高専研究室紹介

半導体物性・電子デバイス研究室における「半導体分野」で活躍する人材育成を目指して

旭川工業高等専門学校
電気情報工学科　准教授　平（たいら）　智幸（ともゆき）
電気情報工学科　教授　篁（たかむら）　耕司（こうじ）

1. はじめに

旭川高専は北海道の中心に位置し、51校ある国立高専の中で最北に位置します。冬は－20℃、夏は35℃を超える日もあり、四季の移り変わりを楽しめる土地柄でもあります。

20年前に篁が旭川高専に赴任した当初は、半導体素子を作製、測定する装置はほとんどありませんでした。そのため必要な装置は、実習工場にて学生と一緒に作製していました。今ではおかげさまで成膜装置、測定装置など充実した環境で研究を行っています。我々の研究室を卒業した学生は100人近くになりました。

また、半導体業界についての魅力を知ってもらうために、研究室での卒業研究指導に加え、高専初学年から半導体に触れる授業、小中学生へのSTEAM教育など人材育成も積極的に行っています。

本報告では、我々の研究室の紹介とともに人材育成の取り組みについて紹介いたします。

2. 研究室の紹介

我々の研究室の主な装置を紹介します。

・パルスレーザー堆積（PLD）装置（**図1**）：主に酸化物半導体成膜用。設置条件やコスト面において大きな利点がある固体レーザーであるNd:YAGレーザーを導入

・3元スパッタ装置：上記PLD装置と連結し真空を破らず試料の搬送が可能

・物理特性測定装置（**図2**）：2Kから400Kまで温度変化可能、9Tまで磁場印可可能。抵抗、試料振動型磁力計による磁化、比熱、ゼーベック係数、熱伝導率が測定可能。ヘリウム再凝縮デュワーを備えヘリウムガスを液化し貯蔵可能のためヘリウム供給不足に対して低リスクかつ低コスト

・半導体パラメータアナライザ：ソースメジャーユニット（SMU）によりIV、CVが測定可能。300ns程度のパルス幅で高速IVが測定可能

・広帯域オシロスコープ:帯域幅1GHz、サンプリングレート5Gサンプル/s。帯域1GHzで11ビットの垂直分解能。

・ソーラーシミュレーター：25mm×25mm 1Sun出力可能

これまで、Nd:YAGレーザーPLD法を用いた酸化物半導体薄膜の作製を主に行ってきました。我々は、Nd:YAGレーザーの第4次高調波を用いたPLD法でホモエピタキシャル成長した$SrTiO_3$薄膜について研究しています。入射レーザー強度に依存し、格子のひずみが発生しますが、最適化することによって、c軸方向の拡大量0.01Å程度の良質な膜の作製に成功しました（**図3**）。

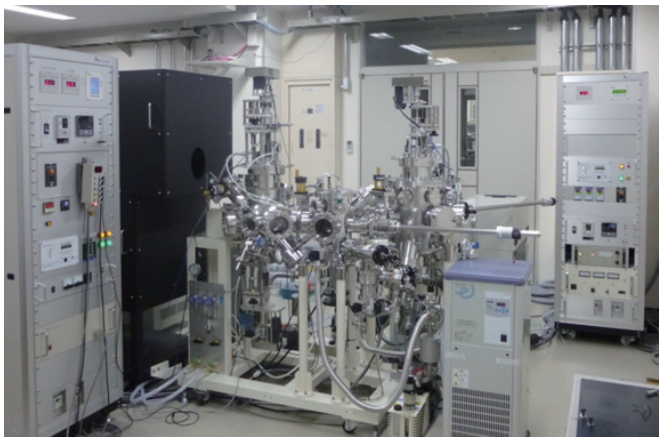

図1　PLD・スパッタ装置

図2　物理特性測定装置

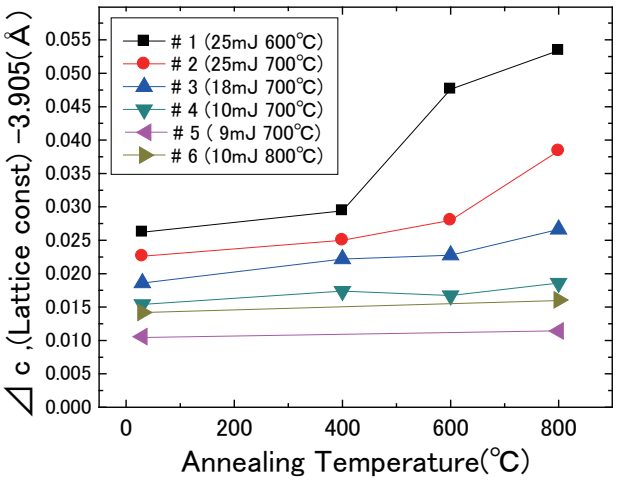

図３　Nd:YAG レーザー PLD 法で作製した $SrTiO_3$膜の c 軸格子定数のアニール温度依存性 [1]

また、酸化チタン系色素増感太陽電池の光物性や新たなチャレンジとして現在はスパッタ酸化物薄膜の電子デバイス応用に向けた研究を進めています。そのほかにも、システム開発やアプリ開発も進めています。

我々の研究室の多くの装置は、手動操作を基本としています。学生に試料の搬送、バルブ等の装置の操作を教えるときには「次の操作をしてもいい理由」を意識させながら、指導しています。そのため学生は、実験をするときに、次の手順を常に考えながら行動する癖が身に付きます（**図４**）。

