

高専研究室紹介

高専生と歩む半導体デバイスプロセス関連技術の研究 ～低温プロセス技術を通して～ 独立行政法人国立高等専門学校機構 広島商船高等専門学校

電子制御工学科 准教授 酒池 耕平 さかいけ こうへい

1. はじめに ～広島商船高専の沿革～

本校は、明治31年5月10日に豊田郡東野村外12か町村組合立芸陽海員学校として創立され、明治32年5月17日に校名を芸陽商船学校に変更しました。明治34年には、広島県に移管され広島県立商船学校に、昭和15年には広島県から国に移管され官立広島商船学校となり、船舶士官養成の商船教育機関として発展してきました。戦後、昭和26年に学制改革に伴って文部省所管の国立広島商船高等学校となりました。

その後、昭和42年に修業年限5年6か月の国立広島商船高等専門学校となります。

また、社会情勢の変革により、昭和60年から63年にかけて、航海学科と機関学科を航海・機関の2コースを有する商船学科とし、工業系学科として流通情報工学科および電子制御工学科を設置しました。これは、原料を輸入し、製品を輸出する海運を担う人材を養成する商船学科、日本のものづくりを支える人材を育成する電子制御工学科、その間のものの流れを管理・経営する流通情報工学科の3学科体制になり、周囲を海に囲まれた加工貿易国である我国を支える人材を育成する高等専門学校となっております。

さらに、平成16年、独立行政法人国立高等専門学校機構広島商船高等専門学校に移行し、平成17年に、5年生本科教育に加えて、プラス2年の専攻科として、海事システム工学専攻と産業システム工学専攻の2専攻を有する高等教育機関として発展してきました。

2. 自己紹介

私は、2017年4月に独立行政法人国立高等専門学校機構広島商船高等専門学校電子制御工学科に准教授として着任いたしました。

広島大学大学院先端物質科学研究科半導体集積科学専攻博士課程前期を修了後、企業にて研究・開発業務に携わりましたが、もう一度半導体デバイスプロセス技術を深く学ぶ目的で広島大学大学院先端物質科学研究科半導体集積科学専攻博士課程後期へ進学致しました。その後、日本学術

振興会特別研究員（DC2、PD）を経て、再度企業へ就職しましたが、縁あって本校電子制御工学科にて教員人生をスタートするに至りました。

電子制御工学科は、電気電子・機械・制御・情報の4分野について学ぶことができる複合学科となります。私は、その中でも電気電子に関する分野、特に半導体デバイスに関連する科目を担当しています。

講義の中で、もっと半導体関連の世界観を掴んでほしいと考えていたところ、令和5年6月に、JEITA（電子情報技術産業協会）およびSEAJ（日本半導体製造装置協会）に御協力頂き、半導体産業に関する御講演を開催して頂くことができました（図1）。学生からは、今後定期的にも外部の方の話が聞きたい、半導体に関する漠然としたイメージから解放されたという声が多く挙がりました。このような声に答える形で、同年11月には、公益社団法人応用物理学会半導体分野将来基金委員会の御協力のもと、外部講師を御招きし、半導体に関する2回目の講演会を開催するに至りました。

今後も、半導体デバイスや産業に少しでも多くの学生が興味を抱いてくれるよう、このような取組を加速していきたいと考えています。



図1 半導体関連講演会の様子



3. 研究室紹介

現在、私の研究室には本科5年生6名、4年生4名、専攻科1年生1名の計11名の卒業研究生が在籍しています。本研究室を志望してくれる学生の多くは、本科2年から3年生にかけて実施する、実験実習（電子工学実験Ⅰ、Ⅱ）や電子工学の授業で、半導体デバイスに興味を持ち、半導体デバイスプロセス技術に関する研究を通して更なる知識・技術を向上させ、自身の成長に繋がりたいと考えてくれています。

本研究室では、「誰もやってないことに挑戦するには、自分で実験装置を作るしかない。」という言葉のスローガンに、学生に実験装置を設計・製作してもらうところから卒研が始まります。国立高専は、高度なものの作りができる環境（フライス、旋盤、レーザー加工機等）が充実しており、このような取り組みは学生にとっても、これまでに培った知識・技術を活かすことができる良い機会になっていると感じています。図2に学生が設計・製作したマニュアルプローバを示します。歴代の卒研究生が作製した装置も駆使しながら、自身が作製した実験装置で得られたサンプルの評価を行うことも多々あります。

研究室所有の成膜装置としては、インクジェット描画装置（ビットマップデータ描画可）、スピンドーター、スパッタ装置、真空蒸着装置等を所有しており、最近ではMOSキャパシタを作製し電気特性評価等を実施できるようになりました。

評価装置としては、半導体パラメータアナライザ、フー

リエ変換赤外分光光度計（FT-IR：透過・ATR測定可、顕微での透過・ATR測定も可）、紫外可視分光光度計、走査電子顕微鏡（SEM：EDX機能有）、エリプソメータ等を所有しており、学生自身がサンプルの評価を直に体験できる環境を構築してきました。

