



【短信】 研究室紹介

「学生さん達と共に歩む大学の研究室」



須原 理彦 (首都大学東京)

首都大学東京 大学院理工学研究科 電気電子工学専攻 (学部組織としては都市教養学部理工学系電気電子工学コース) の須原研究室は現在、学部生 4 名、大学院修士課程 6 名、博士課程 2 名、助教 1 名と小生の 14 名で構成されており、規模としては 1999 年に当研究室が発足したときの東京都立大学の時代からほぼ同程度で研究教育活動を続けてきています。

当研究室では、化合物半導体共鳴トンネルダイオード (RTD : resonant tunneling diode) の超広帯域無線通信デバイスへの応用を目指したデバイス理論の確立や試作プロセス・素子特性の評価、およびアンテナとの集積化などの関連基礎研究をテーマとして取り組んできています。共鳴トンネル現象は、遡りますと D.Borm の 1951 年の量子力学の教科書における記述や江崎博士らの 1973 年の実測報告にある二重障壁構造が黎明研究となります。1990 年代にはメゾスコピック系物理、量子効果機能素子、ナノヘテロ構造などをキーワードとした研究群の中にあり、RTD をキーワードとして検索してみますと関連学会誌への発表論文数が 90 年代にピークを向かえています。近年は国内外の機関において RTD のテラヘルツ発振の実証報告とその着実な進展がなされてきている点が特徴です。

それらの研究においてアプリケーションとして描かれているものの中で本研究室が着目しているのは、至近距離機器間の超高速大容量の次世代情報通信に資するようなテラヘルツデバイス構築技術です。そして、他機関の研究と相補的にテラヘルツ応用の研究開発に貢献すべく、執拗に RTD の研究を進めて来ています。最近の具体的研究内容は、共鳴トンネル現象の非平衡量子電子輸送の取り扱いによるモデリングならびに試作デバイスによる検証、超広帯域通信用途としての設計指針確立や動特性制御のための理論的研究、三重障壁共鳴トンネルダイオードのテラヘルツ検波やレクテナ応用への研究などです。実はその中には、小生が 90 年代半ばに着想したまま未着手だった研究課題のいくつか、漸く工学的意義付けがなされて含まれてもいます。この様に愚直に研究を進めることができているのは、研究室のメンバーや、これまでの卒業生・修了生たちの貢献があつてのことと感謝しています。

研究室メンバー各人の研究テーマは、独立になるように設定していますが、総体として”理論がわかる実験屋さん”、”実験がわかる理論屋さん”、”理論・実験の両刀屋さん”で構成された研究集団となることを志して、各メンバー間の風通しのよいつながりを大切にしています。例えば、できるだけ毎日、たとえ 10 分でも 15 分でも学生居室で皆と話をする機会を作ることによって細やかな研究軌道修正ができます。また、学生さんらが”須原会”と称している毎週の研究ミーティングでは、過日に、アイデア創出のためのブレイン・ストーミングの機会を設けたことがあります。ブレイン・ストーミングの極意は、よく知られているように質より量を重んじて粗野な考えを批判するのを慎むことですので、その日は学内の広い講義室を借り切ると、板書用の大きなホワイトボード一杯になるくらいに学生さんが主体的にキーワードを挙げまくることになりました。結果的には、各テーマの進捗や目の前の課題克服というブレークダウンレベルから、進み行きの手法としてのストラテジーレベル、研究室として今後取り組むべきビジョンレベルまでの種々のアイデアが創出されました。最終的にはそれらの相互関係も描いたものをコンセプトマップとしてまとめて全体像を確認できたので、学生さんらが、またそれぞれの研究に帰還するよい機会になりました。

これまで見ていますと、当研究室に縁あつて配属された学生さん達は、たまたま巡り会ったそれぞれの研究テーマに懸命に取り組むことを通じて自分を豊かにし、そのことが過去から未来への研究の進み行きにもなることを感じると健全に動機付けされていくことがわかってきました。そのためには - まだまだ小生にはできていないことです - 工学的に学問的にも執拗に継続することに意義のある研究を模索し続けることが大切ではないかと思います。前任地で小生に RTD 研究の契機を与えてくださった古屋一仁先生には大変感謝しております。おわりに、この度の執筆の機会を与えて頂いた方々に御礼申し上げます。

著者略歴: 1988 年 金沢大学卒、1993 年 同博士課程修了、同年 東工大 助手、1999 年 東京都立大学 助教授、2010 年 首都大学東京 教授。電子デバイス研究専門委員会幹事。



