

Title	MAGNETO-OPTICAL STUDY OF ELECTRON-HOLE DROPS IN GERMANIUM
Author(s)	Nakata, Hiroyasu
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/24342">http://hdl.handle.net/11094/24342</a>
DOI	
rights	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏名・(本籍)	中 田 博 保
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	第 5 1 2 4 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 12 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	ゲルマニウム中の電子正孔液滴の磁気光学的研究
論文審査委員	(主査) 教授 大塚 穎三 (副査) 教授 金森順次郎 教授 山田 安定 教授 楠田 孝司 教授 邑瀬 和生

### 論 文 内 容 の 要 旨

強く光励起されたゲルマニウムの物理的性質を低温(2.0~23K)での時間分解の遠赤外磁気吸収によって研究した。自由正孔のサイクロトロン共鳴、励起子の準位間の吸収、それに電子正孔液滴の磁気プラズマ共鳴を7Tまでの磁場中で84から513 $\mu\text{m}$ の波長で観測した。

ドハースアルヘン振動に似た電子正孔液滴の磁気振動が純粋なゲルマニウムでは2.0Kで146から233 $\mu\text{m}$ の波長で観測され、アンチモン又はインジウムをドーブしたゲルマニウムでは171から433 $\mu\text{m}$ の波長で観測された。液滴内の電子正孔対濃度が振動しているという考えにより、振幅の波長依存性、遠赤外吸収と光ルミネッセンスの振幅の違い、振幅の励起後の時間変化を説明した。

磁場による電子正孔対濃度の変化がケルディシュとシリンの理論に基いた計算により算出された。この計算結果と磁気振動の谷の磁場位置から液滴のフェルミエネルギーが2.2meV、電子正孔対濃度が $2.1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ と求められた。この計算はさらに実験結果とよく一致する振動の形を与える。

不純物をドーブした試料ではアンチモンでは $8.5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ までインジウムでは $8.0 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ まで液滴内の電子正孔対濃度は一定である。

電子正孔液滴の臨界温度は3種類の温度依存性の測定から6 K付近であることが得られた。これらの測定とは、液滴の磁気プラズマ吸収、励起子吸収、そして液滴と励起子の消滅の様子である。液滴の仕事関数が3.0から4.2Kの励起子の消滅過程を解析することにより大体14.7Kと見積もられた。

液滴の磁気プラズマ共鳴の数種類のピークが200 $\mu\text{m}$ より長波長で測定され、これらのピークの起源が、時間分解の測定も考慮して同定された。その結果約10%の質量のくりこみがピークの磁場位置を説明するのに要することがわかった。磁気プラズマ共鳴の半値幅の測定された周波数依存性はプラズ

マ振動の減衰が主に電子正孔散乱によることを示している。

いくつかの不純物効果が見い出された。磁気プラズマ共鳴のピークシフト、液滴の寿命の減少、磁気プラズマ共鳴の線幅の増加、磁気振動の振幅の減少、これらの性質の内いくつかは液滴の半径の増加により定性的に説明される。

### 論文の審査結果の要旨

極低温下にある半導体Si, Geの単結晶を、band gap lightで強く励起すると、いわゆる電子・正孔液滴という一種の液体状プラズマ相が生成される。この事実が知られてからすでに10年以上の歳月が流れ、電子・正孔液滴自体の物性はほぼ究めつくされた感がある。その中で、未だ完全には結論を出し得なかったトピックとして、磁気振動の問題がある。強励起されたGe試料に磁場をかけてこれを掃引すると、液滴による発光強度、遠赤外光吸収強度の双方に観測される振動パターンの解釈がそれである。この振動が、具体的に如何なる物理量の変動に対応するかをめぐって激論がなされてきた。可能性としては、1. キャリヤー数の変動、2. フェルミエネルギー（したがって仕事関数）の変動、3. 緩和時間の変動等がある。発光の実験者たちの間では、キャリヤー数の変動を成因とする解釈がほぼ通用するようになったが、遠赤外吸収の実験に関してはむしろフェルミ・エネルギーの変動による解釈の方がこれまで有力で、発光の実験との間でチグハグな面が残っていた。

中田君は自ら波長可変型遠赤外レーザー（物性研究用としては本邦最初のもの）を作製し、各種の遠赤外波長を駆使するとともに、定常光測定、時間分解測定の双方から上記遠赤外磁気振動の模様を定量的に追跡し、それがキャリヤー数の変動に対応すると仮定すれば、すべての実験事実が矛盾なく説明できることを示した。と同時に一部発光実験における解析の不備、現存する理論の不十分な点をも併せて指摘することができた。

この仕事は本年9月京都に於て開催された第15回半導体国際会議でも高く評価され、電子・正孔液滴研究の掉尾を飾ることとなった。よって理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。