

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| 所属・学年 | 工学院大学大学院 工学研究科 電気・電子工学専攻 修士課程1年 | | | | | | | | | | |
|--------|--|----|------|------|------------------------|------|---|------|---|------|---------------------|
| 研修テーマ | FIB および TEM を用いた基礎的微小構造解析 | | | | | | | | | | |
| 研修先 | 東北大学 金属材料研究所 | | | | | | | | | | |
| 受入担当者 | 今野 豊彦 (教授)、嶋田 雄介 (助教)、兒玉 裕美子 (学術研究員), 竹中 佳生 (助手) | | | | | | | | | | |
| 研修期間 | 2020年7月3日、7月～9月 | | | | | | | | | | |
| 研修内容 | <p style="text-align: center;">表1 研修スケジュール</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">日付</th> <th style="text-align: center;">研修内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">7月3日</td> <td>構造解析と電顕のからくり (オンライン講義)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7月7日</td> <td>TEM 用試料の製作 試料: GaN/AlN/Al₂O₃ 使用装置: VERSA 3D DualBeam</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7月8日</td> <td>回折コントラスト像の取得 (回折パターン, 明視野像, 暗視野像, 二波励起イメージング), STEM-EDS 試料: Al-Li-Cu 合金, GaN/AlN/Al₂O₃ 使用装置: JEM-2000EX, JEM-ARM200F</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7月9日</td> <td>回折コントラスト像の取得, データ解析</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>VERSA 3D</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>JEM-2000EX</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>JEM-ARM200F</p>  </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">図1 使用装置</p> | 日付 | 研修内容 | 7月3日 | 構造解析と電顕のからくり (オンライン講義) | 7月7日 | TEM 用試料の製作 試料: GaN/AlN/Al ₂ O ₃ 使用装置: VERSA 3D DualBeam | 7月8日 | 回折コントラスト像の取得 (回折パターン, 明視野像, 暗視野像, 二波励起イメージング), STEM-EDS 試料: Al-Li-Cu 合金, GaN/AlN/Al ₂ O ₃ 使用装置: JEM-2000EX, JEM-ARM200F | 7月9日 | 回折コントラスト像の取得, データ解析 |
| 日付 | 研修内容 | | | | | | | | | | |
| 7月3日 | 構造解析と電顕のからくり (オンライン講義) | | | | | | | | | | |
| 7月7日 | TEM 用試料の製作 試料: GaN/AlN/Al ₂ O ₃ 使用装置: VERSA 3D DualBeam | | | | | | | | | | |
| 7月8日 | 回折コントラスト像の取得 (回折パターン, 明視野像, 暗視野像, 二波励起イメージング), STEM-EDS 試料: Al-Li-Cu 合金, GaN/AlN/Al ₂ O ₃ 使用装置: JEM-2000EX, JEM-ARM200F | | | | | | | | | | |
| 7月9日 | 回折コントラスト像の取得, データ解析 | | | | | | | | | | |
| 研修の成果等 | <p>1. 得られた成果</p> <p>本研修では、講義・実習を通して、TEM の原理を知り、観察目標に応じて適切な方法で像を取得する方法、また、TEM 観察に使用する薄片試料の製作方法を学んだ。</p> <p>1.1 TEM 用試料の製作</p> <p>TEM 試料作製には、集束イオンビーム(Focused Ion Beam: FIB, Thermo Fisher Scientific (FEI-Company) 製 Versa 3D DualBeam)を用い、試料 (GaN/AlN/Al₂O₃)の薄片化を行った。TEM 用試料は約 100 nm の厚さまで薄片化した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">    </div> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">図2 TEM 試料作製過程</p> | | | | | | | | | | |

1.2 回折コントラスト像の取得

1.2.1 Al-Li-Cu 合金

透過電子顕微鏡(Transmission Electron Microscope: TEM, 日本電子製 JEM-2000EX) により、回折コントラスト像の取得方法を学んだ。また、対物しぼりでスポットを選択し、特定の回折波で結像した。

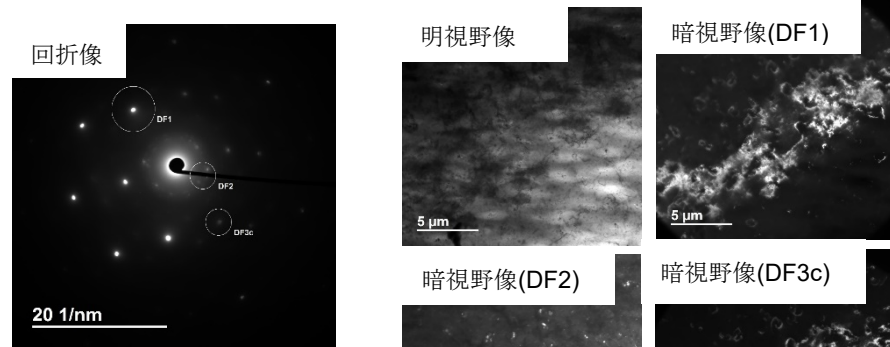


図3 Al-Li-Cu 合金の回折像

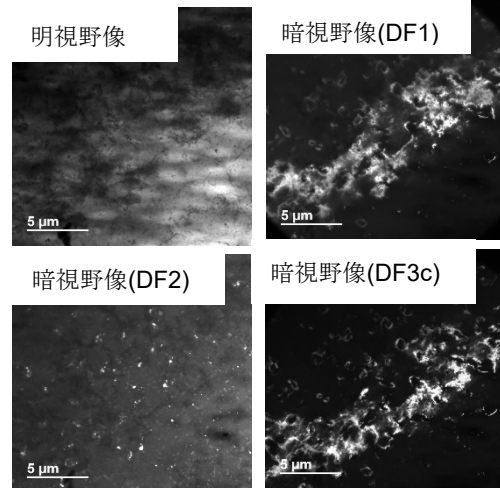


図4 Al-Li-Cu 合金の明視野像と暗視野像

1.2.2 GaN/AlN/Al₂O₃

TEM(日本電子製 JEM-ARM200F) により、製作した TEM 用試料に対し、回折コントラスト像の取得を行った。

まず、図5の明視野像の白い円部分に、制限視野絞りを入れ、 $[1\bar{1}00]$ 方向から観察したAl₂O₃と、 $[11\bar{2}0]$ 方向から観察したAlNとGaNの回折像(図6)を取得した。図6のスポットより $[0001]_{\text{GaN}}//[0001]_{\text{AlN}}//[0001]_{\text{Al}_2\text{O}_3}$ 、 $[1\bar{1}00]_{\text{GaN}}//[1\bar{1}00]_{\text{AlN}}//[11\bar{2}0]_{\text{Al}_2\text{O}_3}$ のため、AlNとGaNはAl₂O₃に対しエピタキシャル成長していることがわかった。

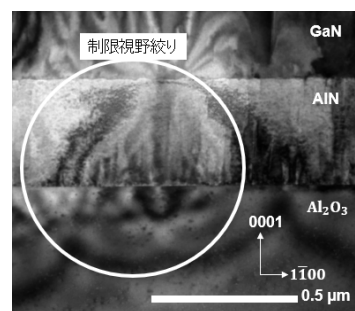


図5 制限視野絞りの位置

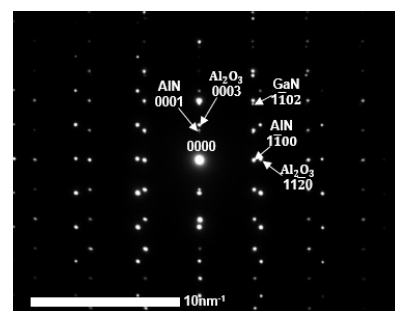


図6 GaN/AlN/Al₂O₃の回折像

次に、GaN $[11\bar{2}0]$ 晶帯軸入射から、 $\vec{g} = 1\bar{1}00$ の明視野像と暗視野像の観察を行った。この像から、界面と平行な方向に白と黒のコントラストが交互に存在する範囲を観察した。ここから、面欠陥の発生が考えられた。

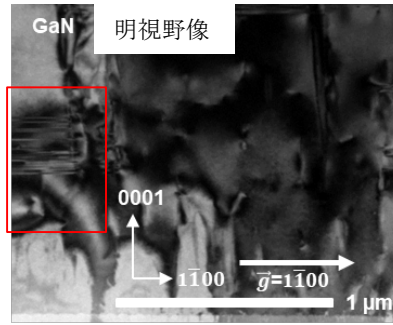


図7 GaN[11 $\bar{2}$ 0]晶帯軸入射から、 $\vec{g} = 1\bar{1}00$ の明視野像

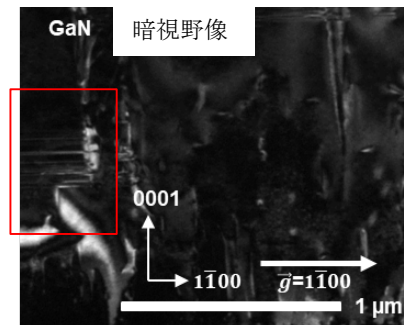


図8 GaN[11 $\bar{2}$ 0]晶帯軸入射から、 $\vec{g} = 1\bar{1}00$ の暗視野像

次に、GaN[11 $\bar{2}$ 0]晶帯軸入射から、 $\vec{g} = 0002$ の明視野像と暗視野像の観察を行った。この像から、GaN 膜中に明視野像では黒に、暗視野像では白にコントラストが観察された。ここから、結晶構造のずれが発生していると考えられる。

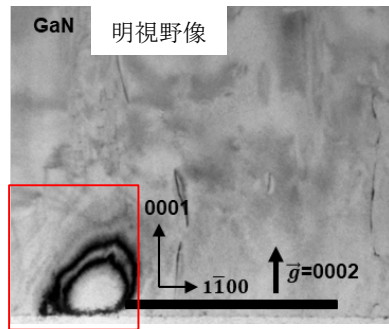


図9 GaN[11 $\bar{2}$ 0]晶帯軸入射から、 $\vec{g} = 0002$ の明視野像

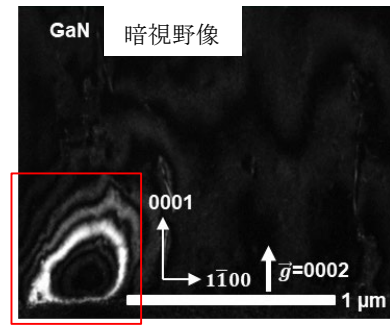


図10 GaN[11 $\bar{2}$ 0]晶帯軸入射から、 $\vec{g} = 0002$ の暗視野像

1.3 STEM-EDS

走査透過電子顕微鏡-エネルギー分散 X 線分光法(Scanning Transmission Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: STEM-EDS, 日本電子製 JEM-ARM200F) により、試料の元素分析を行った。結果から組成分析ができ、良好な界面であることがわかった。

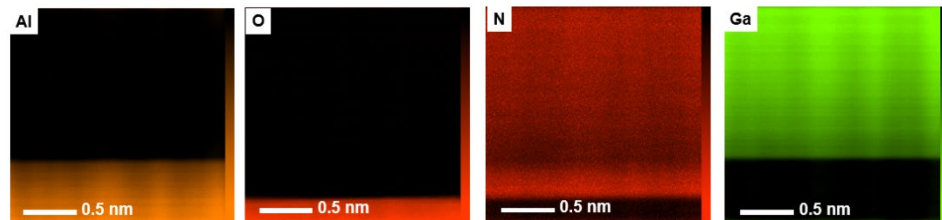


図11 GaN/AlN/Al₂O₃の STEM-EDS

2. 今後の目標

本研修プログラムを通して、TEM の原理を知り、TEM 用試料の作製と観察目標に応じて TEM による適切方法で像を取得する方法、また、TEM 観察に使用する薄片化した試料の製作方法を学んだ。今後は、自身の研究である、酸化物半導体である α -In₂O₃ の高品質化に向け、成長した試料に対し、TEM によ

る転位の分布の評価から低転位密度の $\alpha\text{-In}_2\text{O}_3$ 成長方法の探求に生かしたいと考えている。また、本研修プログラムで微細構造解析の重要性学び、本大学で感心を持つ学生を増やせるように努めたい。