【短信】 研究室紹介

「触媒反応を用いた省エネルギー・省資源 CVD 技術」

安井 寛治 (長岡技術科学大学)



長岡技術科学大学電気系半導体工学研究室ではサステイナブル社会実現に貢献する「触媒反応を用いた省エネルギー・省資源 CVD 技術」の開発を目指して研究を行っています。現在電子デバイスの作製に様々な技術が用いられていますが、その中で電子デバイス用材料薄膜の成長法として、低コスト、大面積基板への対応等の点で優れた CVD 技術が活躍しています。この産業応用に適した CVD 技術において一層の省エネルギー・省資源性を追求すべく、現在触媒反応を用いた種々の化合物電子材料薄膜の成長技術の開発に取り組んでいます。

加熱金属触媒を用いた炭化物、窒化物半導体の成長技術

タングステン (W) やルテニウム (Ru) など高融点金属のメッシュ状キャタライザーを用いることで、水素ガスやアンモニアガスを高効率に分解、高密度のラジカルを生成することが出来ます。加熱 W メッシュの表面で生成した高密度水素ラジカルを用いて、基板表面に吸着した有機ケイ素化合物ガスから結合水素を引き抜くことで低温での炭化ケイ素 (SiC) 膜のエピタキシャル成長に成功しました。通常 SiC の結晶成長には成長膜表面の C-H 結合から水素を脱離させるために約 950°C 以上の高温を必要とします。しかし高密度水素ラジカルによる結合水素の引き抜きによって 750°C という低温で Si 基板上に SiC のエピタキシャル成長が可能となりました。更に熱的に不安定な極薄トップ Si 層 (<10nm) を有する SOI (Si on insulator) 基板にも 750°C で SiC 結晶膜を成長させることに成功し、擬似的な SiCOI (SiC on insulator) 基板の作製に成功しました。水素化物や水素で終端された有機金属化合物を用いた半導体の成長には水素ラジカルの化学的反応性が有用であり、低温での成長を実現することで SiC をはじめ炭化物電子材料薄膜成長の省エネルギー化に有効であると確信し、研究を続けています。

同様にアンモニア分解触媒である Ru をコートした加熱 W メッシュの表面でアンモニアを分解、窒化物半導体のエピタキシャル成長に取り組んでいます。アンモニアを高効率に分解し、高密度の NH_x ラジカルを生成、供給することでアンモニアの消費量を低減した条件で結晶性の良

好な窒化物半導体薄膜のエピタキシャル成長に成功し、更に実用レベルに達する膜特性を得るべく研究を続けています。

白金ナノ粒子表面での水素・酸素の燃焼反応を用いた酸化電子材料の成長技術

常圧で水素と酸素を燃やすと 2800°C の酸水素炎が発生し高温の水分子を生成することが出来ます。白金 (Pt) ナノ粒子を用いることで水素と酸素の燃焼を減圧の CVD 装置内で実現することに成功し、生成された高温の水分子ビームを用いて金属原料ガスを高効率に加水分解し、低温で高品質な金属酸化物結晶薄膜を成長させる CVD 技術を開発しました。サファイア基板上に 500°C でエピタキシャル成長した酸化亜鉛 (ZnO) 結晶薄膜の電子移動度は最高で 180 cm²/Vs とこれまでパルスレーザ堆積 (PLD) 法や分子線エピタキシー (MBE) 法でサファイア基板上に成長させた ZnO 結晶膜 (最大で 155 cm²/Vs) より大きな値を得ています。この CVD 法は水素と酸素の燃焼エネルギーを利用しており、膜堆積に外部エネルギーを全く必要としないため究極の省エネルギー薄膜成長技術として注目されています。今後触媒の種類、担持条件、CVD 装置構造等の改良を続け、更に高品質な ZnO 結晶膜の成長を実現するとともに、ドーピングによる n 型や p 型薄膜の作製を目指し研究に取り組んでいます。また半導体薄膜だけでなく、透明導電膜、誘電体膜等、様々な金属酸化物薄膜の省エネルギー成長法として期待出来るため、多方面への応用を目指して研究を続けています。

