

## 4. 研究の現状

### 西村 智朗

#### 1. 窒化ガリウム (GaN) に関する研究

GaNへのイオン注入や分析、イオン注入シミュレーション

外部機関との共同研究

#### 2. 太陽電池材料に対するイオン照射影響の研究

緒方啓典教授との共同研究

#### 3. 2次元物質に対するイオン照射変調や水素残留量に関する研究

高井和之教授との共同研究

#### 4. ミューオン顕微鏡に関連した、試料透過後の水素イオンビームの状態分析に関する研究

村田好正東大名誉教授との共同研究

#### 5. イオンビーム分析ソフトウェアの開発

中エネルギーイオン散乱・高エネルギーイオン散乱分析が可能なソフトウェアの開発を行っている。

#### 6. イオンのチャネリング入射シミュレーション及びイオン注入分析ソフトの開発

数十年前から開発を行っていた結晶中のイオン軌道シミュレーションソフトのグラフィカルユーザーインターフェースの開発及び注入解析への拡張。

### 三島 友義

#### GaN高耐圧ダイオードの研究

環境省委託研究：未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業（高品質GaN基板を用いた超高効率GaNパワー・光デバイスの技術開発とその実証）

### 緒方 啓典

西村智朗教授と有機無機ハイブリッド型ペロブスカイト化合物およびナノカーボン材料へのイオン照射効果に関する共同研究を継続して実施中である。

### 高井 和之

#### 原子層物質の高機能化および分析

原子層物質はすべての原子が表面にあることから、原子層物質と他の物質との間の界面での相互作用により電子物性を変調できる。特にグラフェンへの水素吸着はFETデバイスや、水素貯蔵材料への応用に関して重要な手法の1つである。一方、グラフェンに欠陥を導入することは水素分子とグラフェンとの間の相互作用を高めるという観点から、新たにグラフェンに追加の吸着部位を与える興味深い戦略の1つである。実際、グラフェン中の単原子空孔上における水素分子の解離吸着の理論研究によると [1]、水素化単原子空孔は、わずかなエネルギー障壁で新たな水素分子の解離吸着とグラフェン表面上への水素原子の拡散を起こし、吸着熱自体も非常に小さいことを示している。このことから水素化された欠陥を持つグラフェンは、水素を脱離させて解離吸着する触媒材料としての応用が期待されている。本研究では、欠陥導入前後のグラフェンへの水素吸着によるキャリアドーピングとキャリア散乱の効果および、水素化欠陥構造を利用した脱水素触媒としての評価をボタンからの脱水素量の変化により行った。さらに大面積グラフェンであるのエピタキシャルグラフェン (EG) を用いた表面構造と磁性との相関や、グラフェンとは対照的にバンドギャップを有する原子層物質である  $\text{MoS}_2$  へのガス吸着が電子状態におよぼす影響について調べた。実験はUHVチャンバー内においてへき開グラフェンFETに対して、加速電圧100 eVの条件で  $\text{Ar}^+$  ビームを照射して、照射および水素吸着前後のゲート電圧依存性を測定した。また、爆轟ナノグラフェン (NG) に加速電圧2000 eVで  $\text{Ar}^+$  ビームを照射し、ボタンを曝露した後、NG表面上の水素量変化を調べるためにERDA測定をした。EGと  $\text{MoS}_2$  についてはそれぞれ、AFMとESR、PLとRaman分光での評価を行った。まず、欠陥導入前のグラフェンに水素分子曝露しても水素吸着の効果は見られなかった。そのため

ラフエンに対してAr+ビーム照射で欠陥を導入した。欠陥直後に水素分子を曝露することにより、大幅な電子ドーピング効果が表れた。これは導入した欠陥が水素吸着サイトとなり、水素が化学吸着したことを示唆している。また、欠陥導入グラフェンへのブタン吸着に関してはAr+ビーム照射により生成した水素原子のない単原子空孔において、ブタンが水素脱離を起こすことで水素量が増加したと示唆された。これは、欠陥サイトの1つの炭素原子に1つの水素分子が吸着すると僅かな活性化エネルギーでグラフェン面内への原子状水素の拡散が同時に起こり、連続的に解離吸着反応が進むためと考えられ、欠陥導入グラフェンを用いた新たな水素利用技術の確立が期待される。また、EGを用いたAFMとESRでの解析により、へき開グラフェンで得られた水素利用技術が大面積化可能であることが示された。また、MoS<sub>2</sub>においては、グラフェンと同様に酸素吸着において水の存在が重要であることが、PL、Raman分光、電気伝導度測定から明らかとなった。これらの結果については米国MRS FallMeeting2019、The 11th International Conference on Recent Progress in Graphene Research (RPGR-2019)などの国際会議や日本表面真空学会における招待講演などの国内学会にて多数発表を行った。

## 中村 俊博

### 1. Siナノ結晶発光材料に関する研究

半導体ナノ粒子は高発光効率・サイズによる発光波長の制御性から次世代の発光材料として注目されている。特にSiナノ結晶は、無害で地殻中に豊富に存在する材料であり、量子サイズ効果による発光の高効率化のため発光材料への応用が期待されている。現状、多孔質Siを原料とした簡易なプロセスにより、Siナノ結晶の高効率生成や発光サイズ制御に関する研究を行っている。

### 2. ワイドギャップ半導体ランダムレーザーの開発

発光波長程度の不均一構造をもつ散乱体と光材料で構成されるレーザーはランダムレーザーと呼ばれ、簡易なレーザー光源への応用が期待されている。特にZnOなどの直接遷移型ワイドギャップ半導体の微粒子は、散乱体と発光材料を両方兼ねる有望なランダムレーザー材料である。現在、マイクロオーダーのZnO粒子におけるレーザー発

振モードの制御に関する研究を行っている。

### 3. 金属イオンドーブ蛍光体材料の開発

白色LEDは、主に青色LEDと無機蛍光体との組み合わせにより白色光が実現されている。そのため、演色性や青色光の変換効率の向上のため、高効率で様々な発光色を呈する新奇無機蛍光体の開発を目指した研究が盛んに行われている。現在、ストロンチウムアルミネート系材料の赤色、青色蛍光体材料の開発に関する研究を行っている。

## 笠原 崇史

### 液体有機半導体とエラストマーとを融合した伸縮性機能薄膜の開発と電界発光評価

若手研究 (19K15424)、期間2019-2020年度  
電子および正孔注入層を備えたマイクロ流体有機ELの開発

東芝デバイス&ストレージ株式会社学術奨励制度、期間2019-2020年度

### フレキシブルマイクロ流体有機ELディスプレイ創生のための低電圧駆動回路の開発

第3回イムラ・ジャパン賞、期間2019年度