



|              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | N型インジウム・アンチモナイドにおける熱い電子のサイクロトロン共鳴と非線型伝導現象                                                                                                                                                                                                                            |
| Author(s)    | 小林, 啓介                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Citation     | 大阪大学, 1973, 博士論文                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Version Type |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/31107">https://hdl.handle.net/11094/31107</a>                                                                                                                                                                                  |
| 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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>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) | こ                                             | ばやし  | けい | すけ        |
|         | 小                                             | 林    | 啓  | 介         |
| 学位の種類   | 理                                             | 学    | 博  | 士         |
| 学位記番号   | 第                                             | 2914 | 号  |           |
| 学位授与の日付 | 昭和48年9月20日                                    |      |    |           |
| 学位授与の要件 | 理学研究科物理学専攻<br>学位規則第5条第1項該当                    |      |    |           |
| 学位論文題目  | N型インジウム・アンチモナイドにおける熱い電子のサイクロ<br>トロン共鳴と非線型伝導現象 |      |    |           |
| 論文審査委員  | (主査)                                          |      |    |           |
|         | 教授                                            | 大塚   | 穎三 |           |
|         | (副査)                                          |      |    |           |
|         | 教授                                            | 川村   | 肇  | 教授 川辺 和夫  |
|         | 教授                                            | 山田   | 安定 | 助教授 鈴木 勝久 |

## 論文内容の要旨

液体ヘリウム温度、強磁場下におけるN型インジウム・アンチモナイドの不純物準位間の光学遷移と非線型伝導現象が連続発振の遠赤外H<sub>2</sub>Oレーザーを用いたサイクロトロン共鳴と直流電気測定によって調べられた。通常の透過又は光伝導によるサイクロトロン共鳴の観測の他にパルス電場変調を用いた新しい型のサイクロトロン共鳴の観測方法が導入された。この方法は遷移のエネルギーのみでなく、遷移の始状態の位置及び電場下の電子の分布に関する情報を与え、上記の問題の研究に非常に有効であることがわかった。

サイクロトロン・ハーモニクス的な遷移が観測され、それらが不純物の基底状態からの遷移であることが明らかにされた。このことから過剰ドナー濃度が約 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ の結晶では約2.85K Oeの弱磁場で不純物状態が伝導帯から分離していることがわかった。他に2つの弱い不純物状態からの遷移が観測され、1つは基底状態からの光イオン化、他は励起状態間の遷移であると考えられる。

非線型伝導現象は不純物状態にフリーズ・アウトしたキャリアの伝導帯への出払いの影響を大きく受けているが、この効果のみによって説明されないことが明らかにされた。キャリアがほとんど不純物状態にフリーズ・アウトしている場合にも伝導帯内のキャリアの易動度は電場によって大きく変化し、これが本質的に非線型電流電圧特性をきめていることが示された。又電場変調サイクロトロン共鳴を用いて決められたホット・エレクトロンの電子温度は直流測定から宮沢の方法を使って決められた電子温度と約30 Kまで良く一致することがわかった。

## 論文の審査結果の要旨

n型Insbは、低温（液体ヘリウム温度）でいちぢるしい非線型伝導現象を示す。これが電子温度の上昇に関係があることは、以前から多くの研究者たちによって指摘されてきた。しかし、事柄を複雑にする要素のひとつとして、いわゆる不純物帯と伝導帯の共存云々の問題がある。そこで、不純物帯にある電子が、電場によって温度が上昇するにつれ、伝導帯に移行することが、非線型伝導の主因であるとする説と、不純物帯の電子はむしろ問題外で、伝導電子の移動度が電子温度とともに変化するものが主因であるという説とが烈しく対立してきた。小林君の研究はこの問題に鋭いメスを入れたもので、パルス電場によって変調された遠赤外レーザー・サイクロトロン共鳴という新技術で、不純物帯ならびに伝導帯内の各ランダウ準位にある電子数の変化を高精度でとり出すことに成功し、さらにこれを同一試料について得られたDC測定データのデータと照合することにより、n型Insbの非線型伝導ならびにサイクロトロン共鳴に関する、きわめて多くの新情報をもたらした。その結果、非線型伝導を示す試料について不純物帯の存在が確認され、不純物帯から伝導帯へ電子が移行する様子も定量的におさえられた。と同時に、伝導帯中にある電子も、電子温度の上昇とともに移動度が変化する様子が刻明に追跡され、電子のエネルギー分布の概要も導きだされた。これにともない、従来の論争は、いずれも一面的なデータへの固執が原因であることが明らかになった。また本研究で得られた各種パラメーター、電子温度概念の有効範囲等は、これまで個々に報告されたデータと良好な一致を示している。なお本研究遂行中、副産物として見出された、遠赤外サイクロトロン発光は、単色に近い、しかも波長可変の強力な遠赤外光源として将来その応用が注目されるものである。

このように本論文は、n型Insbという半導体の持つ多面性をたくみに制御しつつ、非線型伝導現象と熱い電子のサイクロトロン共鳴に統一的判断を下す上で、決定的ともいえる新情報を、定量的かつ首尾一貫した状態で提供し得たという点で、その内容の独創性と有用性を高く評価すべきであろう。

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られる。