

Title	低電界エレクトロレフレクタンスによるシリコンの光学的臨界点構造に関する研究
Author(s)	近藤, 和夫
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/31652">http://hdl.handle.net/11094/31652</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏名・(本籍)	近 藤 和 夫
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 3 9 2 1 号
学位授与の日付	昭和 52 年 3 月 25 日
学位授与の要件	工学研究科 電子工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	低電界エレクトロレフレクタンスによるシリコンの光学的臨 界点構造に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中井 順吉 (副査) 教授 中村 勝吾 教授 埜 輝雄 教授 三石 明善

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は半導体シリコンの光学的臨界点構造に関する解析結果とバンド間等エネルギー線図の構成についてまとめたもので7章よりなっている。

第1章では本研究の目的、意義を述べ、あわせて研究領域における位置づけを行なっている。

第2章では本論文を構成する理論的基礎を説明している。詳述すれば、光学的誘電関数ならびに光学的臨界点の基礎概念を2A節にまとめている。2B節では低電界エレクトロレフレクタンス(LFER)の物理的概念、表式等を説明している。2C節ではLFERによる光学的臨界点の対称性解析の手法について論じている。すなわち臨界点の逆格子空間内の位置ならびに還元有効質量 $\mu$ がLFERスペクトルの偏光異方性とラインシェイプから推定できることを示している。2D節ではLFERスペクトルの一軸性圧力依存性について議論し、ダイヤモンド型結晶の縮退した $\Gamma$ ,  $\Delta$ ,  $A$ 対称性臨界点に関して計算を行なっている。

第3章では試料の処理、測定装置、測定法について説明している。

第4章ではシリコンに関する実験結果ならびに解析結果について述べている。得られた結果は次の通りである。(1)LFERラインシェイプの解析から3.0~4.0eVの光学構造は3次元 $M_0$ 型( $E_0^v$ )と3次元 $M_1$ 型( $E_1$ )の臨界点からなることを明らかにしている。(2)対称性解析から $E_0^v$ は $\Gamma$ 点近傍の $\Delta_3^v \rightarrow \Delta_1^v$ 遷移( $\mu_T/\mu_L=1\sim 3$ ,  $\mu_T > 0$ ,  $\mu_L > 0$ )かあるいは $\Gamma$ 点近傍のいくつかの臨界点の集合に起因することを示している。また $E_1$ は $A_1^v \rightarrow A_1^v$ 遷移( $\mu_T < |\mu_L|$ ,  $\mu_T < 0$ ,  $\mu_L < 0$ )に起因することを確認している。(3)LFERスペクトルの一軸性圧力依存性から $E$ 臨界点の変形ポテンシャル定数 $D_1^1$ ,  $D_1^5$ ,  $D_3^3$ ,  $D_3^5$ を決定している。(4)LFERラインシェイプの解析から4.0~5.0eVの光学構造は3次元 $M_1$ 型( $E_2(1)$ ),

3次元M<sub>1</sub>型 (E<sub>2</sub>(2)), 3次元M<sub>2</sub>型 (E<sub>2</sub>(3)) の3つの臨界点からなることを見出ししている。(5)対称性解析からE<sub>2</sub>(1)はΣ<sub>2</sub><sup>v</sup>←Σ<sub>3</sub><sup>c</sup>遷移(1/μ<sub>T2</sub>+1/μ<sub>L</sub>=4/μ<sub>T1</sub>, μ<sub>T1</sub>>0, μ<sub>T2</sub>μ<sub>L</sub><0)に起因することを確認している。またE<sub>2</sub>(3)については, X点近傍のΔ<sub>5</sub><sup>v</sup>←Δ<sub>3</sub><sup>c</sup>遷移(μ<sub>L</sub>≪|μ<sub>T</sub>|, μ<sub>T</sub><0, μ<sub>L</sub><0)に起因すると推定している。

第5章では測定から明らかになった光学的臨界点集合からバンド間エネルギー面の等高線図を構成している。

第6章では第4章, 第5章で得られた結果と他の研究者による測定結果および計算結果を比較検討している。

第7章では本研究で得られた成果をまとめて提示している。

付録Aでは3相構造において第3相に外部から変調が加わっている場合のSeraphin係数を導出している。

付録BではLFERの工学的応用として, 半導体表面の不純物濃度分布測定法について概説している。

## 論文の審査結果の要旨

変調分光法の一つとして知られているエレクトロレフレクタンス(ER)法は半導体の電子帯構造における光学的臨界点のエネルギー値やブロードニング係数を正確に決定する手段として用いられているが, 本論文はあらたに臨界点の対称性および臨界点における有効質量比を系統的に決定する方法を明らかにしている。また低電界ERスペクトルの一軸性圧力依存性を圧力の一次の項まで計算し, 臨界点の対称性の推定ならびに変形ポテンシャル定数の決定が可能であることを明らかにしている。

これらの手法を半導体シリコンに適用し, 電子帯構造に関する詳細な知見を得ている。まず3.0から5.0eVのエネルギー領域における光学的臨界点の対称性を明らかにするとともに各臨界点における有効質量比の決定を試みている。つぎにこれらの結果をもとにして電子帯間エネルギー面の等高線図をはじめ構成している。

また, 低電界ERを用いて半導体表面不純物濃度分布を非破壊的に, かつ高精度に測定できることも示している。

これらの結果は, 半導体における電子帯構造解明の一手法を確立し, かつ半導体の電子状態を理解する出発点ともいえる電子帯間エネルギー面の構成という重要な手法を示したもので今後の半導体電子工学の発展に貢献するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。