

Title	Resonant-Photoelectromagnetic Effect in Semiconductors
Author(s)	岡下, 友則
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41917">https://hdl.handle.net/11094/41917</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"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	岡下友則
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 15144 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Resonant-Photoelectromagnetic Effect in Semiconductors (半導体における共鳴光電磁効果)
論文審査委員	(主査) 教授 大山 忠司  (副査) 教授 大貫 惇睦 教授 木下 修一 教授 竹田 精治 助教授 藤井 研一

### 論文内容の要旨

共鳴光電磁効果とは、磁場中に置かれた半導体試料に磁場と垂直な方向から遠赤外光やマイクロ波等のバンドギャップよりも小さなエネルギーの光を照射した際に、伝導電子サイクロトロン共鳴 (ECR) や不純物サイクロトロン共鳴 (ICR) などの共鳴吸収に伴って磁場と入射光の双方に垂直な方向に起電力が発生する現象である。この起電力は共鳴吸収に関する情報に加えて、試料内部での熱流および荷電粒子の非平衡状態に関する知見も含んだ非常に興味深いものであるが、その発生機構および基本特性についてはほとんど明確にされていない。本研究では、共鳴光電磁効果の諸性質の解明および起電力の発生機構の特定を目的として系統的な研究を行った。

$n$ -InSb バルク試料および  $n$ -InGaAs 薄膜試料において、発生起電力を磁気光吸収スペクトルと比較した結果より、起電力は吸収係数にほぼ比例するという重要な結論を得た。また、起電力の発生効率共鳴吸収の種類 (ICR、ECR) によらず同じ温度変化を示し、温度上昇と共に急激に減少するという性質を得た。これらの特性に対し、熱的なモデル、すなわち共鳴吸収に関与した電子が緩和する際に放出するフォノンによって試料内部に誘起された温度勾配が、ネルンスト-エッチングスハウゼン効果を通じて起電力を発生するモデルを用いて説明を行った。また、試料内部の温度勾配の誘起は試料の形状に依存し、バルク試料の場合には入射光の減衰長が試料厚さに比べて十分小さいことに基づく不均一な過熱が、また薄膜試料においては巨大な熱浴として薄膜の片面に接している基板の存在が、それぞれ熱流をもたらしていることを明らかにした。さらに、起電力信号は透過実験が困難である試料においても共鳴吸収を反映した非常に鋭いスペクトルを示すため、透過実験の相補的手段としても利用可能であることが判った。

一方、高濃度  $n$ -InSb 試料における実験では縮退電子系に特有な、起電力のシュブニコフ・ド・ハース型振動を遠赤外領域で初めて観測するとともに、不均一吸収が内部温度勾配を通じて起電力を誘起するというネルンスト効果に基づく熱的解釈の直接的な検証を行うことができた。

また、高純度ゲルマニウム試料においては、バンドギャップよりも大きなエネルギーを持つ光によって電子-正孔対を励起した系に対し、さらにマイクロ波の照射を行い伝導電子および正孔のサイクロトロン共鳴を誘起し起電力測定を行った。その結果、帯間光電磁効果および共鳴光電磁効果の重ね合わせ信号を初めて観測した。また、起電力の符号の散乱緩和時間機構による違いを初めて観測し、散乱機構の違いを反映したネルンスト効果によって共鳴光電磁効果の特徴を解明した。

## 論文審査の結果の要旨

岡下君は磁場中に置かれた半導体試料に磁場と垂直な方向から遠赤外光やマイクロ波等のバンドギャップよりも小さなエネルギーの光を照射した際に、伝導電子サイクロトロン共鳴 (ECR) や不純物サイクロトロン共鳴 (ICR) などの共鳴吸収に伴って磁場と入射光の双方に垂直な方向に起電力が発生する共鳴光電磁効果について、その起電力の発生機構を系統的に研究した。この起電力は共鳴吸収に関する情報を加えて、試料内部での熱流および荷電粒子の非平衡状態に関する知見をも含んだ非常に興味深いものである。

n-InSb バルク試料および n-InGaAs 薄膜試料において、起電力の発生効率は共鳴吸収の種類 (ICR、ECR) によらず同じ温度変化を示し、温度上昇と共に急激に減少するという性質を得た。これらの特性に対し、熱的なモデル、すなわち共鳴吸収に関与した電子が緩和する際に放出するフォノンによって試料内部に誘起された温度勾配が、ネルンストーエッチングスハウゼン効果を通じて起電力を発生させるというモデルを用いて説明を行った。また、試料内部の温度勾配の誘起は試料の形状に依存し、薄膜試料においては巨大な熱浴として薄膜の片面に接している基板の存在が熱流をもたらしていることを明らかにした。

この研究は半導体における電子系の共鳴現象による熱の発生機構とその流れを解明したものであり、博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。