3. 謝辞

本研修プログラムにおいて、東北大学 金属材料研究所の今野豊彦教授、嶋田雄介助教、兒玉裕美子学術研究員、竹中佳生助手、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業の関係者の皆様のご支援・ご協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 東北大学大学院理学研究科化学専攻 博士前期の課程2年(M2) |
| 研修テーマ | 3. FIB および TEM を用いた基礎的微小構造解析 |
| 研修先 | 東北大学 |
| 受入担当者 | 今野 豊彦、嶋田 雄介 |
| 研修期間 | 7/7 ~ 7/9 |
| 研修内容 | シリコン基板上にチタンを載せた試料をガリウムイオンを用いた集束イオンビーム装置(FIB)により加工し透過電子顕微鏡用のサンプルを作製した。 作製したサンプルを透過電子顕微鏡(TEM)にセットし、明視野像、暗視野像、回折像の観察の仕方を、実際に装置を操作しながら学んだ。 また、走査型透過電子顕微鏡(STEM)による金属試料の観察も行い、試料内の組成分布等の測定法と原理について学んだ。 |
| 研修の成果等 | FIB による試料の加工から TEM による測定について、原理から実際の操作にいたるまでを学んだ。 FIB については、ガリウムイオンによる試料の加工やカーボンデポジションによる試料のプローブへの接着などを行っていく中で、自分の研究分野である有機化合物ではイオンのエネルギーの調節はどのようにすればよいのかなどの質問を通して知見を深めた。 TEM の研修では、明視野像や暗視野像、回折像といった基本的な顕微鏡像の取り方を学んだ。また、試料の歪みや組成を読み取る方法についても研修を行った。STEM を用いた試料の観察では、走査型のより局所的な構造を見ることができるという特徴を利用して、試料内の元素の組成分布をマッピングするところを観察するなど、通常の TEM との差異について学んだ。 研修の結果発表会では、オンラインでの開催になり時間も短かったものの、同グループになった学生への質問を積極的に行った。 ただ、学生や研究者の方々との交流する時間はそれほど取られなかったため、物足りなさを感じた。 今回の研修で学んだ電子顕微鏡での測定の実態を実際に自分の研究にも活かすために、合成の段階から物性や形状を考えながら化合物を作製していきたい。 |

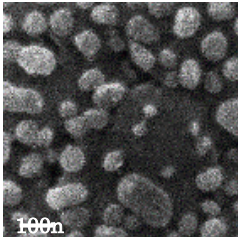
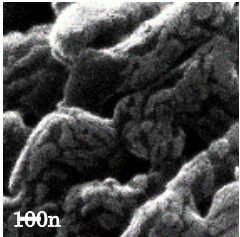
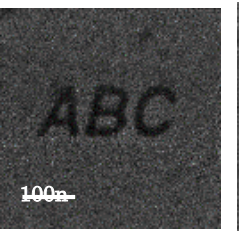
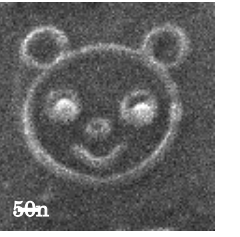
令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 東京大学 理学系研究科 修士1年 |
| 研修テーマ | FIBによる試料作製とTEMによる観察・分析の研修 |
| 研修先 | 物質・材料研究機構 NIMS / 微細構造解析 PF |
| 受入担当者 | 竹口 雅樹 先生 |
| 研修期間 | 2020/08/24~2020/08/27 |
| 研修内容 | <p>FIB/TEMの基礎や原理を学び、実習を行い、理解を深めた。</p> <p>1 日目：FIB・TEMに関する基礎原理 @ Zoom</p> <p>2 日目：安全講習・FIB実習</p> <p>3 日目：FIB/TEM実習（基本操作・HRTEM）</p> <p>4 日目：TEM実習（STEMと分析）</p> |
| 研修の成果等 | <p>サンプルはゲーム機のコントローラー基板のICチップをFIBでカットしてTEM試料を作り観察、EDSによる組成分析を行った。実習初日は遠隔でFIB、TEMの原理を学んだ。二日目以降は初日で学んだ内容をほとんど忘れつつも、丁寧に教えていただいて実際にFIBで観察領域を切り出し、TEMでの観察・分析を行った。TEMの観察では組成分析のみでは見えないような結晶・非結晶コントラストを得ることが出来、EDSとあわせることでより精細な分析・観察を行うことが出来た。これまでTEMの試料作製及び解析を学ぶ機会というのはあまりなく、原理だけ授業で学ぶことが多いためこれまでイメージが湧き辛かった。しかし今回の実習で改めてその難しさを知るとともに、幾分か、近寄りがたさのようなものはなくなったと思う。特に、TEMの試料を作製する際に用いたFIB加工装置では、これから実験のパーツづくりに大いに役に立つのではないだろうか強く感じた。一方でTEMの観察・分析ではこれまでブラックボックスのように感じていた部分が少し理解できた。今後、どの領域で何が見たいかをしっかりと考えつつ実験試料の分析を行っていきたい。自分の実験している試料でいつかこのようなことが出来れば、今まで見られなかったものが見えるという点で大きな意味合いを持つと思われる。現に、SEMで見られなかった組織がTEMによる微細組織観察であらわになった例もあり分解能の高い顕微鏡観察の必要性を痛感している。現時点で二つの装置を自分で扱うことはないが、少しでも、これらの実験装置で何が出来るかを知ることが出来たことは非常に有意義かつ楽しい体験だった。最後に、このような状況下にもかわらず受け入れて、現地で丁寧に指導して下さったNIMSの皆様にもこの場をお借りしてお礼申し上げたい。</p> |

