

高周波 ESR 装置を活用した光キャリアダイナミクスの研究

【代表者】

秋元郁子 和歌山大学 システム工学部 准教授

【共同研究者】

松岡秀人 大阪市立大学 理学研究科 准教授

【研究概要（申請書より抜粋）】

エレクトロニクス材料として高度に電子化された現代社会を支えてきた半導体は、近年、電荷に代わるスピンや角運動量などの新たな自由度の利用が検討されるようになり、その基礎物性をさらに詳しく調べる機運が高まってきている。申請者は、和歌山大学において、X-band (マイクロ波 9.6 GHz) の ESR 装置を用いて、光キャリアダイナミクスについて研究を進めてきた。その結果、IV 族半導体において、キャリアの光注入過程や、バレー分極の実現性について、新たな知見を見だし学術雑誌等で報告してきた。すべての自由度の持続時間を司るキャリア散乱過程について、さらに発展的に研究を推進するためには、マイクロ波周波数を高周波化し、これまで捉えられなかった速い過程を調べる必要があるが、ESR 装置は特定のマイクロ波周波数に特化したものであるため、和歌山大学の現有装置では不可能である。そこで、本研究では、大阪市大理学研究科にある共同利用装置である高周波マイクロ波 (Q-band 34 GHz, W-band 94 GHz) に対応した ESR 装置を利用して、光キャリアのダイナミクスについて補完的な情報を引き出す研究を推進する。これらの装置は、国内に数台しかない先端装置であり、成果が出れば注目度が高い。

【研究成果（報告書より抜粋）】

本研究では、光キャリアダイナミクスの研究をさらに進めるため、和歌山大学に設置されている X-band マイクロ波 (9.6 GHz) ESR 装置に加え、大阪市大理学研究科の共同利用装置である高周波マイクロ波 (Q-band 34 GHz, W-band 94 GHz) ESR 装置を利用して、補完的な情報を引き出す研究を推進した。申請代表者が大阪市大理学研究科に周辺装置を持ち込んで、共同研究者と共に先端装置（主に Q-band ESR 装置）を利用して検証実験を行った。また、低温化技術を共有するため、和歌山大学においても共同実験を実施した。その主な成果を以下に挙げる。

- (1) 定常光源と Q-band ESR 装置を組み合わせた CR 法による光キャリア計測が可能かを検証する実験を、IV 族半導体の高純度シリコンで行った。狭小の共振器内に設置した試料と光励起とのカップリングが上手く取れるか、および、十分な Q 値が得られるかが問題点であったが、可視・近赤外光照射では CR 信号が得られ、高温領域まで測定可能温度が上昇することを確認した。また、X-band で問題になる共振器のバックグラウンド信号が観測領域ではほとんど出ないことから、計画していた光変調による二重共鳴法は必ずしも必要ではないことが判明した。
- (2) キャリア散乱時間が速い III-V 族半導体 GaAs で CR 測定が可能かを Q-band ESR 装置を用いて検証した。その結果、適正な励起光強度とマイクロ波強度の割り出しに苦労したものの、キャリア密度が高いときに発生するマグネトプラズマ共鳴の現象を観測した。
- (3) IV 族半導体の高純度ダイヤモンドで、定常光源と Q-band ESR 装置を用いた CR 測定を試みた。紫外光励起と試料とのカップリングに苦労し、十分な S/N 比で信号を取得することが困難であったが、従来なかった励起光軸の微調機構を整備したことにより CR 測定が可能となった。また、技術交流により、和歌山大学の X-band 装置でも、今まで困難であった極低温での温度安定性を実現できるようになり、2.45 K や 3.2 K での計測が可能になった。

以上の成果は、今後の研究の足がかりとなるものであり、更なる展開が可能である。

研究業績 ※助成期間中に本研究課題を基に発表した著書、学術論文、学会発表、報告書等		
“Enhanced mobility of excitons under inelastic phonon scattering in intrinsic diamond”/ K. Konishi, <u>I. Akimoto</u> , <u>H. Matsuoka</u> , Ian. Friel, J. Isberg, N. Naka	March, 2018	国際会議 SBDD XXIII 2018 (Hasselt, Belgium)