研究室の学生は、本科5年生3－4名程度と専攻科の学生1－2名で構成され２研究室合わせて毎年10名程度が所属します。研究成果の発表は、学生を第一著者として、応用物理学会での発表、セミコンジャパンへの出展（**図５**）の他、国際会議での発表 [2] も行いました。彼らの進路は、東京大学、北海道大学など国公立大学への編入学や大学院へ進学、早稲田大学大学院への進学、そして進学後博士号取得したものもいます。就職は、半導体関連企業、情報関連企業、地元企業など、実に多岐にわたっています。実験設備が充実しているかわりに、学生の居室がなく、教員室前にある多目的室など場所を転々としながらデータ処理や論文作成に励んでいます。

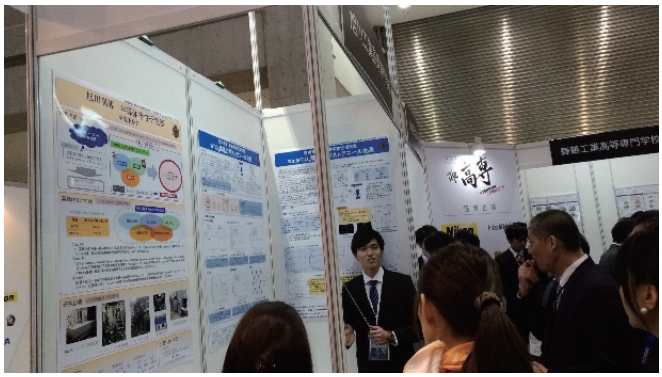

図５　セミコン JAPAN でのプレゼンの様子

３. 人材育成の取り組み

旭川高専では、実験・実習を重視した体験型学習による実践的技術者の養成を謳っています。特に電気電子材料系の教育において、新材料の開発につながる薄膜成長を学ぶことは、極めて重要です。半導体工学、電子物性工学、電磁気学等で学習する電気に関わる現象は目に見えず、講義等での数式や知識の伝達が多く、理解を困難にしています。そのため教科書に載っているデータを理解するだけでは、身につきません。学生本人が試料を作り、物理特性の実データを測定することによって、講義で学習した内容を実感してはじめて専門能力の実質化が行われます。我々の研究室では、新材料の設計から試作までを実験を通じて学ぶことができます。理論だけでなく実験を通じてその結果を試行錯誤することにより、状況分析と解決方法に関する能力を

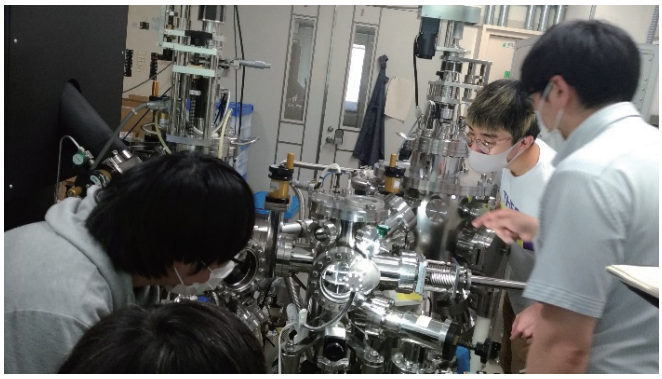

図４　成膜装置操作中の学生と指導する平准教授

図６　JEITA/SEAJ 共催キャリア遠隔講演会

身につけるための教育（PBL 教育）ができ、創造的実践性、複眼的視野を身に付けた、産業のグローバル化に対応できる、国際的に通用する技術者の育成ができます。

また、旭川高専電気情報工学科では、1年生（15歳）から半導体に触れるカリキュラムを作成しています。そして電気情報工学科1年生を対象に、JEITA/SEAJ 共催 キャリア講演会を遠隔で開催しました。旭川のような地方都市では、半導体にかかわる企業がほぼなく情報が入ってきません。1年生にとってはとても刺激になっていたようです。

4. おわりに

コロナ禍では、研究室の学生とオンラインでゼミを行うなど学びを止めない工夫を行っていました。旭川高専には我々の他にも半導体、電子デバイスに関わる教員が所属しています。中村基訓教授や吉本健一教授、松原英一准教授とともに旭川高専の半導体・電子デバイスの研究を盛り上げていくとともに半導体分野の人材育成を行っていきたいと考えています。

また、高専では、教員と学生の心理的距離が比較的近く、研究活動で得た知見を教育に還元することを比較的早くから行うことが出来る点は大学より有利な側面です。その知見を科研費 B「小学生から高専・大学生まで質保証ができる理数・工学系学修者本位型実験モデルの開発」[3] や JST 委託事業「北海道ジュニアドクター育成塾」にて小中学生への STEAM 教育などに還元し、人材育成を推進していきます。

参考文献

[1] Koji Takamura, Takumi Fujiwara, Akinobu Yokota, Motonori Nakamura, Kenichi Yoshimoto, Phys. Status Solidi C, 1600190

[2] Aoi Ohta, Keiichiro Abe and Koji Takamura, Development of Publication App by Problem-Based Learning, IEEE Xplore, March 2021

[3] 研究代表者：篁耕司 , 科学研究費補助金基盤研究（B）課題番号 21H00927