度 Ge を塑性変形（ベンド）して転位を入れ、電子散乱の模様を見ます。これに関する理論としては Dextor-Seitz の有名な小論文がありますが、実験との対決は未だ無かつた様で、これ迄の実験はすべて n 型 Ge に転位を導入した際の荷電転位を対象としたものに限られていました。我々の実験結果は、上記理論より約一桁小さい値と、全然異なる温度依存性を与えます。尚所謂 60° 転位と 90° 転位とにおける散乱効果の相異も僅かながら観測され、更に転位線による電子散乱の異方性も、高濃度転位を含む試料を相手に、スーパーヘテロダイン方式で測定器の感度を上げる事によつて捉える事に成功しました。

4° 一軸性ストレスとサイクロトロン共鳴⁶⁾ Hensel-Feher, Hensel-Hasegawa-Nakayama の論文にもストレス効果を取扱つていますが、我々は Band Parameter の決定もさることながら、2° で述べた不純物散乱の問題と関連して実験を進めています。即ちストレスの印加で異なる電子谷間に位置エネルギーの高低を設け、キャリア再配分の模様が不純物の介在でどの様に変化するかと云う、所謂 Impurity-assisted intervally scattering の研究にストレスが大いに活躍しています。尚この他に歪ポテンシャルの決定（価電子帯のそれを含む）、更には後述する低温異常現象の解明にもストレスは一役買つています。

5° サイクロトロン共鳴の周波数（磁場）依存性⁷⁾

ある電子谷の共鳴線を同一磁場方向から観測していても、線巾から電子の緩和時間を $\omega_c \tau = 2H_0 / \Delta H$ (ΔH は半値巾) なる関係から求める限り、用いるマイクロ波の周波数により、僅か乍ら τ が異つて現われて来ると云う現象があります。これは磁場のかかった状態で Boltzmann 方程式を解くには、厳密には $\hbar \omega_c \ll kT$ なる条件を必要とし、一方所謂量子極限の理論では $\hbar \omega_c \gg kT$ の場合しか取扱つておらず、而してマイクロ波のサイクロトロン共鳴では $\hbar \omega_c \sim kT$ なる状態で仕事をしていることによつて生ずるジレンマであると我々は解釈していますが、高純度 Ge の試料で納得のゆくまで実験を重ねています。高純度試料ですから、促えられるのは格子散乱ですが、参考データとして不純物散乱の周波数

川村研究室

依存性も調べつつあります。

6° 低温異常現象

2° で p 型の場合は不純物濃度が高くとも電子のサイクロトロン共鳴が観測されると書きましたが、不純物伝導域まで到達すると、ある温度で共鳴線が消え、代りに極めて大きな光伝導シグナルが見られます。この光伝導シグナルは更に不純物濃度を上げると益々顕著になり、ストレスに対しても敏感ですが、我々は大凡この現象についてのモデルを確立したので、これから少し系統的に実験を重ねたいと思つています。尚この問題に関しては別項 Short Note で述べています。

以上は現在迄に完了したか、若しくは既に軌道に乗っている仕事だけを紹介したのですが、川村を中心とするマグネツトプラズマの研究は目下着々準備中で、近い将来色々な成果が期待されます。差当つての計画としては、

- 1° Bi のアルヘン波の研究：物性研に於て成された仕事の拡張
- 2° Cu 単結晶におけるヘリコン波の研究
- 3° パルス磁場による Shubnikov-de Haas 効果
- 4° レーザーを用いた Magneto-optical 吸収，若しくはサイクロトロン共鳴

等が挙げられます。

(大 塚 記)

- 1) 石田・大塚：物理学会分科会 40 年春
- 2) E. Otsuka et al: Phys. Rev. Letters 13 (1964) 232
- 3) E. Otsuka et al: J. Phys. Soc. Japan 20 (1965) 537
- 4) A. Hiraki and T. Suita: J. Phys. Soc. Japan 18
Supplement III (1963) 254
K. Weiser: J. Appl. Phys. 28 (1957) 271
- 5) 山口，大塚：物理学会分科会 40 年春
- 6) 井関，邑瀬，大塚：物理学会分科会 40 年春
- 7) 大塚，邑瀬，藤安： ”