



|              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | エレクトロレフレクタンスによる層状半導体GaSe単結晶の電子帯構造に関する研究                                                                                                                                                                                                                              |
| Author(s)    | 鈴木, 義彦                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Citation     | 大阪大学, 1975, 博士論文                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Version Type |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/31195">https://hdl.handle.net/11094/31195</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) | 鈴木 義彦                                                          |
| 学位の種類   | 工学博士                                                           |
| 学位記番号   | 第 3374 号                                                       |
| 学位授与の日付 | 昭和 50 年 3 月 25 日                                               |
| 学位授与の要件 | 基礎工学研究科物理系<br>学位規則第 5 条第 1 項該当                                 |
| 学位論文題目  | エレクトロレフレクタンスによる層状半導体 GaSe 単結晶<br>の電子帯構造に関する研究                  |
| 論文審査委員  | (主査)<br>教授 難波 進<br>(副査)<br>教授 牧本 利夫 教授 藤沢 和男 教授 末田 正 助教授 浜川 圭弘 |

## 論文内容の要旨

本論文は、筆者が、大阪大学基礎工学部電気工学科においておこなってきたエレクトロレフレクタンスによる層状半導体 GaSe の電子帯構造に関する研究の成果をまとめたもので、本文 6 章および謝辞からなっている。

第 1 章では、層状半導体 GaSe の電子帯構造に関する本研究の目的を述べ、本研究をはじめた動機を明らかにしている。また、GaSe に関するこれまでの研究の沿革について概説し、さらに、エレクトロオプティカル効果の研究が電子帯構造の解明にどのように有用な手段であるかについて述べ、本研究の意義とこの分野における本論文の占める位置を明らかにしている。

第 2 章では、まず GaSe 単結晶の二次元的な結晶構造について説明し、その特徴および、この特異な結晶構造から期待される物性の興味点を明らかにしている。つぎに、GaSe 単結晶の結晶成長について可能な各種の技術について述べ、とくに比較的容易に、しかも大きくかなり良好な単結晶を得る方法として、本研究において採用したブリッジマン法による単結晶作成方法について説明している。また、以上の方法で成長させた GaSe の電気的、光学的性質などの基礎物性の測定結果を示し、とくにその異方性を中心に論述し、その特徴を明らかにしている。さらに、現在までの実験的研究を基礎にして提案されている GaSe の電子帯構造について現在わかっているかぎりの知見を概説し、その問題点を指摘している。

第 3 章では、まず、エレクトロオプティカル効果の基礎概念を説明し、電子帯構造の研究におけるエレクトロオプティカル効果の有用性を明らかにしている。また、理論的に与えられる複数誘電率の電場変調成分  $\Delta\epsilon_1 + i\Delta\epsilon_2$  と、エレクトロレフレクタンスの実験により得られるスペクトル  $\Delta R/R$  の

関係を明らかにし、以下の章で議論される実験結果の解析に必要な基礎定数を求めている。つぎに、GaSe のエレクトロレフレクタンスの実験のために開発したヘテロ接合を用いた縦電場法とそのため GaSe-SnO<sub>2</sub>ヘテロ接合の製作方法、およびその諸特性について述べ、最後に、実験に使用した測定系を説明している。

第4章では、GaSe-SnO<sub>2</sub>ヘテロ接合によって測定した基礎吸収端付近のエレクトロレフレクタンススペクトルについて、300K から20Kに至る温度範囲の測定データを示し、その解析結果について述べている。これらのスペクトルには、局在準位に起因していると考えられる構造 a. b. c が見られることを指摘し、ついで、これらの構造のうち、a および b の構造に注目して、その電圧依存性、温度依存性を検討している。その結果、a および b の構造は互いに異なった種類の局在準位に関係した構造であり、それぞれ不純物および基底準位の励起子に起因していると考えられることを論述している。また、励起子および不純物によるエレクトロオプティカル信号の温度依存性を熱的ブロードニング、およびフェルミ準位の温度変化を考慮にいたした理論計算を試み、この計算結果と実験結果の比較検討をおこなっている。つぎに、c の構造について、構造 b と比較検討し、20K における結果の解析から、c の構造は  $n=2$  の励起子による構造であることを明らかにしている。最後に、 $\Delta R/R$  の Kramers-Kronig 変換をおこない、得られた  $\Delta\epsilon_2$  のスペクトルから、各温度の不純物あるいは格子欠陥準位、励起子の準位、帯端エネルギーを求め、それぞれのエネルギー準位について考察している。

第5章では、まず、3.37 eV の遷移に関して、現在までにおこなわれた種類の実験結果とその結論のあいまいさを指摘し、幾つかの印加電場の方向によるエレクトロレフレクタンススペクトルとその解析が、これを解決する手段として有効であることを提案している。これを確認するために、印加電場の方向が c 軸方向 ( $F \parallel c$ ) と c 軸に垂直方向 ( $F \perp c$ ) の場合の90Kにおけるエレクトロレフレクタンスの実験をおこない、その結果、とくに  $F \parallel c$  と  $F \perp c$  では、エレクトロレフレクタンス・スペクトルが全く異なっていることを指摘している。つぎに、吸収スペクトルの説明として可能性のある3種類の遷移の機構を示し、想定したこの3種の遷移機構から求めた  $F \parallel c$ 、 $F \perp c$  のエレクトロオプティカル・スペクトルと実験結果を比較検討し、その結果、 $F \parallel c$  と  $F \perp c$  の両方のエレクトロレフレクタンス・スペクトルを説明する遷移機構は、M<sub>1</sub>型帯端による遷移であることを明らかにしている。

第6章では、エレクトロレフレクタンスによる GaSe の電子帯構造に関する第2章から第5章までの研究成果を総括して述べ、本研究で得られた新しい知見を明らかにするとともに、学術上の幾つかの今後の問題点を提示している。

## 論文の審査結果の要旨

本論文は、層状半導体 GaSe 単結晶の結晶成長を行ない、その電気的および光学的性質を調べ、さらにエレクトロレフレクタンスの測定から電子帯構造の決定にいたる一連の研究成果をまとめたものである。

GaSe は、二次元的異方性で特徴づけられる電気伝導を示すが、鈴木君はこうした異方的担体輸送現象と光学的性質を決定づけている電子帯構造について、エレクトロレフレクタンス効果によって精密な帯端エネルギーと状態密度関数の特異点の型を明らかにした。とくに、エレクトロレフレクタンス効果の印加電場と結晶軸との方位を変えたスペクトル構造の解析法は電子帯構造の詳細を知る新手段としてユニークである。また、この材料の禁止帯幅が約2 eVで可視光に透明であることは、光エレクトロニクスなど異方性結晶の応用物性の見地からも興味深い新材料であり、本研究の成果は基礎物性のみならず、半導体光エレクトロニクスの分野に貢献するところが大きい、よって工学博士の学位論文として価値あるものと認める。