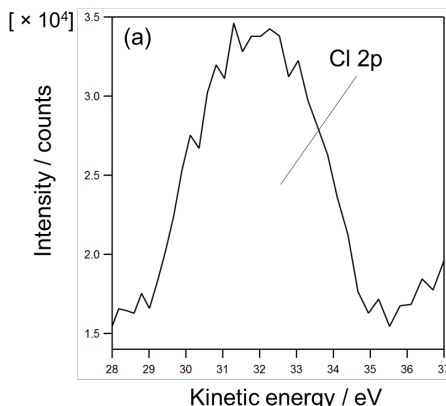
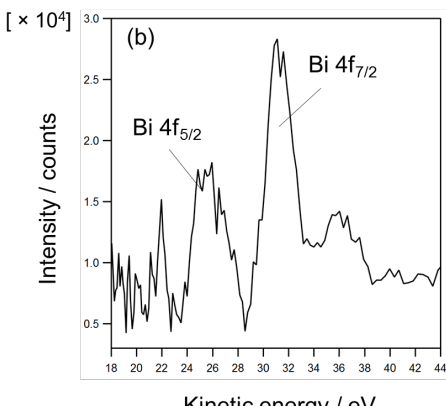
令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 岡山大学 工学部 電気通信系学科 4年 |
| 研修テーマ | 走査型トンネル顕微鏡による原子分解能観察 |
| 研修先 | 物質・材料研究機構 |
| 受入担当者 | 鷲坂 恵介様 |
| 研修期間 | 8/26～8/28 (3日間) |
| 研修内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・ STM・真空の講義, STM 探針の作製, 超高真空の創製 ・ 探針先端の原子分解能観察, Au(111)表面の STM 観察, シリコンの清浄表面の作製 ・ Si(111)-7x7 表面の STM 観察 |
| 研修の成果等 | <ul style="list-style-type: none"> ・ STM の測定原理を理解することができた. ・ STM 探針の作製,, 探針先端の原子分解能観察を行い, Au(111)表面の STM 観察をすることができた. ・ シリコンの清浄表面の作製し, Si(111)-7x7 表面の STM 観察をすることができた. ・ 第一線で活躍している研究者の方と実際にお話できたことで,新たな知見や,研究に対する取り組み方について教わるすることができた. |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 兵庫県立大学大学院・修士前期課程1年 |
| 研修テーマ | 走査型ヘリウムイオン顕微鏡(SHM)によるナノスケール表面観察およびナノ加工の基礎 |
| 研修先 | 物質・材料研究機構／微細構造解析 PF |
| 受入担当者 | 大西 佳子 |
| 研修期間 | 7月8日(水)～7月10日(金) |
| 研修内容 | 走査型ヘリウムイオン顕微鏡についての簡単な座学のあと、ヘリウムイオン顕微鏡の基本操作実習と応用実習(①ナノスケール表面観察,②ナノスケール微細加工)を行いました。①ナノスケール表面観察では、金やタングステン-アルミニウム合金の表面観察を行いました。②ナノスケール微細加工は、アルミ箔にヘリウムイオンを照射し、加工を行いました。また、化合物ガスを試料表面のイオンビーム照射領域近傍に吹き付けることにより、化合物ガス分解生成物を堆積し、デポジション加工も行いました。 |
| 研修の成果等 | <p>①ナノスケール表面観察：金の表面の二次電子像を画像1に示します。白い粒子が金の粒子となっています。試料内で散乱し広がったイオンからの二次電子がほとんど試料表面から放出されないために、このように高空間分解能の像を観察することができました。また、ビーム電流が0.4pAと低い電流値で観察しました。装置故障のため絶縁体試料の中和観察はできませんでしたが、チャージアップや試料へのダメージも少ないために、導電性コーティングを行わずに直接試料表面を観察できることを学びました。タングステン-アルミニウム合金の二次電子像を画像2に示します。黒い部分がアルミニウムを多く含む相を表しており、白い部分がタングステンを多く含む相を表しています。後方散乱イオン像では、凸凹を反映せず、さらに原子番号に依存した明瞭な物質コントラストを観察することができました。②ナノスケール微細加工：アルミ箔に図形の入力に応じてイオン照射することで、画像3のように100nmの大きさの微細加工をすることができました。さらに、金属の有機化合物ガスを試料表面のイオンビーム照射領域近傍に吹き付けることにより、化合物ガス分解生成物が堆積し、画像4のようなデポジション加工を行うことができました。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>画像1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>画像2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>画像3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>画像4</p> </div> </div> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 京都大学大学院 工学研究科 博士後期課程3年 |
| 研修テーマ | 最表面原子層の観測、仕事関数・バンド曲がりの評価、電子のエネルギー緩和時間の定性的評価を行う極端紫外光光電子分光 (EUPS) - 原理と測定実習 |
| 研修先 | 産業技術総合研究所/微細構造解析 PF |
| 受入担当者 | 松林 信行、富江 敏尚 |
| 研修期間 | 2020年8月3日~8月5日 |
| 研修内容 | 極端紫外光光電子分光 (EUPS) の装置構成、測定原理、測定操作、試料の前処理法、測定データの解析手法および分析事例の講義を受け、層状ペロブスカイト構造を有する無機半導体材料の最表面元素組成、表面状態および真空準位を評価した。複数の試料の測定を行い、測定データの解析結果についてディスカッションを行った。 |
| 研修の成果等 | <p>Figure 1 に、測定した光電子スペクトルの一例を示す。測定した試料は Cl および Bi を構成元素として含み、それらに帰属されるピークが明瞭に観測された。</p> <p>これらピークをガウス関数でフィッティングしてピーク面積を求め、単位励起断面積あたりのピーク強度を算出したところ、Cl/Bi 強度比は 0.2 程度となり、この化合物の組成式から予想される値と良く一致した。一方、Cl 以外の構成元素は組成式から予想される値よりも相対的に少なく、試料の最表面には Cl を含む層が露出している割合が高いことが示唆された。</p> <p>本研修では、研究対象材料の表面状態に関する有用なデータが得られたと共に、先端の測定技術を学ぶことができた。これらの成果は、今後の研究生活に大いに役立つものと期待される。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>Figure 1 Photoelectron spectra of (a) Cl 2p (delay potential: 20 V) and (b) Bi 4f (delay potential: 60 V). EUV photon energy, 255.17 eV; the work function of a photoelectron detector, 4 eV.</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 東京工業大学 物質理工学院 材料系 材料コース 修士1年 |
| 研修テーマ | 低速陽電子ビームによる欠陥・ナノ空隙評価法 |
| 研修先 | 産業技術総合研究所/微細構造解析 PF |
| 受入担当者 | 満汐 孝治 |
| 研修期間 | 8/26～27 |
| 研修内容 | 低速陽電子ビームに関する講義, および陽電子寿命測定法を用いた実習 |
| 研修の成果等 | <p>高分子鎖の慣性半径以下である膜厚 22 nm 程度の超薄膜と 100 nm 程度の厚膜という, 厚みの異なるポリスチレンフィルムの自由体積を測定した. また, 超薄膜については前駆体濃度を高分子鎖重なり濃度の前後で変え, 濃度による影響も測定した.</p> <p>結果, 超薄膜では自由体積が減少することが明らかとなり, 前駆体濃度による自由体積の変化も示唆された.</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 修士1年 |
| 研修テーマ | 超伝導検出器による軟X線分光測定の基本講習 超伝導X線検出器付き走査型電子顕微鏡での材料分析実習 |
| 研修先 | 産業技術総合研究所 |
| 受入担当者 | 藤井剛 |
| 研修期間 | 2020年8月11～14日 |
| 研修内容 | <p>今回の研修で使用した超伝導X線検出器を搭載した走査型電子顕微鏡 (SC-SEM) は、市販のSEM-EDXに搭載されているシリコンドリフト検出器 (SDD-SEM) に比べ、10倍程度高いエネルギー分解能を実現しており、軽元素を精密に測定出来ることが期待される。今回は、その分解能を生かして、鉄とその酸化物のスペクトルの違いをSC-SEMにより評価した。</p> <p>今回の研修では、SEM画像の撮り方等の基本操作およびEDXによる元素分析を行なった。特に、純鉄Fe粉末およびその酸化物 (赤錆 Fe_2O_3、黒錆 Fe_3O_4) 粉末の各々についてSEM-EDXによる元素分析を行った。</p> |
| 研修の成果等 | <p>純鉄Fe粉末とその酸化物のL線スペクトル (今回はL_αに対する$L_{\beta_{3,4}}$) の強度比が、それぞれの試料の酸化数によって異なっているという事実が得られた。これは波長分散型の結晶分光器を用いた分析の先行研究と一致しており、価数とスペクトルのシフトが深く関係していることが分かった。Feの他のL線 (L_1線) についても、さらに測定時間を長くすれば、ピーク強度が増大し、同様な違いが見られることが期待されたが、実習時間の関係で確かめることができなかった。元素分析について普段勉強することがないので、改めて基礎から学ぶことができ、良い経験となった。</p> <p>普段の研究では、自ら薄膜を成膜してデバイス作成をしているので、材料の元素分析は欠かせないスキルの一つである。今回は超伝導検出器で軽元素まで分析したが、普段使用している材料は比較的高エネルギーのX線を励起するものなので、市販のSEM-EDXの使用や、薄膜の断面における元素分布が知りたいので、TEMなどの使用が想定される。今回の研修で習得したSEM-EDXの基本操作はほとんど共通しているので、操作する際には今回学んだ成果が生かされることが期待できる。また、今回のような最先端の装置技術はやはり市販にはなく、独自にカスタマイズしており、そのノウハウと技術力に圧倒された。さらに、市販のものとは異なり手動の部分が多かったので、より内部の構造を考えながら操作することができ、SEM-EDXの深い理解につながった。COVID-19禍でなかなか研究室で実験を進めることができない中、非常に貴重な経験をすることができた。</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 東京理科大学 理学研究科 秋津研究室 修士2年 |
| 研修テーマ | 時間分解分光 |
| 研修先 | 産業総合研究所/微細構造解析 PF |
| 受入担当者 | 細貝拓也先生、北濱康孝先生、松崎弘幸先生 |
| 研修期間 | 8/3,8/14,9/4 |
| 研修内容 | <p>本来は3日間の研修予定だが、コロナウィルスの影響で遠隔で講義を行っていただくという内容に変更となった。その後実際に弊研究室で色素増感太陽電池の色素として用いている錯体とその錯体に銀ナノ粒子を加えた複合体をサンプルとして持ち込み測定を行った。TCSPC測定(時間相関単一格子)は実際に自分の手で測定を行わせていただいた。その他のストリークカメラ、過渡吸収分光測定に関しては受入先の北濱先生に行っていただき、解析もご教授いただいた。それによりそれぞれのサンプルの蛍光寿命や過渡的な中間状態の生成や減衰に関する知見を得ることができた。</p> |
| 研修の成果等 | <p>弊研究室では長年色素増感太陽電池(DSSC)の研究を行ってきた。近年ではDSSCに銀ナノ粒子を加えることでセルの光収集能が増大するという先行研究が報告されている。今回の研修の目的は弊研究室のオリジナル錯体に銀ナノ粒子を加えた際に、加える前と比べて過渡的な中間状態や緩和成分がどのように変化をするのかを3種の測定法を用いて調べるというものである。まずTCSPC測定によって得られたプロットを解析ソフトoriginを用いて、2成分の指数関数でカーブフィッティングを行うことで2成分の比率と蛍光寿命が得られた。銀を加えたものと加えてないものを比較すると、一部の錯体では銀ナノ粒子を加えることで2成分とも蛍光寿命が長くなるものがあるが、一方の錯体では銀ナノ粒子を加えると2つの緩和成分とも数百psスケールで蛍光寿命が短くなることが分かった。またストリークカメラを用いた、より短い時間スケール(5ns)での発光測定によってどの銀ナノ粒子複合体にも0~1nsの間にかなり緩和の早い成分があることが見て取れた。そして緩和の遅い方の成分の蛍光寿命の値が先ほどのTCSPCの緩和の早い成分の値と比較的近い値を取ることからストリークカメラで取った緩和の遅い成分とTCSPC測定で取った緩和の早い成分は同じ成分なのではないかと予想ができた。</p> <p>最後に過渡吸収測定によって、銀ナノ粒子を加えることで基底状態の減少によって見かけ上負の吸収が現れる現象であるブリーチングが緩和する傾向があることがスペクトル図から読み解くことができた。</p> <p>当初予定していたようなスケジュールではなかったが、自身のサンプルを持ち込んで測定が実施できたため様々な知見を得ることができた。</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 東京大学・M1 |
| 研修テーマ | 固体 NMR 計測・解析技術 |
| 研修先 | 産業技術総合研究所 |
| 受入担当者 | 服部峰之 先生, 林繁信 先生 |
| 研修期間 | 8/3~8/5 |
| 研修内容 | 講義においては NMR の基本的な理論および原理をはじめ、NMR が有する測定法としての特徴について解説を受けたのち、固体 NMR から原理的に得られる情報や固体 NMR の測定技術について理解する。実習においては、固体 NMR の測定上の注意を理解するとともに、 H_2O (液体) およびアダマンタン (固体) を試料に用いて固体 NMR の測定を実際に行い、 1H NMR のシグナル (H_2O 、アダマンタン) および ^{13}C NMR のシグナル (アダマンタン) を得る。 |
| 研修の成果等 | <p>講義では、NMR のシグナルは試料の形状や、双極子—双極子相互作用などの核スピんに働く種々の相互作用により影響を受けることを理解した。特に固体試料の NMR においては、試料中の分子の運動が制限されている。そのため、溶液状態においては時間平均としてキャンセルされていた種々の相互作用が残ることとなり、スペクトルの線幅が広がる。一方で、核スピんに働く種々の相互作用を人為的に消去することによって線幅を消去することが可能であり、図 1 に示すように、マジック角回転 (MAS) 法および双極子デカップリング (DD) 法などの適切な測定技術を活用することで、目的とするシグナルを高分解能で得られることを理解した。</p> <p>図 1. アダマンタンの固体 NMR 測定結果の比較 (a) 1H MAS NMR (b) ^{13}C MAS NMR</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 横浜国立大学大学院 博士課程前期1年 |
| 研修テーマ | No.14 初心者のための TEM 基本操作 |
| 研修先 | 東京大学 微細構造解析 PF |
| 受入担当者 | 押川浩之、木村鮎美 |
| 研修期間 | 8/17-20 |
| 研修内容 | <p>【研修スケジュール】</p> <p>1 日目：TEM に関する基本講座 持ち込み試料の観察 (TEM、STEM、EDS) (見学)</p> <p>2 日目：FIB での薄片試料作製</p> <p>3 日目：試料作製の続き (Ar イオンミリング) 研修中に作製した試料の観察 (TEM、STEM、EDS) (見学)</p> <p>4 日目：研修中に作製した試料の観察 (TEM) (自分で操作)</p> <p>【研修でを使用した装置】</p> <p>観察：JEM-2800、JEM-2100F</p> <p>試料作製：JIB-4600F、Model1010JT</p> |
| 研修の成果等 | <p>今回の研修では、MOCVD 法を用いて合成した YAG-α-Al₂O₃ 複合膜を観察した。図 1 に持ち込み試料の制限視野電子回折 (SAED) 法による観察結果を示す。SAED パターンにおいて、多結晶特有のデバイシェラー環が観察された。これは、FIB での試料作製時のダメージが大きかったことが原因だと考えられる。そこで、研修で新たに薄片試料を作製することとなり、FIB での加工後に Ar イオンミリングを行うことでダメージ層の除去を試みた。図 2 に、研修中に作製した試料の SAED パターンを示す。図 1 と比較すると、デバイシェラー環が消えたことが確認され、ダメージ層が除去されたことが分かった。図 3 には、図 2 と同じ試料の STEM 像と EDS による元素分析の結果を示す。EDS マッピングより、複合膜の母相が Al₂O₃、分散相が YAG であると考察された。</p> <p>当研修プログラムを通じて、FIB での試料作製や TEM 観察の基本を学ぶことができた。特に、試料作製の重要性を強く感じ、自分の試料にあった作製方法を探求していこうと思った。今後は、他の試料についても TEM 観察を行い、気相法による共晶セラミックス合成の知見を深めていきたい。</p> <p>研修に際して、基礎から丁寧にご指導いただき、親身に相談に乗ってくださった受入担当者の皆様に厚く御礼申し上げます。</p> |

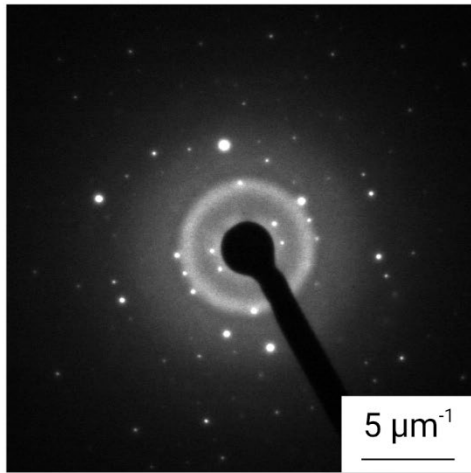


図1 持ち込み試料の制限視野電子回折像

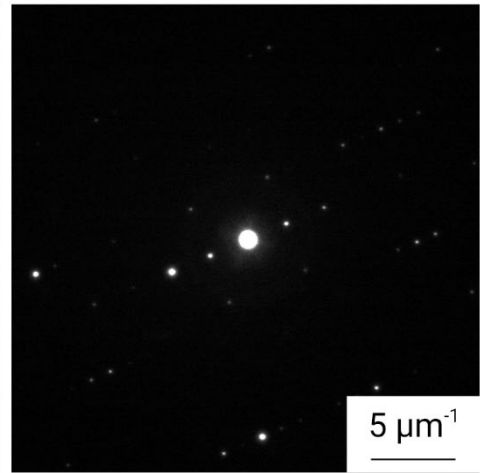


図2 研修で作製した試料の制限視野電子回折像

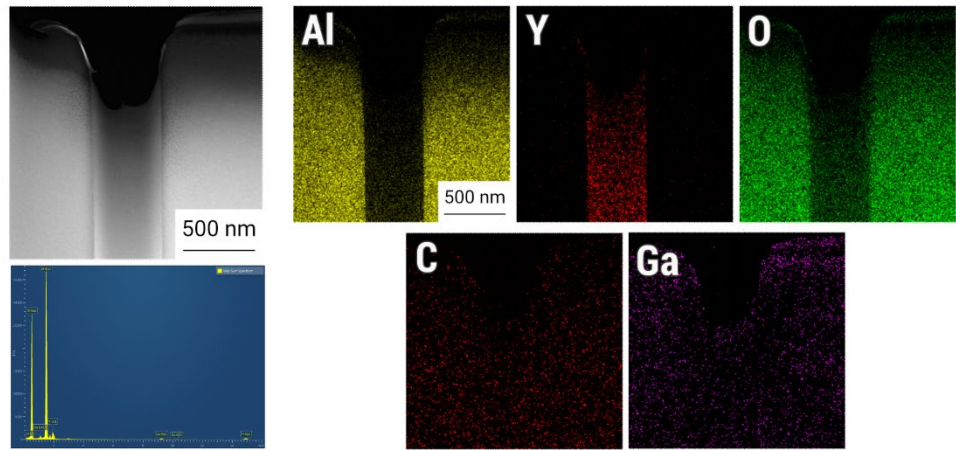

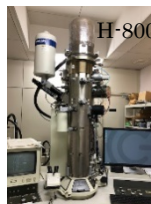
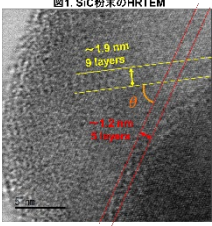
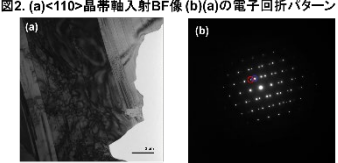
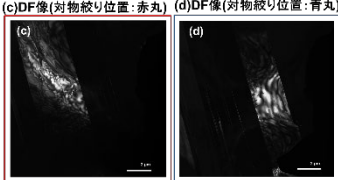
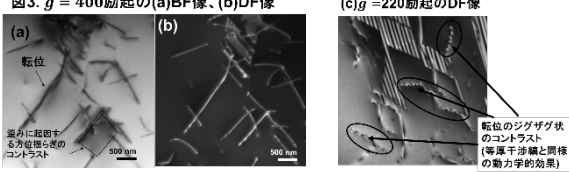