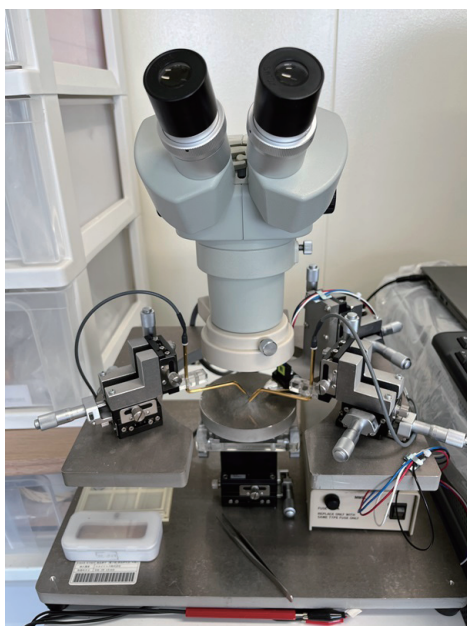


図2 学生が設計・製作したマニュアルプローバ装置



図3 評価及び成膜装置の一例
上から、FT-IR、SEM-EDX、インクジェット描画装置

未だ発展途上の研究室であり、電界効果型トランジスタ (MOSFET) のような高度デバイスが作製できる環境には至っておりませんが、それらを構成する各要素技術の課題に目を向けた研究・技術開発を行っています。その中で、学生さんが半導体デバイスをより詳しく、そして興味深く・楽しく学んでもらえるような研究内容になるよう心掛けています。

4. 研究紹介

本研究室では、高品質な金属薄膜や層間絶縁膜 (SiO₂) をプラスチックフィルムが耐えうる低温かつ大気圧下で形成する技術開発を行っています。これら技術確立にて、フレキシブルエレクトロニクスへの貢献を果たしたいと考えています。

現在取り組んでいる研究背景・内容を以下にまとめました。

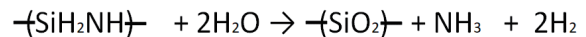
=====

フレキシブルエレクトロニクスの更なる進歩を実現する為には、プラスチック基板上で電子デバイスを作製し、有用な機能を持たせる為の金属配線や層間絶縁膜を用いた回路構成が必要になります。

ここで、金属配線においては、配線をダイレクト形成できる金属ナノインクを用いたインクジェット描画配線技術が注目されていますが、低抵抗金属薄膜を得る為には配線描画後にアニール処理が必要になります。この方法では、基板全面を加熱する為、耐熱温度の低いプラスチック基板では、大規模な収縮が発生することから、フレキシブルデバイスプロセスへの適応は非常に困難とされています。インクジェット法により描画と同時に低抵抗金属薄膜を形成できる技術が確立できれば、真空蒸着法など既存技術で課題となっている大型真空装置によるコストの増大や材料利用効率を大幅に改善できると考えています。さらに、フレキシブルデバイスの量産や一般供給を考えると、このような低コストで低抵抗金属薄膜を形成できる技術開発は急務と考えています。そこで、量産展開可能な低コストプロセス技術の確立を目指し、非真空下で必要な位置に局所的に低抵抗金属薄膜をプラスチック基板上にダイレクト形成できる技術を提案しています。

また、限られた面積で回路を集積する為には、プラスチック基板の耐熱温度以下で高品質な層間絶縁膜を形成する技術確立が必要となります。絶縁膜材料としては、長年の信頼実績を誇る SiO₂ が候補として挙げられます。このような信頼性の高い SiO₂ を形成する方法として、真空装置を用いた CVD 法による成膜などが挙げられますが、良質な絶縁膜を得る為にはプラスチック基板の耐熱温度以下での成膜は困

難となります。また、このような基板全面に絶縁膜を形成し、その後エッチングする既存技術では、基材との応力差によりクラックが発生するリスクが高くなり、歩留まりを悪化させる要因となります。さらに、真空装置を用いる為、プロセスコストの増加が避けられません。そこで、非真空下で必要な位置に局所的に層間絶縁膜を低温形成できる技術の確立を目指し、加熱により良質な SiO₂ 膜にシリカ転化可能な液体プリカーサであるポリシラザン溶剤をインクジェット描画技術により必要な位置に局所的に塗布し成膜する手法を提案しています。しかしながら、ポリシラザンは、下記化学式の通り、450℃以上での加熱による加水分解反応により良質な SiO₂ 膜へと転化させることが基本となります。



私たちは、プラスチックが耐えうる低温かつ大気圧下でポリシラザンを高品質 SiO₂ 膜にシリカ転化させる技術確立に向けて学生と共に研究に励んでいます。層間絶縁膜用途は一つの通過点と考えており、最終目標は、ゲート絶縁膜に應用されている熱酸化膜と同等の電気絶縁特性を持つ SiO₂ 膜の形成を目指し、日々研究に邁進しています。

=====

5. おわりに

離島の小さな高専ですが、豊かな自然と風通しの良い学校風土の中、素直で勤勉な学生たちに少しでも半導体デバイス/プロセス技術に興味を持ってもらえるよう、今後も日々精進していきます。



図4 研究室から望む瀬戸内海の島々