

令和 6 年度の研究(または活動)内容

まず、本年度から新たに情報通信工学科の縄田准教授に加わっていただき、遠赤外領域での材料物性やデバイスの開拓を推進することとした。本年度は、以下の 2 項目について主に活動した。

1. 実験機器の共用化と設備の充実に向けた取り組み

昨年度から継続して、構成メンバー間の活発な交流や、効率的な研究の推進、研究費の有効活用などを目的として、構成メンバーが各自の研究室に所有する実験機器の共同利用を推進した。本年度も新たに遠赤外レーザーなどの光学機器が追加され、計 50 程度の実験設備とシミュレーションソフトウェアが共同利用可能な状況となった。現時点での成膜、微細加工、材料・デバイス特性評価装置など共同利用可能な設備を表 1 に示す。赤字で記載されたものが今年度に新たに追加された設備である。これらの装置の利用については構成メンバー内での利用に留まらず、産学連携交流会などのイベントを通して外部企業・団体などの利用も進むよう呼びかけを行っている。今後は新たな構成メンバーの追加や、メンバー間の新規研究テーマの開拓などを通してこれらの装置の相互利用の推進を図りたい。

表 1：現在の主な共用可能装置一覧

光学	配線
フーリエ変換型赤外分光装置(FT-IR)	マニュアルワイヤーボンダー
紫外可視吸光度測定装置(UV-Vis)	ダイボンダー
ラマン分光装置	
遠赤外レーザー	
長短パルスフェムト秒レーザー	
光学定盤(3m×1.5m)	
電気特性	低温・強磁場
電気化学測定・インピーダンス評価	超電導マグネット付き無冷媒冷凍機
高圧高周波用アンプリファイア	無冷媒冷凍機システム
ポテンショスタット	光学クライオスタット
半導体パラメータアナライザ	電磁石
LCRメータ	
インピーダンスメータ	
成膜	磁気特性
抵抗加熱式真空蒸着装置	ループトレーサー（軟磁性体専用）
電子線蒸着装置	磁気抵抗効果測定装置（軟磁性体専用）
DCスパッタ装置	
静電塗布装置	
原子層堆積装置（ALD）	
3元真空スパッタ装置(CFS-4ES)	
カーボン系CVD装置	
化合物系CVD装置	
微細加工プロセス	切断・加工
試作用マスクレスフォトリソシステム	ダイヤモンドワイヤーソー
酸・アルカリ用ドラフト	ホットプレス装置
有機用ドラフト	ガラス切断機
UVオゾン・ドライクリーナー	
マスクアライナー	
電子顕微鏡（EDX付）	
	質量分析・その他
	粘度測定器
	歪検査器
	ガス置換電気炉
	オゾン洗浄装置
	酸化炉
	物理シミュレーター
	探針式段差計(Alfa-Step)
	電磁界解析ソフト（JMAG-designer）
	マイクロマグネティクスシミュレーター
	オープン
	超音波洗浄機
	電気炉
	真空型グローブボックス

2. 構成メンバー間の共同研究の実施

各々の構成メンバーが各自の担当する研究テーマを推進したが、本年度に推進した構成メンバー間の共同研究として、主に以下に示す 2 つの研究を推進した。

(1) 強磁性電極と結合した単一半導体量子ドットにおける単一スピントランジスタの作製

本共同研究は、磁性研究を行っている田河研究室と、半導体ナノテクノロジーの研究を行っている柴田研究室の間で行われた。令和 4 年度に田河研究室の学生による素子構造の最適

化に関するシミュレーション研究が実施されたことを受けて、その後柴田研究室において実際の素子作製値とその特性評価に関する実験が行われた。本年度におこなわれた素子作製と測定において、4 K 程度の低温環境において単一量子ドットをチャンネルとするトランジスタ素子におけるトンネル磁気抵抗をゲート電圧によって変調することに成功した。図1にその様子を示すが、素子のゲート電圧を 1.5V ほど変化させることで、正の

磁気抵抗状態から負の磁気抵抗へと変化することが分かる。この振る舞いにはチャンネルとなる単一量子ドットの軌道やスピン状態が関与していることが示唆されており、今後詳細な解析を行う。実験の開始から 3 年目にしてようやくマイルストーンとなる成果を得ることができたが、今後は田河研究室とも協働しながらこの現象の室温動作に取り組む方針である。

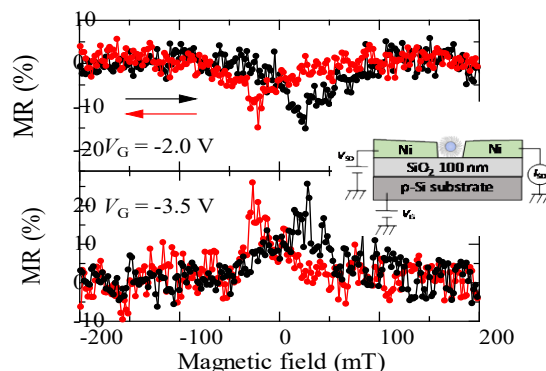


図 1: 強磁性／量子ドット接合で観測されたゲート変調トンネル磁気抵抗効果

(2) THz 電磁波による単一電子の制御に関する実験

THz 電磁波の光源や検出技術に関する研究を行っている縄田研究室と柴田研究室との共同研究により、量子ドット中の単一電子を THz 電磁波により制御する研究を開始した。特に本

研究の遂行に関しては、実験機器の整備のために本年度の学内公募研究からの援助を受けて実施した。本年度は素子作製と THz 光源の準備に取り組んだ。素子作製の過程で、使用する Si 基板をどの程度 THz 波が透過するかを確認を縄田研究室で行った結果、図 2 に示すように、金属ゲート膜の厚みが 8nm の基板で THz 波が 30%程度透過することが確認でき THz 波照射用の試料に適していることが確認できた。本年度の活動によって、素子と必要な実験機器は準備できたので、来年度から測定を開始する予定である。

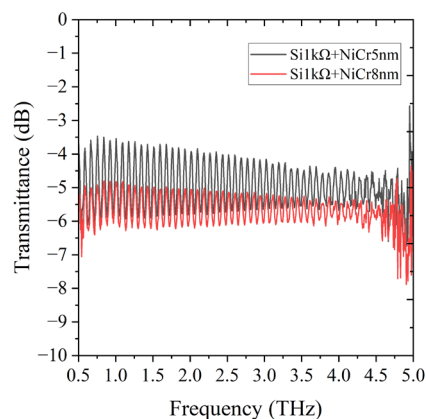


図 2: 縄田研究室で測定した素子の THz 光の透過率