図3 研修で作製した試料のSTEM像とEDS測定結果

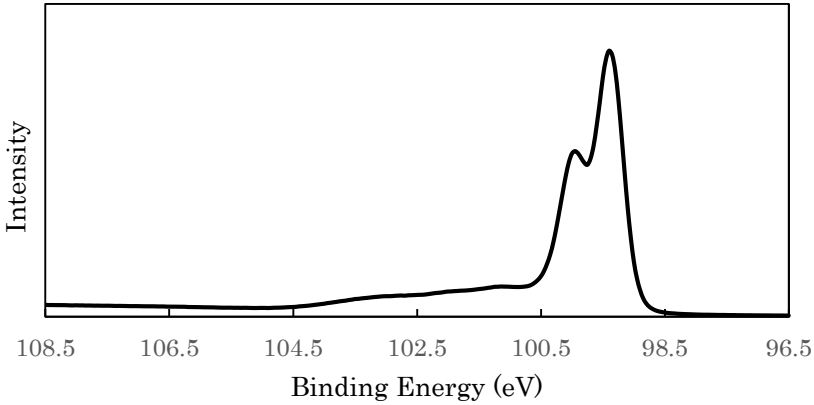
令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 信州大学院総合理工学研究科工学専攻水環境・土木工学分野・修士1年 |
| 研修テーマ | 透過電子顕微鏡による微細構造解析法 |
| 研修先 | 九州大学超顕微解析研究センター |
| 受入担当者 | 村松晶教授 |
| 研修期間 | 8/24～8/26 |
| 研修内容 | <p>本研修ではオンラインによる講習会の為、実際に装置を触ることはできなかった。その為、演習問題や解説を用いて微細構造解析法について詳しく学んだ。各3日間午前と午後に分け、発言を交わしながら進めていく。以下に3日間の研修内容を簡単に記載する。</p> <p>1日目：電子顕微鏡の取り扱い説明、顕微鏡の光学系 2日目：結晶方位、ミラー面解説と演習、電子顕微鏡の基礎と応用の講習 3日目：結晶構造因子解説と演習、Debye環 指数付け解説と演習</p> |
| 研修の成果等 | <p>1日目は顕微鏡の注意事項及び使い方について講習を受けた。九州大学の解析装置は私の居る大学に比べ優れた解析装置を有している為、興味深い内容であった。学外からの使用者も使用できることから、自分も研究活動等で利用したい。また、解析装置を利用するにあたり透過電子顕微鏡の原理の説明及び焦点距離、倍率の選定等を学んだ。ピントのぼやけ具合により、どのように調整すればよいのかを知ることができたので私の用いている解析装置で応用したいと思う。</p> <p>2日目はまず初めに結晶方位とミラー面の解説、演習を行った。透過電子顕微鏡を取り扱うにあたり、物質の特性を理解する必要がある。その為、原子がどのように配列しているのか、電子が原子に入射するとどんな錯乱が生じるのかを学んだ。解説の後に実際に問題を解いて行ったので、異分野から学びに来た自分でも、とても分かりやすい内容であったので印象に残っている。次に実際に透過電子顕微鏡を使うにあたり、電子回折の基礎と撮影方法の動画を視聴した。電子顕微鏡の奥は深く、自分には難しい内容だった為、今後の復習と使用が必要であると痛感した。これから電子顕微鏡を用いる際の予備知識として頭に入れておきたい。</p> <p>3日目はまず、結晶構造因子の消滅則や指数付け、カメラ定数の決定を行った。黄金の公式といわれる $dR=L\lambda$ を用いて回答できる問題が多く、印象に残っている。本当に使用した際に指数付けやカメラ定数を求めることがある。自動で計算してくれるシステムもあるそうだが、今回の研修では実際に計算を解いて求めた。初めは自分の知識不足もあり、計算に手間取ってしまったが丁寧な御指導の下、理解することができた。今後使用する機会があれば憶えておきたい。</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| 所属・学年 | 工学院大学大学院 工学研究科 電気・電子工学専攻 修士2年 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--|-------------|--|----|--|------|--|-----------|--|------|-------------|-------------|--|------|------------|------------|--|
| 研修テーマ | 透過電子顕微鏡法による材料微細構造解析 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 研修先 | 大阪大学 超高压電子顕微鏡センター | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 受入担当者 | 保田 英洋 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 研修期間 | 8/4~8/6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 研修内容 | <p>研修は以下のスケジュールで2回の講義と3回の実習を実施した。講義ではTEMの像取得のための基礎である電子の回折現象、また、コントラストがつく要因について重点的に学んだ。実習では日立ハイテクノロジーズ社製のHF-2000とH-800を使用し、明視野(BF)像や暗視野(DF)像、電子回折(ED)パターン、HRTEMの取得方法を学んだ。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <table border="1" style="margin-right: 10px;"> <caption>研修スケジュール</caption> <thead> <tr> <th colspan="2">午前</th> <th colspan="2">午後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8月4日</td> <td></td> <td>講義(TEM概要)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8月5日</td> <td>講習(像コントラスト)</td> <td>実習(基本操作&観察)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8月6日</td> <td>実習(微細構造観察)</td> <td>実習(高分解能観察)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; gap: 10px;">   </div> </div> | 午前 | | 午後 | | 8月4日 | | 講義(TEM概要) | | 8月5日 | 講習(像コントラスト) | 実習(基本操作&観察) | | 8月6日 | 実習(微細構造観察) | 実習(高分解能観察) | |
| 午前 | | 午後 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8月4日 | | 講義(TEM概要) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8月5日 | 講習(像コントラスト) | 実習(基本操作&観察) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8月6日 | 実習(微細構造観察) | 実習(高分解能観察) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 研修の成果等 | <p>HF-2000のTEMではSiC試料を用いてHRTEMを取得し、結晶構造同定の解析方法を学ぶことが出来た。HRTEMでは2つの格子像を観察し、それらの面間隔は約0.21と0.24nmであり、立方晶のSiCにおける(200)と(111)面の面間隔が近いことから、試料は3C-SiCであると同定した。ただ観察した二つの面のなす角度は58度で(200)と(111)面のなす角度とは少しずれがあり、これは観察面に対して平行か平行に近い状態の積層欠陥が入り、格子像に影響を与えていると考えられる。</p> <p>H-800のTEMではBF像、DF像、EDパターンにより多結晶Si試料に内在している双晶と転位の観察を行った。図2(a),(b)はそれぞれ多結晶Si内の一部の領域におけるBF像とそのEDパターンである。(b)からこの領域は双晶を成していることが見て取れ、対物しぼりにより回折点を選択することで双晶の各領域のコントラストがDF像((c),(d))で取得できた。図3(a),(b)は多結晶Siにおける転位の観察結果である。図3(a),(b)からそれぞれで黒色、白色のコントラストとして転位が観察されることを確認した。また、図3(c)から斜めに走っている転位はジグザグ状のコントラストとして観察できることを学んだ。</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; gap: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>図1. SiC粉末のHRTEM</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図2. (a)<110>晶帯軸入射BF像 (b)(a)の電子回折パターン</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(c)DF像(対物絞り位置:赤丸) (d)DF像(対物絞り位置:青丸)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図3. $\bar{g} = 400$励起の(a)BF像、(b)DF像 (c)$\bar{g} = 220$励起のDF像</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 東京理科大学 基礎工学部 材料工学科 |
| 研修テーマ | 固体表面の X 線光電子分光分析の実習 |
| 研修先 | 日本原子力研究開発機構 |
| 受入担当者 | 吉越 章隆 |
| 研修期間 | 2020年7月24日～7月26日 |
| 研修内容 | 兵庫県にある大型放射光施設 SPring-8 を訪れ、固体表面の X 線光電子分光 (XPS) 分析を行った。放射光を用いた XPS により、分子線を照射した Si 表面が酸化していく際の化学状態の変化をリアルタイムで観察した。また分子線のエネルギー Et を変化させそれによる酸化の様子の変化を観察した。 |
| 研修の成果等 | <p>Et=0.06eV で測定した Si 2p の酸化終了時のスペクトル(Fig.1)と Et=2.15eV で測定した同じ Si 2p の酸化終了時のスペクトルを比較すると、Fig.2の方が高エネルギー側のピーク面積が大きいことがわかる。これにより分子線が酸化を促進していることが明らかになった。</p>  <p>Fig.1 Et=0.06eV での Si 2p スペクトル</p> |

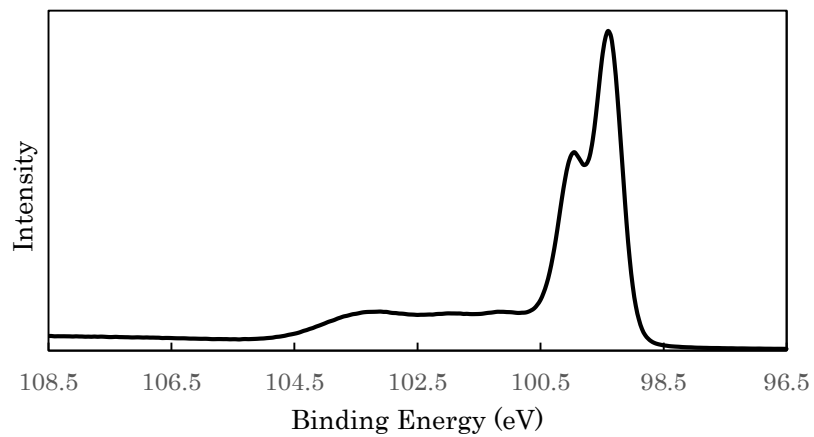

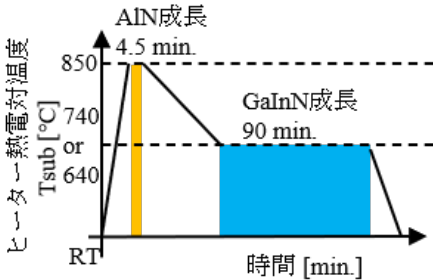
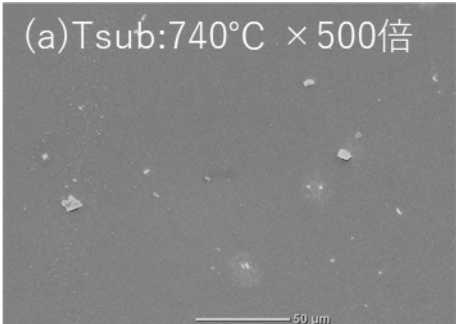
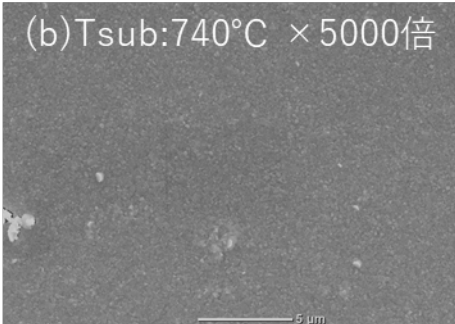


Fig.2 $E_t=2.15\text{eV}$ での Si 2p スペクトル

この他にも入射する放射光の強度や角度を変化させ、それによって Si 表面の化学状態がどのように変化するかを測定した。それぞれでピークの帰属を行い、ピーク面積の違いやケミカルシフトなどから化学状態の経時変化を観察した。

今回の実習は SPring-8 のビームライン BL23SU で行った。世界最大級の放射光施設で実験に立ち会わせていただくことは非常に有意義な体験であった。特に今年度は新型コロナウイルスの影響により大学での実験が思うように進まず装置に触ることすら出来ていないという状況だったので、この実習は大変貴重であった。また今回の実習の内容が私自身のテーマと似通った内容であるためより学びが深めることができた。このような学びの機会を提供して頂いたナノテクノロジープラットフォーム様に感謝申し上げたい。

