



Title	半導体中のフォノン-電子相互作用とその工学的応用に関する研究
Author(s)	原田, 暁嗣
Citation	大阪大学, 1972, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/30587
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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	原 田 暁 嗣
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 2532 号
学位授与の日付	昭和47年3月25日
学位授与の要件	工学研究科電気工学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	半導体中のフォノン-電子相互作用とその工学的応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄 (副査) 教授 山村 豊 教授 西村正太郎 教授 山中千代衛 教授 川辺 和夫 教授 藤井 克彦 教授 中井 順吉

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、半導体中のフォノン-電子相互作用に関する基礎的研究を進めてきたうち、Si中の伝播性フォノンドラッグとGaAs中の音響電気効果についての成果をまとめたものであり、5章からなっている。

第1章では、半導体素子の推移が個別素子から集積化された素子へ、さらに機能素子へと移りつつある様子を展望し、機能素子の中でフォノン-電子相互作用の果たす役割について述べている。さらに、本論文の骨子である、熱フォノン-電子相互作用の具体例としての伝播性フォノンドラッグおよび超音波フォノン-電子相互作用の具体例としての音響電気効果に関する研究の沿革と現状について述べ、未解決の問題点を指摘し、本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、Si中の伝播性フォノンドラッグの実験結果について述べている。まず、伝播性フォノンドラッグを記述する基本量であるフォノンの平均自由行程は $\sim 120^{\circ}\text{K}$ 以上で絶対温度の -2.7 乗に比例すること、関与しているフォノンは主として縦型分枝フォノンであることを示している。次いで、伝播性フォノンの結晶運動量の角度分布に対する考察を行ない、実験による検証を行なっている。その結果、フォノンの伝播距離と試料の形状が同程度になると、試料側面でのフォノンの消滅により信号強度は大巾に低下すること、出力側電極の間隔を大きくすることにより信号強度は大きくなるが、上限値に飽和してゆくことを見い出している。さらに、信号強度の縦磁界依存性について調べ、 77°K において $0\sim 20\text{KG}$ の範囲では著しい変化は認められないことを見い出している。さらに、これらについて理論との比較、検討を行なっている。

第3章では、GaAs中の音響電気効果によって引き起こされる電流振動現象について述べている。音響ドメインの形成時間、電流振動の発生しはじめる臨界電界の温度依存性について述べた後、増巾された超音波の減衰係数は温度にあまり依存していないことを見い出している。また、電流振動の発

生に必要な臨界超音波束と、熱雑音レベルの超音波束との比は温度に依存していないことを見い出している。さらに、飽和電流値を与えるオーム則領域での電界の温度依存性について検討し、電流が飽和している段階においても、電子は音速以上の速度で走っていることを推論している。また、電流飽和領域における超音波の増巾率と減衰係数の積は絶対温度の3乗に比例して増大することを見い出している。

第4章では、フォノン-電子相互作用の工学的応用への可能性についての考察と試作実験結果について述べている。GaAsの音響電気効果を利用した素子が実用化されるために克服されなくてはならない諸点について述べた後、第2章で得られた基礎的成果をもとに、伝播性フォノンドラッグを用いたフォノン分光の可能性について論じ、従来の方法では、製造技術および測定技術上の困難のため実現不可能であるが、熱パルス法との併用により実現への可能性がひらけることを示している。さらに、伝播性フォノンドラッグの新しい応用として、スイッチ素子、メモリ素子としても利用できる可能性があることを示した後、スイッチ素子についての試作実験結果について述べている。

第5章では、半導体中のフォノン-電子相互作用に関する第2章から第4章までの研究成果を総括して本研究の結論を述べている。

論文の審査結果の要旨

本論文は、半導体中のフォノン・ドラッグと超音波増巾について行なった実験的研究をまとめたものである。まず、シリコンPN接合でのフォノン・ドラッグを用いて、ドラッグで生じたフォノンの平均自由行程を求め、その温度依存性を決定している。この結果120°K程度以上の温度ではフォノン-フォノン相互作用が、120°K以下では格子欠陥、表面等の散乱がきいていること、関与するフォノンが主として縦振動フォノンであることを見い出している。

また、このような実験結果に及ぼす試料、電極の形の影響をはじめて理論的に検討し、実験と比較している。さらに、20キロガウス程度まで縦磁界は、フォノン・ドラッグに影響を及ぼさないことを確かめている。

次にGaAs単結晶中の超音波増巾による電流振動を実験的に研究し、音響ドメイン形成時間、超音波増巾の臨界電界の温度特性を求め、それから増巾フォノンの寿命を評価している。また電流飽和領域での電子走行速度が従来の説と異り、一般に音速より速いこと、この傾向は温度とともにふえることをはじめて明らかにし、これに考察を加えている。最後にフォノンドラッグを用いたスイッチ素子を提案している。

以上のように本論文は、半導体物性工学上の重要課題であるフォノン-電子相互作用、特にフォノン・ドラッグと超音波増巾について多くの新知見を含んでおり、その成果は電気、電子工学の分野に貢献するところが多い。

よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。