

文部科学省補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ（牽引型）」

2022 年度 連携型共同研究 成果報告書

研究課題名	半導体結晶にトラップされた電子・正孔スピンの空間分布解析
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（大阪公立大学 大学院理学研究科／研究基盤共用センター 特任准教授）
<p>研究成果</p> <p>近年半導体材料において、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、その基礎物性を新たな観点から調べる機運が高まってきている。本研究では、光注入したキャリアのスピンについて空間分布とダイナミクスを明らかにすることを目的に、電子スピン共鳴（ESR）法を用いた物性研究を、大阪公立大学の松岡特任准教授との共同研究として実施した。</p> <p>ESR イメージング法は、空間分解能が数十マイクロメートル程度と光学顕微鏡より少し低いものの、電子スピンの空間分布を直接知ることができる唯一無二の測定法である。ESR イメージング装置は、国内では装置メーカー以外には大阪公立大学でのみ利用できる（申請時）が、これまでのところ室温・暗所での実験が主であった。幅広い温度領域で計測する環境を整えることにより、光照射や各種デバイスのオペランド環境で生成した欠陥で発生する電子トラップやラジカルスピンをとらえ、光デバイスにおける基礎物理やデバイス解析等に応用できる可能性が広がる。</p> <p>我々は、半導体中のトラップに捕獲された電子・正孔スピンに注目し、光デバイスにおける基礎物理過程である再結合過程を調べる研究を行ってきた。これまでの共同研究において、光照射下、かつ、液体窒素吹きつけにより試料を 120 K に冷却し、深いトラップに捕獲された正孔スピンの空間分布の ESR イメージングを可能にした。一方で、それと対になる電子スピンはより浅いトラップに捕獲されることから、その観測にはさらに低温（50 K 以下）にする液体 He 冷却下での測定が必要になる。</p> <p>そこで 2022 年度は、イメージング装置に液体 He 冷却用のクライオスタットを実装し、正孔と電子両方のスピン分布を明らかにする研究を実施した。ESR イメージング装置では、磁場勾配印加用の付加コイルを通常の常伝導電磁石の間に設置するため間隙が狭くなり、光照射や冷却環境を整えるのは通常よりもハードルが高いが、液体 He 用のクライオスタットを和歌山大学から持ち込み、大阪公立大学の装置に最適化させる工夫をして、光照射下かつ液体 He 冷却下での ESR イメージング測定を実現させた。なお、当初は必要な治具の作製を本予算で考えていたが、都合により別予算で実現させた。この実験に至る過程で得られた成果については国内学会で発表した。本研究で実現させた極低温でのイメージング測定は世界的にもほとんど例がなく、今後、電子・正孔の再結合過程の空間分解的解析を進め、対外発表の機会を得て公表する。</p>	