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 工学院大学大学院 工学研究科 電気・電子工学専攻 修士1年 |
| 研修テーマ | 分子線エピタキシー法による窒化物半導体の結晶成長と特性評価 |
| 研修先 | 量子科学技術研究開発機構 |
| 受入担当者 | 佐々木 拓生 |
| 研修期間 | 8/17~8/21 |
| 研修内容 | <p>多層グラフェン / Si 基板上への GaInN / AlN バッファー層の成長を行った。多層グラフェン上 GaInN の成長に関する研究は、組成の高い GaInN 薄膜にとって有用な GaInN 自立基板の製作に向けて行われている。GaInN および AlN バッファー層の成長には、MBE-XRD 装置を使用した。GaInN の成長温度（基板ヒーターの熱電対温度）を 740℃ と 640℃ にした 2 サンプルを製作した。成長したサンプルの評価は、SEM 測定による表面観察と PL 測定による光学的特性評価を行った。</p> |
| 研修の成果等 | <p>成長したサンプルの構造を図 1 に、成長シーケンスを図 2 に示す。今回は、AlN バッファー層および GaInN の成長を行った。GaInN 成長時の基板温度（ヒーター熱電対温度）を変更した 2 サンプル（T_{sub}: 740℃ / 640℃）を製作した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 1: サンプル構造</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 2: 成長シーケンス</p> </div> </div> <p>図 3 に成長したサンプルの表面 SEM 像を示す。また、図 4 に PL 測定結果を示す。650 nm など長波長で見られる点は装置によると考えられ、T_{sub}740℃ のサンプルの約 480 nm におけるピークの落ちも装置により起こったものである。PL の発光ピークは、それぞれ、524 nm と 517 nm となった。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) T_{sub}:740℃ × 500倍</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) T_{sub}:740℃ × 5000倍</p> </div> </div> |

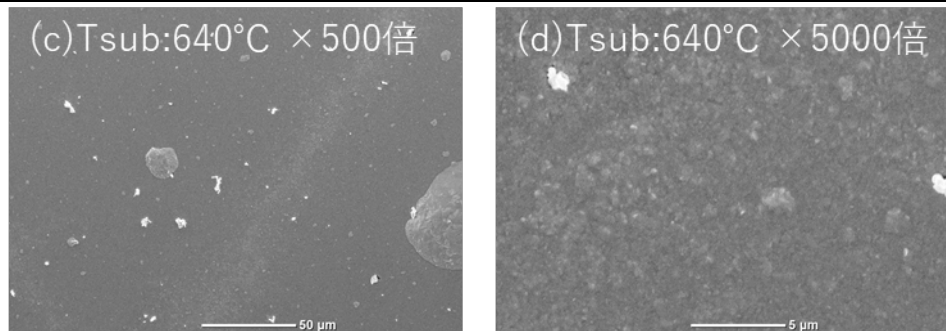


図 3: 成長した GaInN 表面 SEM 像 (加速電圧 15 kV)

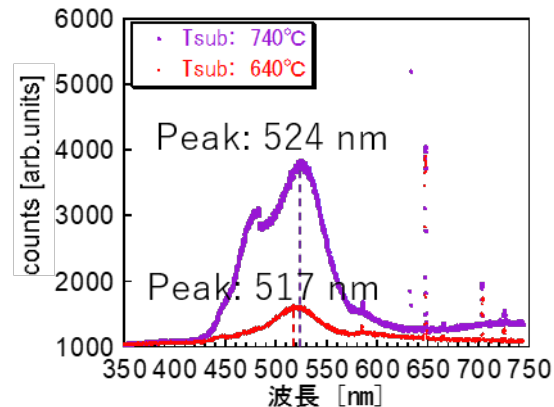


図 4: PL 測定結果

今回の研修で、GaInN 自立基板の開発に向けた多層グラフェン上 GaInN 成長の研究に触れることができた。また、事前相談の上、自分の研究内容である GaN / Sapphire 基板上 GaInN / Si アンチサーファクタント層の実験も行った。外部の方と実験することで、新たな知見を獲得することができ、貴重な機会となった。

今年度の成果発表会はオンライン開催であったため少人数となってしまったが、他分野の学生の研修内容や研究内容を聞き、交流することができた。さらに、他の研究者の良い発表の仕方を学ぶことができた。

今後については、自分の研究テーマである、高品質 GaInN 結晶を成長し、太陽電池に応用したいと考えている。また、今回行わなかった、その場観察についても MBE-XRD 装置で実施し、その結晶成長メカニズムを探りたい。使用したことのない測定装置も使用し、さまざまな解析方法を身に付け、知識を広げたい。

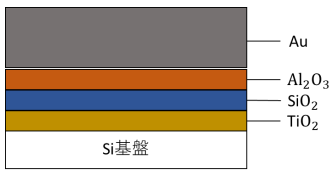
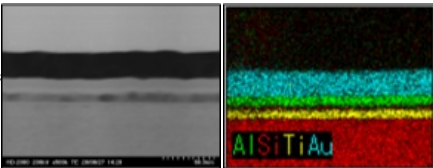
令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻・博士課程2年 |
| 研修テーマ | 高温高压法による新規物質合成 |
| 研修先 | 量子科学技術研究開発機構 |
| 受入担当者 | 齋藤 寛之 先生 |
| 研修期間 | 2020年8月3日～2020年8月7日 |
| 研修内容 | <p>本研修では、Fe-Ti 酸化物への鉛の非適合性を評価するために、FeO-TiO₂系と Fe₂O₃-TiO₂系の混合物をそれぞれ出発物質として、2種類の Fe-Ti 酸化物（イルメナイト (FeTiO₃), シュードブルッカイト(Fe₂TiO₅)) を合成することを目的とした。出発物質は、鉄酸化物・チタン酸化物をモル比 1:1 で混合したものに、鉛酸化物 (PbO (II)) を異なる濃度 (500, 2,000, 10,000 ppm) 添加して用意した。高温高压発生には、キュービック型マルチアンビルプレスを用いた。印加圧力, 温度, 保持時間はそれぞれ 1～2 GPa, 1,200℃, 15 min～2 h とし, 高温高压合成を行った。得られた反応生成物は, サンプルカプセル (窒化ボロン, プラチナ (Pt)) から取り外した後, 微小部 XRD, SEM-EDS による相同定と LA-ICPMS による鉛の定量分析を実施した。</p> |
| 研修の成果等 | <p>本研修では、圧力、温度、保持時間、カプセルの種類を変えて 10 のサンプルを合成した。</p> <p>○ FeO-TiO₂系</p> <p>印加圧力、温度、保持時間について、それぞれ 2 GPa, 1,200 °C, 15 min でイルメナイトの合成に成功した。上述の実験条件で、鉛濃度の異なる 3 つのサンプルの高温高压合成を実施した。これらのサンプルの樹脂埋め・面出し、SEM 撮像、LA-ICPMS による鉛濃度測定を実施し、イルメナイトへの鉛の分配係数について評価を行った。</p> <p>Pb は当初の想定通り、Fe-Ti 酸化物の結晶相には取り込まれず、金属相やアモルファス相へ濃集した。さらに LA-ICPMS による定量分析の結果、結晶相における鉛濃度は 122~1666 ppm で分配係数 0.161-0.243 と低い値を示し、岩石形成領域における鉛の非適合性に関する実験的な結果を得た。</p> <p>○ Fe₂O₃-TiO₂系</p> <p>本系列については、滞在中に ① 2 GPa, 1,200 °C, 15 min (窒化ボロンカプセル) ならびに、② 2 GPa, 1,200 °C, 15 min ~ 3 h (Pt カプセル) の実験条件で高温高压合成を実施した。しかし、①についてはサンプルカプセル外への酸素の逃散 (散逸)、②についてはイルメナイトのピーク (高压安定相の可能性を示唆) が確認され、いずれもシュードブルッカイトの単相生成には至っていない。</p> <p>イルメナイトの高温高压合成および Pb の非適合性に関する実験的な研究成果は、これまで報告されていないため、本成果を国内学会において発表する予定である。</p> |


令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 千葉工業大学 4年 |
| 研修テーマ | 透過電子顕微鏡による微細構造解析法 |
| 研修先 | 九州大学 |
| 受入担当者 | 松村晶 教授 |
| 研修期間 | 8月24日～8月26日（3日間） |
| 研修内容 | <p>オンラインでの研修であった。</p> <p>1日目 電子顕微鏡について 電子顕微鏡の光学系について</p> <p>2日目 電子回折の基礎 演習(結晶について)</p> <p>3日目 演習(結晶構造因子, 指数付け)</p> |
| 研修の成果等 | <p>SEMの基礎知識は持っていたが、TEMについては理解が少なかった。そこで、電子顕微鏡について、光学顕微鏡、SEM、TEMの違いについて講義して頂いたことで、TEMの顕微法における役割を知った。光学系について演習を通して、特にSEMではない拡大系での結像のイメージを持つことが出来た。また、TEMにおける検出系で画素サイズの考慮が必要であること、カメラの取り扱いに多くの注意が必要であることを知った。</p> <p>研修の時間以外でも、超顕微解析研究センターの玉岡先生にはメールにて多くのご指導を頂きました。その中で、研究に対する姿勢や研究と勉強の兼ね合いなど多くの考えを聞かせて頂いたとともに、今まで気にしていなかったことへの考えるきっかけを得ることが出来ました。</p> <p>最後にこの度は、研修の受け入れと実施をしてくださいました松村晶教授と超顕微解析研究センターの皆様、学生研修プログラムで支援してくださいました皆様に深く感謝申し上げます。</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| 所属・学年 | 信州大学 総合理工学研究科 水環境・土木分野 修士1年 | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|---------|--------|----|----|--------------------------------|----|------------------|----|------------------|----|
| 研修テーマ | 原子層堆積装置等による薄膜作製と FIB・STEM による構造解析 | | | | | | | | | | |
| 研修先 | 北海道大学 電子科学研究所 創成科学研究棟内 ナノテクノロジー連携推進室控室 | | | | | | | | | | |
| 受入担当者 | 松尾 保孝様、森 有子様、平井 直美様 | | | | | | | | | | |
| 研修期間 | 8/25-8/28 | | | | | | | | | | |
| 研修内容 | <p>研修目的：薄膜とその電子顕微鏡観察の実習を通してナノテクノロジーへの理解を深める。</p> <p>1日目：午前 講義 午後 Clean Room 内で ALD 装置による薄膜作製</p> <p>2日目：午前 CR 内でスパッタ装置による薄膜作製 午後 FIB による薄膜加工</p> <p>3日目：午前 FIB 加工 午後 STEM 観察・EDS 分析</p> <p>4日目：午前 STEM 観察・EDS 分析</p> | | | | | | | | | | |
| 研修の成果等 | <p>の図1、表1に示す。また、分析結果を図2に示す。</p> <p>初日の講義を通して、ナノテクノロジーの意義や分析機械の原理を学んだ。その後、CR内でALD装置を用いてチタニア、シリカ、アルミナの膜をそれぞれ10nmになるように塗布した。続いて、スパッタ装置を用いて金を30nmになるようにスパッタした(図1、表1)。そして、この薄膜を用いてSTEM観察を行った。STEMで観察するには、試料を薄く加工しなければならない。そのため、FIBを用いた。FIBでは、精密な操作が求められるため、慎重な作業必要であった。FIBを雑に行うとSTEMでよい結果がでない。FIB加工後は、STEM観察を行った。STEMには暗視野や明視野といった、モードを切り替えて観察できるため、とても興味深かった。EDS分析も含めたSTEM観察の結果、しっかりと薄膜ができていることが確認できた(図2)。最後に、本研修を通して、ナノテクノロジーの意義に触れることができ、最新の分析機械についても知ることができたので、とても興味深く新鮮な体験となった。</p> <p>表1 薄膜厚さ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Product</th> <th>厚み(nm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Au</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Al₂O₃</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>SiO₂</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>TiO₂</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>   <p>図1 作製した薄膜</p> <p>図2 STEM観察・EDX分析</p> | Product | 厚み(nm) | Au | 30 | Al ₂ O ₃ | 10 | SiO ₂ | 10 | TiO ₂ | 10 |
| Product | 厚み(nm) | | | | | | | | | | |
| Au | 30 | | | | | | | | | | |
| Al ₂ O ₃ | 10 | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 10 | | | | | | | | | | |
| TiO ₂ | 10 | | | | | | | | | | |

