



| | |
|--------------|---|
| Title | ゲルマニウムとシリコン中のD-状態 |
| Author(s) | 谷口, 雅樹 |
| Citation | 大阪大学, 1977, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/32067 |
| 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"〉 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

【 1 】

| | |
|---------|---|
| 氏名・(本籍) | 谷口雅樹 |
| 学位の種類 | 工学博士 |
| 学位記番号 | 第 3991 号 |
| 学位授与の日付 | 昭和 52 年 5 月 20 日 |
| 学位授与の要件 | 基礎工学研究科 物理系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当 |
| 学位論文題目 | ゲルマニウムとシリコン中の D ⁻ 状態 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 成田信一郎 (副査) 教授 長谷田泰一郎 教授 藤田 英一 助教授 西田 良男 助教授 張 紀久夫 |

論 文 内 容 の 要 旨

ゲルマニウム、シリコン中の D⁻状態が、フーリエ変換型干渉分光器を用いて、長波長光伝導を測定する事により調べられた。

i) ゲルマニウム中の D⁻状態

Sb をドーピングした、及び、As をドーピングしたゲルマニウム中の孤立した D⁻状態が、新しく開発された検知機構により、観測可能となった。孤立した D⁻状態の電子親和力が、実験により決定され、異なる不純物の間の D⁻状態に対して、chemical shift が存在する事が明らかとなった。

D⁻状態のエネルギーに対する、伝導帯の多谷構造、及び、core potential の効果を調べるために、[111] 方向の一軸性応力のもとで測定が行なわれた。その結果、D⁻状態のエネルギーは、伝導帯の構造が多谷構造の場合、単一谷構造の場合よりも安定化されている事が判明した。

このような、所謂、many-valley effect を説明するために、不純物の core potential の強さに応じて、二つの機構が提出された。ひとつは、D⁻状態にある二電子間のクーロン反撥によるもの、他のひとつは、two electron valley-orbit splitting によるものである。

スペクトルの濃度変化が調べられ、Sb 不純物に対して、 $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ の不純物濃度では、孤立した D⁻状態よりは、更に強く束縛された D⁻状態が観測され、 $2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 以上の濃度では、D⁻バンドの形成が支持された。

ii) シリコン中の D⁻状態

P がドーピングされたシリコン中の孤立した D⁻状態が調べられ、電子親和力が決定された。

[100] 方向の一軸性応力の実験により、D⁻状態のエネルギーに対する many-valley effect が示さ

れた。

スペクトルの濃度変化より、不純物濃度の増加に伴い、更に強く束縛された D^- 状態が形成される事が確認され、また、ある濃度域では、孤立した D^- 状態と、更に強く束縛された D^- 状態が結晶中に共存している事が、温度変化の実験により明らかにされた。

以上、これらの実験により、半導体における D^- 状態の存在の決定的な証拠が、はじめて得られた。

論文の審査結果の要旨

陽子に2個の電子が捕われた状態を H^- であらわし、宇宙物理学の興味深い問題として研究されてきた。半導体中の不純物状態は水素様模型で解釈され、中性ドナーにもう1個の電子が捕獲された状態を H^- のアナロジーで D^- 状態とよぶ。この状態が存在するであろうことは理論的にまた間接的な実験で提唱されていたが、直接的な測定はその束縛エネルギーが小さく(1 meV以下)、波長にしてミリ波—サブミリ波の境界にあるために非常に困難で長く実行されなかった。ソ連のゲルシエンゾン等はサブミリ波の後進波管を用いて始めてこれを観測したが、その実験結果はその特性、エネルギー共に不確かなものであった。この論文はラメラ—格子干渉分光計を用い、0.38°Kの極低温で始めてゲルマニウムの D^- 状態の正確な光伝導スペクトルを得て、 D^- 状態の存在の確証とその正確なエネルギーを確立したものである。また D^- 状態はその結晶中の濃度が増すと D^- 帯を作り、不純物伝導の一つの機構として予測されてきたが、その実態はつかめなかった。この論文では D^- 状態によるサブミリ波光伝導の不純物濃度依存性をつぶさに測定することによって始めて D^- 状態が D^- 帯へ遷移する証拠を見つけ出した。シリコンに対しても同様な結果を得た。研究は独創的であり、半導体物理の基礎的見地に立っても重要な結果を与えるものと考えられる。

博士論文として充分価値あるものと認められる。