

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	甲 第	号
------	---	-----	---

氏 名 薛 梦松 (XUE Mengsong)

論 文 題 目

Device engineering for investigating optical properties  
of two-dimensional semiconductors

(デバイスエンジニアリングに基づく二次元半導体の光学特性の研究)

### 論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士	阿波賀 邦夫
委 員	名古屋大学物質科学国際研究センター 教授 博士 (工学)	菱川 明栄
委 員	名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 教授 博士 (工学)	柳井 毅
委 員	物質・材料研究機構 ナノアーキテクトニクス材料研究センター グループリーダー 博士 (工学)	北浦 良
委 員	名古屋大学大学院工学研究科 教授 博士 (材料科学)	竹延 大志

## 論文審査の結果の要旨

Xue Mengsong 氏は、二次元半導体がもつ「強い光・物質相互作用」と「優れた外場制御性」に着目し、二次元半導体へのデバイス技術の適用を通して、新たな光特性を引き出すことを目的に研究を進めた。本博士論文の第一章では光・物質相互作用と低次元系が包括的に解説されており、第二~四章において Xue 氏の進めた研究内容が記述されている。

第二章では、二次元半導体における励起子状態、特に高エネルギーの励起状態の検出に有効な手法「ゲート変調反射分光(GMDR)法」の開発を報告している。この手法では、二次元半導体中のキャリア密度を周期的に変化させ、その周期的キャリア変調に応答する反射光強度を検出する。Xue 氏は、励起子の光スペクトルの共鳴エネルギーがキャリア密度の変化に敏感に応答する一方で、それ以外の背景シグナルはキャリア密度変化に鈍感であることを利用し、GMDR 法によって励起子の光学応答を明瞭に観測することに成功した。特に、通常では検出が難しい荷電励起子のリドベルグ状態を観測することに成功し、その結合エネルギーを 26 meV と求めた。

第三章では、モワレ超格子を対象に金属マスクを用いた光学特性観測が報告されている。WSe<sub>2</sub> および MoSe<sub>2</sub> などの二次元半導体を小さな積層角(1~5 度)で積層させた二次元積層構造(モワレ超格子)では、格子定数よりもはるかに大きな周期をもつモワレ模様が付加的なポテンシャルとなり、特徴的な励起状態であるモワレ励起子を生じる。モワレ超格子の物性研究では、格子ゆがみに起因する不均一性が問題となる。Xue 氏は直径 200 nm の中央開口部をもつ金属マスクによって開口部以外からの背景光を遮断することで不均一性を抑えることに成功し、モワレ超格子の PL スペクトルにおけるピーク本数および線幅が大幅に減少することを示した。さらに、金属マスクをゲート電極として用いることによる励起子閉じ込めの可能性についても議論している。

第四章では、光励起およびバイアス電圧印加下における発光イメージングを利用したバレーホール効果の可視化に関する研究を報告している。具体的には、バイアスが印加された MoS<sub>2</sub> チャンネルを 633 nm で励起することで、MoS<sub>2</sub>-電極(ビスマス)接触領域の周辺に 2 つに分離した発光スポットを観察することに成功した。この発光スポットは、光励起によって注入された正孔とビスマス電極から供給された電子が再結合することで生じるものと考えられ、注入された正孔がバイアス電圧により駆動される際に、バレーホール効果による異常速度によって分離した可能性を示している。

以上の研究は、デバイス技術が二次元半導体の光学特性の研究に有用であることを示したものであり、新たな計測法およびデバイス構造の提案を通して二次元半導体の光物性研究に新手法を提供するものであると評価できる。よって、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。