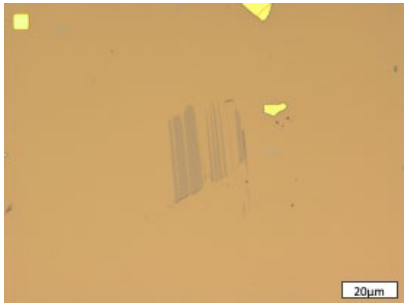
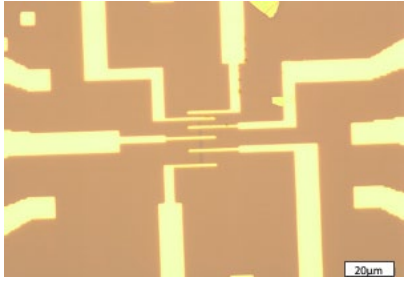
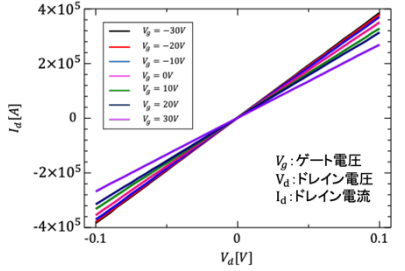
令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 香川大学大学院 工学研究科 知能機械システム工学専攻 修士課程1年 |
| 研修テーマ | 電子ビームリソグラフィを用いた金属/半導体微細構造の作製 |
| 研修先 | 北海道大学 創成研究機構 創成科学研究棟 |
| 受入担当者 | 小田島聡、松尾保孝 |
| 研修期間 | 2020年8月5日～8月7日 |
| 研修内容 | <p>1. 描画パターンの作製 リモートでの事前学習として、描画パターンのレイアウト作製を行った。</p> <p>2. 金属ナノ構造作製 Si基板に電子線リソグラフィを用いてパターンを描画した後に、スパッタリング・電子線蒸着による金属薄膜形成、ドライエッチングを用いた金属/半導体微細構造の作製を行った。</p> <p>3. 作製した試料の評価 レーザー顕微鏡、走査型電子顕微鏡を用いての観察実習を行った。</p> |
| 研修の成果等 | <p>私は自身の研究で取り組んでいる測温抵抗体の測定精度が目標値に及ばなかったため、金属/半導体微細構造における設計、製作、試料評価方法等の一連を他の研究機関で学ぶためにナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラムに参加した。</p> <p>本研修では、微細加工プロセスにより、nmスケールの北海道大学の校章、Line&Space、円柱の正方格子のパターンを作製した(Fig.1 a, b)。微細加工プロセスでは、最先端の電子線描画装置を用いた電子線描画はもとより、金属蒸着やリフトオフ工程等の普段の研究では使用していない技術に触れることができ、微細加工技術についての知見を深めることができた。また、製作した金属/半導体微細構造を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察することで、試料評価(構造解析)の基本的技術を習得した(Fig.1 c)。今後は、自身のセンサデバイスでも、リフトオフ工程や金属蒸着工程を導入し、目標の測定精度を有する測温抵抗体の製作を目指す。また、成果発表会でも多くのテーマの研修内容を確認することで、多くの知見を得ることができた。</p>  <p>Fig1. (a)リフトオフ (b) ドライエッチングによる金属/半導体微細構造の SEM 画像 (c) SEM 画像による寸法評価結果</p> |

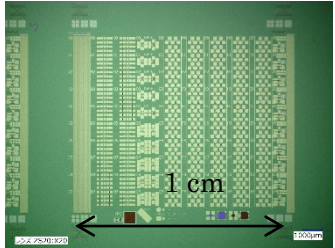
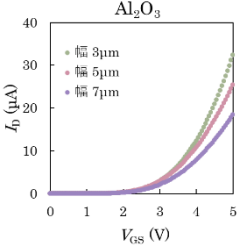
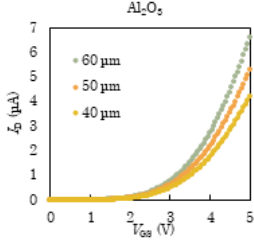
令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 大島商船高等専門学校 情報工学科 4年 |
| 研修テーマ | MEMS フォースセンサと小型 IoT モジュールの作製 |
| 研修先 | 東北大学 西澤センター |
| 受入担当者 | 戸津 健太郎 |
| 研修期間 | 8/3 ~ 8/7 |
| 研修内容 | MEMS フォースセンサの作製を通して MEMS デバイスの作製工程を理解する。そして小型 IoT モジュールとして基盤にセンサを実装し、スマートフォンで操作できる形まで作り上げる。 |
| 研修の成果等 | <p>今回の研修によって MEMS デバイスの大まかな作製の流れを掴むことができた。フォトレジストの塗布、露光によりマスク処理を行い、その上から材料を塗布したり、エッチングで表面を削ったりして加工を行う。それからレジストを除去するという工程を何回も繰り返して行うことでいろいろなパターン且つ特性のデバイスを表面に実装できることを改めて実感した。エッチングや材料の添加、レジスト除去には化学的・材料力学的な知見が必須であり、薬液の割合や加工する時間を正しく制定し、記録しておかないと想定した特性のデバイスを作製することが出来ない。表面加工についての実習を行ったことがなく、知識も少ない私は初めてそれを生で実感することができた。</p> <p>。</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | | |
|--------|---|--|
| 所属・学年 | 徳島大学大学院 M2 | |
| 研修テーマ | グラフェンマイクロデバイスの作製 | |
| 研修先 | 物質・材料研究機構/微細加工 PF | |
| 受入担当者 | 渡辺 英一郎、津谷 大樹 | |
| 研修期間 | 8/4(火)～8/7(金) | |
| 研修内容 | <p>機械的剥離法による単層・多層グラフェンを用いた素子作成を行い、リソグラフィプロセスや成膜プロセス、エッチングプロセスなど微細加工技術の基礎・装置操作などを習得した。</p> <p>【使用した装置】高速マスクレス露光装置、多目的ドライエッチング装置、12連電子銃型蒸着装置、室温プローバー装置</p> | |
| 研修の成果等 | <p>スコッチテープを用いた機械的剥離法によるグラフェンの劈開と転写(図1)、リソグラフィプロセスや成膜プロセス、エッチングプロセスなど微細加工技術によるデバイス作製(図2)、グラフェンの$I_d - V_d$特性の測定(図3)のスキルを習得することができた。作製したデバイスは図3に示すように、印加するゲート電圧依存性を確認することができた。</p> <p>特に、研修に参加した理由でもある機械的剥離法によるグラフェンの転写技術の取得、光学顕微鏡でのグラフェンを観察した経験は、私自身が直接活かす場面はないかもしれないが、私が所属する研究室に対してグラフェンに関する技術として還元できるのではないかと思う。</p> <p>また、使用している薬品や実験器具、実験環境など普段とは違う環境で研究活動できたことで、大学で研究・実験する上での作業について見直すいい機会となった。</p> |  <p>図1. 転写したグラフェン</p>  <p>図2. 作製したデバイス</p>  <p>図3. $I_d - V_d$特性</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 東京理科大学基礎工学部材料工学科 学部4年 |
| 研修テーマ | 酸化物トランジスタ作製・評価 |
| 研修先 | 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 |
| 受入担当者 | 多田哲也 様 |
| 研修期間 | 2020年8月17日(月)～2020年8月21日(金) |
| 研修内容 | <p>CADにより設計を行ったのち、真空蒸着装置、原子層堆積装置などにより製膜を、マスクレスリソグラフィーによりパターン形成を行い、酸化物トランジスタを作製した。また、作製後にはトランジスタ単体での特性評価と、連結させたリングオシレータとしての発振周波数の評価を行った。各日の内容を以下に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1日目 CAD設計, ゲート電極のパターン形成 2日目 ゲート電極成膜, 絶縁膜・活性層の成膜 3日目 活性層パターン形成, ソース・ドレイン電極のパターン形成 4日目 ソース・ドレイン電極成膜, 断面SEM観察, トランジスタ評価 5日目 リングオシレータ評価, 成果発表 |
| 研修の成果等 | <p>作製したパターンの全体図を右に示す。 設計通りにパターンを形成できたことが顕微鏡画像, 断面SEMから確認できた。 トランジスタ単体の特性評価としては, 楯の歯状のソース・ドレイン電極の電極幅が広くなり, またゲート電極の幅が狭くなるほどにドレイン電流の立ち上がりが鈍化することが確認された。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図1. 作製したパターン全体図</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Al₂O₃</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Al₂O₂</p> </div> </div> <p>図2. 単体トランジスタの特性評価</p> <p>左: ソース・ドレイン電極幅を変化 右: ゲート電極幅を変化</p> <p>今回, 絶縁膜として HfO₂ と Al₂O₃ を用いたトランジスタを作製したが, リングオシレータとしての発振周波数は HfO₂ を絶縁膜として用いるほうが高い周波数を得られることが確認された。</p> |

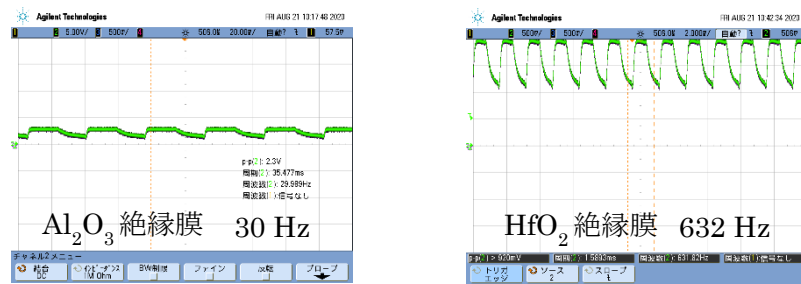



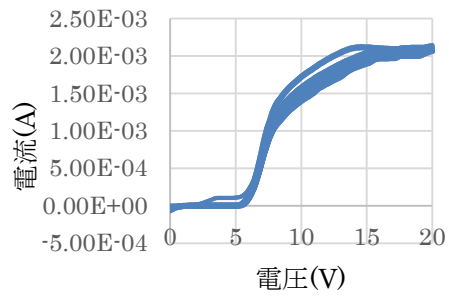
図 3. リングオシレータの発振波形

左 : Al_2O_3 絶縁膜 右 : HfO_2 絶縁膜

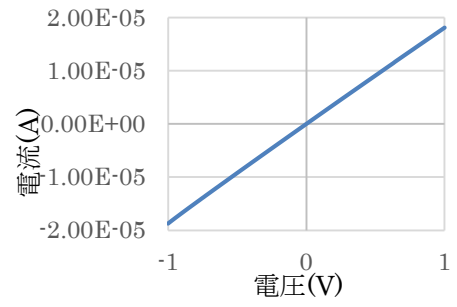
CAD によるデバイス設計に加え、実際にデバイスを作製する、評価するという経験も今回の研修が初めてであり、クリーンルームでの試料の扱いという基本的な技術から、トランジスタの作製手順、評価まで多くのことを学ぶことができた。今後、新規二次元材料を探索し、その物性を評価したいと考えたときに活かせる研修となったと感じる。

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 北見工業大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 M1 |
| 研修テーマ | 窒化物半導体トランジスタの作製と評価 |
| 研修先 | 筑波大学微細加工 PF |
| 受入担当者 | 末益崇教授 奥村宏典助教 |
| 研修期間 | 2020年8月5日～2020年8月7日 |
| 研修内容 | <p>1日目 GaNを用いた高電子移動度トランジスタ(HEMT)に関する基礎原理 フォトリソグラフィ、電子線蒸着、ドライエッチングによりメサ型試料の作製</p> <p>2日目 フォトリソグラフィ、電子線蒸着によりソース、ドレイン電極の作製 フォトリソグラフィ、電子線蒸着によりゲート電極の作製 半導体パラメータアナライザにより電気的特性評価(I-V, C-V, TLM)</p> <p>3日目 作製試料の考察</p> |
| 研修の成果等 | <p>パワー半導体や HEMT のバンドギャップについてなどの原理の説明から、試料の作製プロセスのリソグラフィ、電子線蒸着装置、ドライエッチングまで一連の講義していただき、基本的な HEMT の構造および特性、それぞれの装置の特徴について初歩的ではあるが理解することができた。</p> <p>【微細加工】 アライメントのずれなく微細加工を施すことができた。所属大学では金属蒸着にボートを用いているが、研修では電子線蒸着装置を用いたことで装置の特徴とその違いを理解することができた。</p>  <p style="text-align: center;">HEMT 観察像</p> <p>【電気的特性評価】 作製した試料の I-V特性を半導体パラメータアナライザを用いて測定すると、ゲート電圧を変化させてもドレイン電流を制御することができず、理想的な HEMT の電気的特性が得られなかった。原因を特定するため、ゲート電極、エッチング過程による漏れ電流の遮断不良、材料の観点から考察した。電気的特性評価をするうえで、試料作製工程に誤りがないか、作製試料の形状や物理的な特性などを理解し、多角的な面から総合的に判断する必要性を学べた。</p> |



