

# 創発的研究支援事業

## 終了報告書

研究担当者	好田 誠
研究機関名	東北大学
所属部署名	大学院工学研究科
役職名	教授
研究課題名	電子スピนว情報担体の創発
研究実施期間	2021年04月01日～2023年03月31日

### 研究成果の概要

半導体のスピン軌道相互作用は電子スピンに対し有効磁場として働く。電子スピนวが有効磁場方向を回転軸として進むため、スピン空間構造を生み出すことが可能となる。本創発研究では、半導体において電子スピนวが回転しながら空間伝搬することで生まれるスピนวの波＝「電子スピนว波」の基本物性を明らかにし、新たな情報担体として活用できる新機能を生み出すことを目的として研究を進めた。

電子スピนว波の物性探索に向け時間・空間分解カ一顕微鏡を構築し、GaAs/AlGaAs半導体量子井戸構造における電子スピนว波ダイナミクスの計測基盤を構築した。半導体量子構造には、図1(a)(b)に示す2種類の波((a)ヘリカルスピนว波、(b)均一スピนว波)が、スピン拡散方程式の固有状態として安定に存在できる。円偏光光励起により空間均一なスピン偏極電子を生成したのち、半導体量子構造の内部有効磁場の回りで歳差運動しながら空間発展しヘリカルパターンのスピン空間構造が形成されることを観測した。さらにフーリエ変換することで実空間から波数空間での解析を可能にし、電子スピนว波を波数分解して時間ダイナミクスが計測できる新たな測定系の構築を進めた。この様な電子スピนว波の光学的検出では励起・検出用レーザーのエネルギーがバンドギャップエネルギーに対応する必要があり、電子スピนว波を検出できる材料系に限られる課題があった。しかし、これまでの光学的検出法では、光学遷移選択則の制限から、図1(a)のヘリカルスピนว波のみしか検出できず、情報担体として利用できる全ての波(図1(a)および(a))を同時検出する手法は確立されて

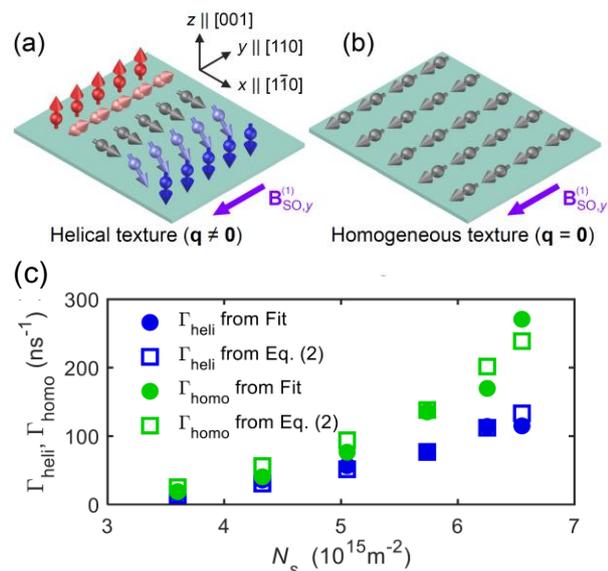


図1. 半導体中で安定に存在できる(a)ヘリカルスピนว波(b)と均一スピนว波の模式図. (c)磁気伝導測定における量子干渉効果から求めたヘリカルおよび均一スピนว波の緩和レートのキャリア濃度依存性

こなかった。そこで磁気伝導現象にあらわれる量子干渉効果に着目し、2種類の電子スピン波を電氣的に検出する原理を提案、その実証を進めてきた。磁気伝導シミュレーションから電子スピン波の緩和時間に着目し、量子干渉効果の新たな理論式を導き、2種類のスピン波の寿命を電氣的手段で測定できる原理を見出した。そして GaAs/AlGaAs 半導体量子井戸を用いて温度  $T = 0.3 \text{ K}$  での磁気伝導測定を進めた。その結果、図 1(c)に示すようにヘリカルおよび均一スピン波の緩和レートを抜き出すことに成功した。複数の電子スピン波を同時に検出できる基盤を確立できた。

以上の結果より、半導体量子構造における電子スピン波物性に対して、時空間分解力一回転測定法を用いた光學的および量子干渉効果を用いた電氣的手法を併用することで、電子スピン波に関する基礎物性とその検出手法に関し学理構築と機能創製を果たすことができた。