Id-Vd 特性



TLM 測定

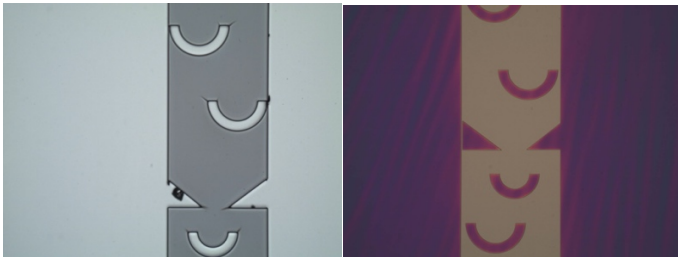
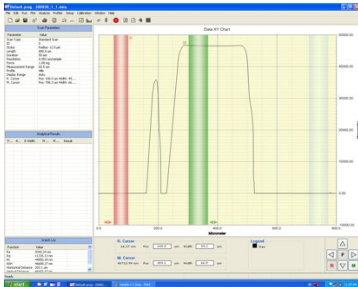

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 総合研究大学院大学 物理科学研究科 構造分子科学専攻 博士後期課程一年 |
| 研修テーマ | No.30 巨大磁気抵抗効果を利用した磁気センサの試作 |
| 研修先 | 名古屋大学 |
| 受入担当者 | 加藤剛志 |
| 研修期間 | 2020年8月4日～7日 |
| 研修内容 | <p>8/31：スピントロニクス、磁気抵抗、スパッタリング成膜、研修内容に関する講義およびスパッタリング成膜の準備</p> <p>9/1：スパッタリング成膜および巨大磁気抵抗効果の観測、CADによる磁気センサ構造のデザイン</p> <p>9/2：磁気センサの作製（マスクレス露光&ECRエッチング）</p> <p>9/3：磁気センサの特性評価、AFMによる素子表面粗さ測定</p> |
| 研修の成果等 | <p>1 微細加工技術</p> <p>(1) スパッタリング成膜 シリコン基板上に Co（コバルト）と Cu の多層膜を成膜した。成膜に際し、面内磁気異方性の方向の制御方法や、バッファー層となる Ta（タンタル）の役割について学んだ。</p> <p>(2) マスクレス露光 CAD でデザインした素子構造を描画した。描画に際し、研修者が普段使っている露光装置との仕様の違いを知った。</p> <p>(3) ECR エッチング イオンエッチングにより所望の素子構造に加工した。加工に際し、レジスト剤のイオンエッチングによる変質、真空チャンバー内の試料搬送機構について学んだ。</p> <p>2 磁気抵抗測定 磁場印加機構が導入されたプローブシステムを利用して、スパッタリングで作製した多層膜の磁気抵抗を測定した。その結果、6%の磁気抵抗変化を観測した。さらに、Cu の膜厚を 0.2 nm だけ薄くすることで、磁気抵抗比が 12%まで向上することがわかった。成膜における膜圧制御技術の重要性を学んだ。</p> <p>3 磁気センサの評価 微細加工によって作製した磁気センサの磁気抵抗を測定した。その結果、素子の形状に依存した磁場応答が観測された。特性評価を通して、形状磁気異方性とセンサ特性の関係を学んだ。</p> |

4 その他、全般

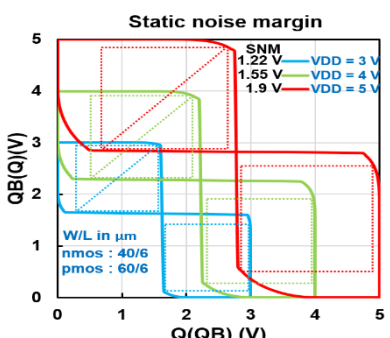
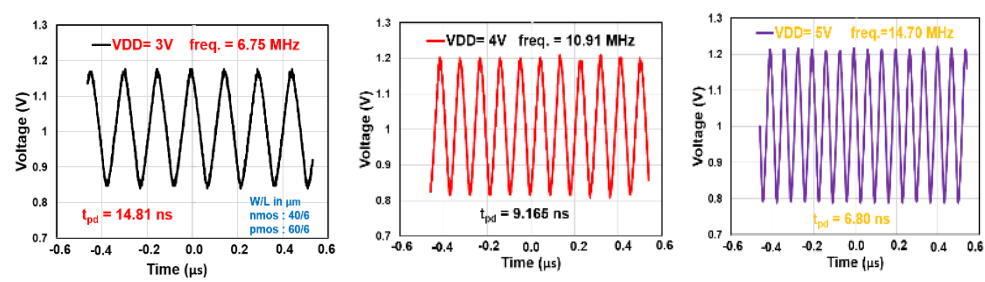
講義や実験を通して、スパッタリング成膜の基礎理論及びRFスパッタリングの仕組みなどを学ぶことができた。今回はオンラインでの研修ではあったが、警戒レベルが下がった際には、現地で装置を利用する予定である。

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 徳島大学理工学部・4年生 |
| 研修テーマ | MEMS 技術を用いたマイクロ流路の作製 |
| 研修先 | 京都大学ナノテクノロジーハブ拠点 |
| 受入担当者 | 松嶋朝明、大村英治、高橋英樹 |
| 研修期間 | 2020/8/19~2020/8/21 |
| 研修内容 | <p>研修は3日間行われ、マイクロ流路の作成のため、フォトマスクの作成、鋳型の作成から PDMS 樹脂の成形、マイクロスコープでの観察までの一連の流れを学んだ。</p> <p>1日目：流路のデザイン作成、フォトマスクの作成</p> <p>2日目：鋳型の作成・PDMS 樹脂の調合・成形</p> <p>3日目：PDMS 樹脂と基板の圧着、マイクロ流路デバイス組立と、マイクロスコープによるマイクロ流路内での2流体の観察・評価</p> |
| 研修の成果等 | <p>マイクロ流路作成に必要な材料、機器、作成工程を含む MEMS 技術の基礎を体験、習得することができた。自分で作成したマイクロ流路を流れる2液体の振る舞いを観察でき、マイクロ流路の基本の感覚をつかむことができ今後のデバイスデザインに対する考えがより明確になった。今回のマイクロ流路の理論的でフレキシブルな考え方に触れ、マイクロ流路にはいろいろな応用・展開があることを実感した。今後は得られたことを生かして私の研究において最適な大きさ、深さを持つ流路を作成していきたい。</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">  </div> <p style="text-align: center;">図1.マイクロ流路のデザイン</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 図2.流路の膜厚測定 図3 2流体の観察 </div> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 静岡大学・博士課程3年 |
| 研修テーマ | CMOS トランジスタ・IC 作製実習 |
| 研修先 | 広島大学 |
| 受入担当者 | 黒木先生、山田先生 |
| 研修期間 | 2020/07/27~2020/08/01 |
| 研修内容 | CMOS トランジスタをベースとした IC の試作実習を通じて、プロセス基礎技術とトランジスタ回路の基本技術を学ぶ。プロセス基礎技術はフォトリソグラフィ、エッチング、イオン注入など。トランジスタの設計を行い、測定も研修後にサンプルを送ってもらい自分達でも行った。 全てオンラインだった。 |
| 研修の成果等 | <p>約1週間かけてオンラインで研修が行われた。また、研修が始まる前からトランジスタの設計をメールで対応してもらいつつ行った。最初の1,2日はトランジスタの設計をリアルタイムで相談しつつ行えたので、自分が初めに設計していたトランジスタよりもより工夫された設計をすることができた。残りは実際にクリーンルームで作業しているのを中継してもらいながら、講義を受けた。最後に作ったトランジスタ IC の測定を行ってもらった。設計したトランジスタは基本的な INVERTER, NAND 回路だったが、チャンネル長を変えることによる出力の変化の観測を目的とした。実際に測定した結果、チャンネル長を変えることによる出力の変化を見ることができた。また、クリーンルームでのフォトリソグラフィ、洗浄、スパッタリングなどの工程を中継してもらうことによって、他の研究機関の方がどのようなプロセスを行っているか知ることができた。自分が普段行っているプロセスの相談も受けてもらえたので、大変有意義だった。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>トランジスタ(設計段階)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>トランジスタ(プロセス後)</p> </div> </div> |

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 静岡大学 自然科学系教育部 ナノビジョン工学専攻 博士課程2年 |
| 研修テーマ | CMOS トランジスタ・IC 作製実習 |
| 研修先 | 広島大学/微細加工 PF |
| 受入担当者 | 黒木 伸一郎先生・山田 真司 先生 |
| 研修期間 | 令和2年7月27日(月)～令和2年8月1日(土) |
| 研修内容 | <p>The CMOS Training Program at Hiroshima University is the perfect platform for me to learn hands on training experience and deepen my knowledge to use in real-world situations under expert professional guidance. The training was carried out in a class 10 super clean room. The overall experience was worth sharing and it boost my research career. The whole training program was very curious to learn as it was in practical.</p> |
| 研修の成果等 | <p>CMOS circuit is an electronic circuit using p-channel and n-channel MOS (metal-oxide-semiconductor) FET (field-effect transistors) as logic circuits or logic gates. I designed CMOS inverter, nmos and pmos transistors, ring oscillators (3, 5 and 7 stage) and SRAM circuits by using the layout editor software. After fabricating them in the super clean room of Hiroshima University the electrical properties of the devices are measured. The transition from high to low of V_{OUT} is symmetric for CMOS inverter. The static noise margin (SNM) of the SRAM circuit is shown in Fig. 1, which is calculated by varying the supply voltage (3, 4 and 5 V). Ring oscillator consists of odd number of inverters connected in a ring shape. By varying the supply voltage the frequency and time delay is calculated for 5 - stage ring oscillator, which is shown in Fig. 2. All the devices which shows expected characteristics.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  <div style="width: 45%;"> <p>Static noise margin</p> <p>SNM 1.22 V — VDD = 3 V 1.55 V — VDD = 4 V 1.9 V — VDD = 5 V</p> <p>W/L in μm nmos : 40/6 pmos : 60/6</p> </div> </div> <p>Fig. 1. SNM of SRAM design</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 30%;"> <p>VDD= 3V freq. = 6.75 MHz</p> <p>$t_{pd} = 14.81 \text{ ns}$</p> <p>W/L in μm nmos : 40/6 pmos : 60/6</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>VDD= 4V freq. = 10.91 MHz</p> <p>$t_{pd} = 9.165 \text{ ns}$</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>VDD= 5V freq. = 14.70 MHz</p> <p>$t_{pd} = 6.80 \text{ ns}$</p> </div> </div> <p>Fig. 2. Different stages of ring oscillator</p> |

Report of Nanotechnology Platform Student Training Program for Reiwa2
 令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

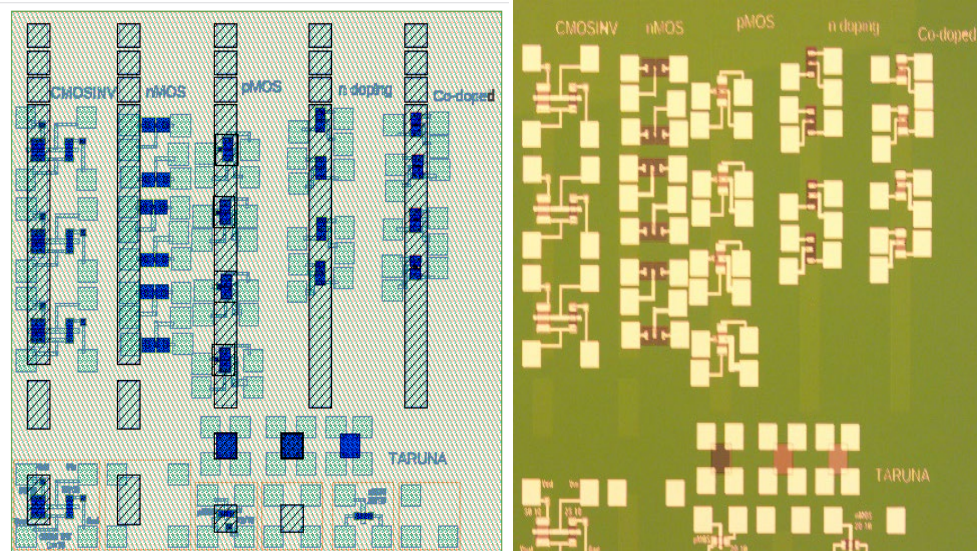
| | |
|--|--|
| Affiliation ・ Grade 所属・学年 | Graduate school of science and technology, Research institute of Electronics D2 |
| Research topic 研修テーマ | A Study on Single electron tunneling functionalities in highly doped Silicon on Insulator Junctionless transistors |
| Training destination 研修先 | Hiroshima University |
| Name of acceptance person 受入担当者 | 黒木 伸一郎先生・山田 真司 先生 |
| Training period 研修期間 | From July 27 to August 1 |
| Contents of Training 研修内容 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Designing the circuits 2. Fabrication of designed devices on bulk Silicon 3. Measuring Electrical characteristics |

研修の成果等
Training
achievement

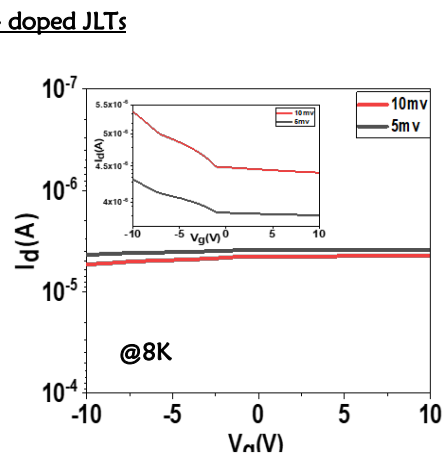
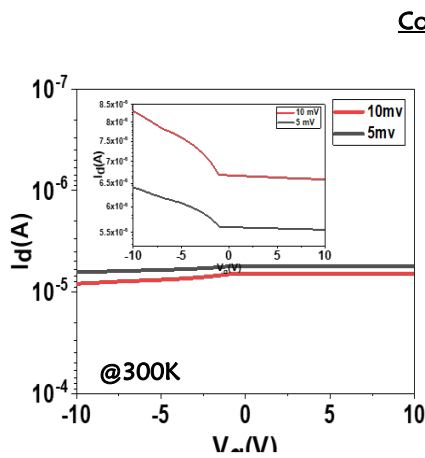
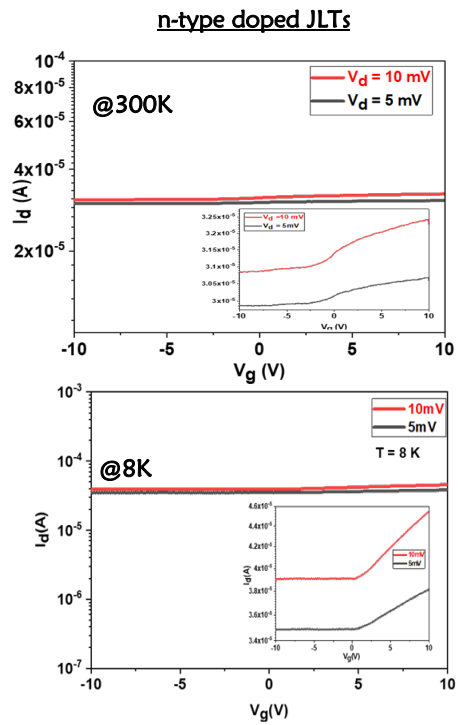
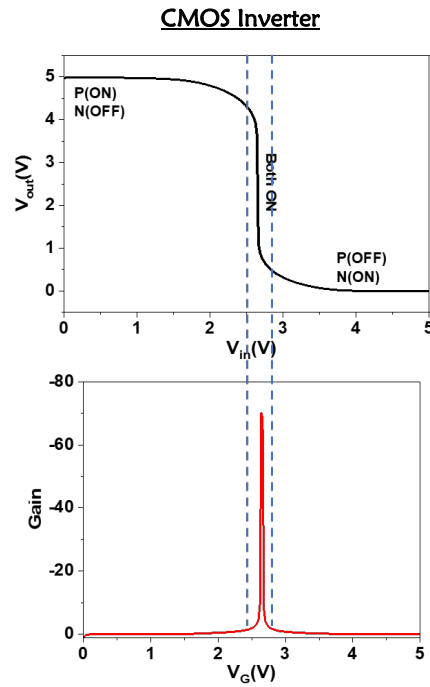
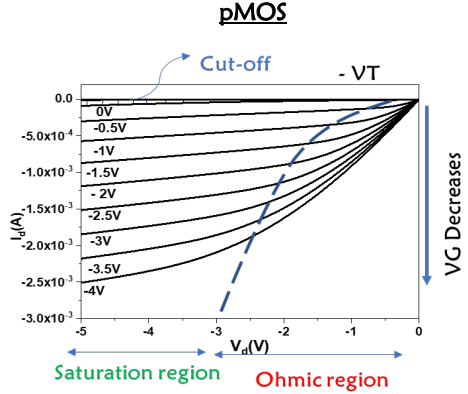
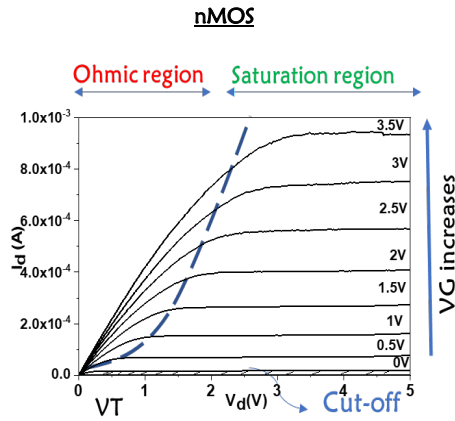
As a doctoral student in the Department of Optoelectronics and Nanostructure Science, my research focuses on fabrication and characterization of highly doped nanoscale SOIFETs - JLTs aiming at identifying functionalities based on single electron tunneling. Our laboratory also focusses on CMOS compatible nano-structure Si devices. The fabrication of such devices is carried out in the Clean Room. Therefore, CMOS Fabrication by Electron Beam Lithography is closely connected to my research work. During this online training program, I could able to understand how to design the devices, basic fabrication steps and related measurements to take. This training was greatly improved my understanding of fabrication procedures and will impact my research career immensely, under the guidance of well experienced professors.

Designed and fabricated devices in training program

1. CMOS Inverter
2. nMOS
3. pMOS
4. ntype doped JLTs
5. Codoped JLTs



Electrical Characteristics of Fabricated Devices



令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|---|
| 所属・学年 | 横浜国立大学大学院 理工学府 博士課程後期2年 |
| 研修テーマ | 真空技術に関する基礎講義と実習 |
| 研修先 | 山口大学 |
| 受入担当者 | 栗巣 普揮, 浅田 裕法 |
| 研修期間 | 2020年9月7-8日 |
| 研修内容 | 以下の7項目に関する講義を受講した。 <ol style="list-style-type: none"> 1. 気体の性質 2. 気体の流れ 3. 気体と固体表面 4. 真空排気過程とガス放出 5. 真空ポンプ 6. 真空計測 7. 真空システム |
| 研修の成果等 | <p>真空技術に関する講義を受けることで、研究で用いている真空環境の基本知識を学ぶことができた。10^5 Pa から 10^{-9} Pa にわたる圧力範囲にわたって、それぞれの圧力領域に必要とされる真空技術、およびその背景にある理論を学習した。研究では 10^{-1} Pa から 10^{-5} Pa の高真空を利用している。これらの圧力範囲における真空機器について改めて学び直すとともに、普段の使用場面ではあまり意識しない作動原理や注意点を学ぶことができた。また、研究では扱うことのない 10^{-5} Pa 以下の超高真空・極高真空についても学んだ。現在は宇宙空間作動を想定した推進機の研究開発に取り組んでいるため、より低い圧力での実験が望ましい。現在実験を行っている高真空よりもさらに低い圧力の真空技術を学べたことで、将来の実験に役立てることができそうだと感じている。</p> <p>真空環境が変わる現象として、粘性流・分子流といった流れ場、固体表面の吸着・溶存・透過といったガス放出を学んだ。これまで経験的に知っていた真空環境について、現象を論理的に理解することができたと感じている。真空技術を理解するための理論とは別に、実際の設計・実験で役立つ経験式も教わることができた。粘性流から分子流の広範囲に適用できる Knudsen のコンダクタンス近似式は、普段の実験でも役立てることができそうである。実際に用いる真空機器として、真空ポンプ・真空計についての動作原理や使用時の注意点などを学んだ。</p> <p>講義後の質疑では、研究で用いている真空機器の相談もすることができた。いただいた助言に基づいて実験環境を改善するとともに、研究室内でも情報共有することで、他の学生にも知識を還元したい。</p> |

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 岡山大学 工学部 4年 |
| 研修テーマ | 透過電子顕微鏡による微細構造解析法 |
| 研修先 | 九州大学 超顕微解析研究センター |
| 受入担当者 | 松村 晶 教授 |
| 研修期間 | 2020年8月24日～8月26日(3日間) |
| 研修内容 | <p>透過電子顕微鏡(TEM)の基礎</p> <ul style="list-style-type: none"> ・明視野, 暗視野, 制限視野回折 ・焦点深度, 球面収差 <p>電子回折の基礎</p> <ul style="list-style-type: none"> ・結晶方位, ミラー面 ・結晶構造因子 ・Debye 環, 指数付け |
| 研修の成果等 | <p>今回の研修では演習問題を通して, 透過電子顕微鏡(TEM)の基礎と電子回折の基礎について簡単に学習した.</p> <p>TEM に関しては電子銃や収差補正等の構成や, 各種レンズや絞り等の各部品役割を理解した. 例えば, 中間レンズの焦点距離を変化させることで電子回折図形を映すことができることや, 対物絞りを扱うことで結像に用いる電子波の種類を選択し明視野像と暗視野像を見ることができると理解した.</p> <p>電子回折に関しては, 立方晶・六方晶での格子面や結晶方位の表し方(3 指数と 4 指数)や, デバイ環の半径から面の指数とカメラ定数を計算できること, また回折図形から入射方位と指数を計算できることを確認し, Si の電子回折図形を実際に作図することで電子回折の基礎を理解した.</p> <p>今回の研修では諸事情により実際に TEM を操作して試料の測定をすることはできなかったが, 光線図や電子回折図形を描くことで, TEM の測定原理や電子回折について知ることができた. 特に TEM は自分の研究でも頻繁に使用する測定機器であるので, 学んだ事を今後の研究に生かしていきたいと思う.</p> |

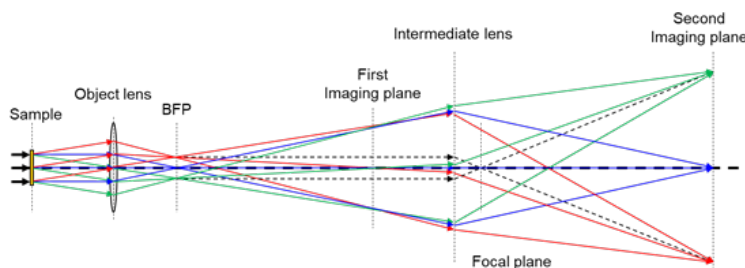


Fig.1 作図した光線図

令和2年度ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム参加報告書

| | |
|--------|--|
| 所属・学年 | 岡山大学歯学部 4年 |
| 研修テーマ | 動物細胞の電子顕微鏡観察実習 |
| 研修先 | 物質・材料研究機構/微細構造解析 PF、分子・物質合成 PF |
| 受入担当者 | 鴻田一絵、服部晋也、箕輪貴司 |
| 研修期間 | 2020年8月24日から8月28日 |
| 研修内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・ A549 を用いた透過型電子顕微鏡用の生物試料の作製と観察 ・ A549 を用いた細胞培養や免疫染色 ・ 走査型電子顕微鏡を用いた A549、マウスの肝臓、脾臓、腫瘍、蝶の複眼の観察 ・ 共焦点レーザー顕微鏡、蛍光顕微鏡を用いた核と F-actin の観察 |
| 研修の成果等 | <p>・ A549 を用いた透過型電子顕微鏡(TEM)用の生物試料作製と観察では、細胞培養から参加させていただき、TEM 用試料ブロックの作製を行い、ウルトラミクロトームを用いて切片を作製し、回収、染色し、TEM を用いて観察を行った。</p> <p>TEM では、A549 の細胞の全体像、ミトコンドリアや層板小体、核小体などの細胞内小器官を観察できた。</p> <p>・ 走査型電子顕微鏡(SEM)では、A549 の細胞像、マウスの肝臓の肝小葉、中心静脈、肝三つ組や脾臓の赤脾髄、白脾髄、腫瘍、蝶の複眼などを観察できた。</p> <p>・ 共焦点レーザー顕微鏡では、核や F-actin の二次元、三次元画像を観察し、加えて任意部分の断面も明瞭に観察できた。</p> <p>・ 蛍光顕微鏡では、核や F-actin の二次元画像を観察できた。共焦点レーザー顕微鏡での像よりはやや解像度は低かった。</p> <p>・ 全体として、様々な電子顕微鏡や光学顕微鏡の特性と実際に見える像を多く観察させていただき、どのような研究には何が向いているのかを学ぶことが出来た。また、細胞培養やそれに付随する操作の注意点や方法を丁寧に教えていただき、これからの研究に直接生かせる知識を得た。</p> |