著者略歴：

1979 年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻修士課程修了、同年長岡技術科学大学工学部電気系助手。プラズマや触媒を利用した CVD 法による電子材料の作製、電子デバイスプロセスに関する研究に従事。長岡技術科学大学電気系助教授、准教授を経て、現在同大学電気系教授。工学博士。電子情報通信学会、応用物理学会、日本表面科学会、日本 MRS、MRS 各会員。電子部品・材料研究専門委員会委員長 ('09-'10)、同顧問 ('11-)、ES 大会運営委員長 ('07)、日本表面科学会論文賞 ('11)。



【短信】 研究室紹介

「超高品質通信回線実現のための研究開発」



久我 宣裕 (横浜国立大学)

はじめに

現在、私どもの研究室には学部学生 5 名、修士課程学生 3 名、博士課程学生 1 名、そして中国からの留学生 1 名の計 10 名が在籍しています。研究テーマのコンセプトは「超高品質通信回線実現のための研究開発」です。具体的には通信回線で発生するノイズに関する研究や、効率のよい無線回線の実現に必要な高周波コンポーネント、例えばアンテナなどの研究開発を行っています。本稿では前者のノイズ問題に絞り、私どもの研究室の概要をご紹介します。

接続不良の研究？ Passive Intermodulation (PIM)

動かなくなったりリモコンの電池をくるくる回転させると、また動き出すという経験をされたことはないでしょうか。これは電池とリモコン内の電極との接触不良が原因です。このように接触不良により装置が動かなくなったり、ノイズが発生したりする現象を、我々は日常生活においてよく経験します。

我々の研究対象は、基本的にはこの接触不良といえますが、一般的な接触不良と異なる点は、その電気的非線形性に注目していることです。具体的には接触不良部で発生するノイズ、すなわち相互変調ひずみ波を研究対象としています。接触不良部を複数の周波数信号が通過すると、それとは異なる周波数で相互変調ひずみが発生しますが、それが送受信共用回線で発生すると厄介な問題となります。それは送信波により発生した相互変調ひずみ波と受信波の周波数が一致した場合、フィルタで除去することができないからです。

このように、線形設計された受動回路で観測される相互変調ひずみは Passive Intermodulation (PIM) と呼ばれており、携帯電話や衛星通信システムの基地局アンテナ系や CATV 回線で見られる問題です。なお PIM は接続不良のみならず、メッキ組成やプリント基板のような金属接点がない回路や材料でも発生することが知られています。

研究概要

実際の研究では、ノイズ (すなわち PIM) の試験・測定法、発生源の位置特定、および発生メカニズム解明を大きな柱としています。試験・測定法に関する成果の一例とし

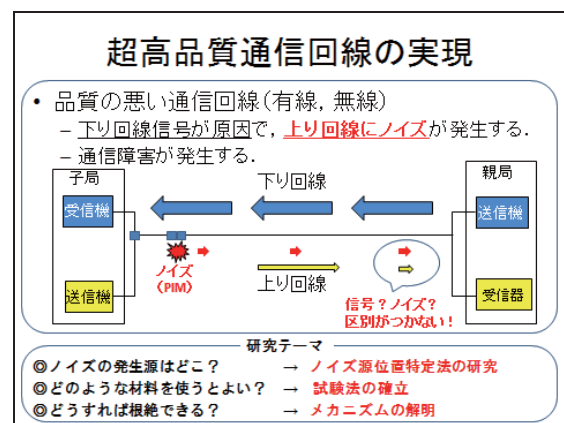
ては終端負荷が不要な PIM 特性評価法の考案があります。この手法により材料評価に関する測定作業性が飛躍的に向上し、かつ PIM 発生量に関するシミュレーションも可能になってきました。

本研究室の特徴は、前述の非放射デバイスのみならず、アンテナ等の放射デバイスまで対象にした研究を進めている点にもあります。一例としては、PIM ソースを内蔵したアンテナがありますが、これはコネクタを着脱することなく PIM 発生量を連続制御できるため、測定システムの信頼性検証等に効果的です。

PIM 研究の通信分野以外への応用として、PIM を利用したハンダ接続内のボイド・クラック検出等についても研究を進めています。電子部品実装基板ではハンダ接続部の性能が信頼性や耐久性を左右するため、実現が期待されている技術といえます。

むすび

PIM 問題の解決は、通信分野では周波数利用効率の飛躍的向上につながります。また PIM を利用した接続状態評価技術の実現は、高密度化する電子実装基板の検査効率を飛躍的に向上させます。解決すべき課題は山積みですが、学生共々、地道に研究を続けて行きたいと思えます。



著者略歴:

平成 9 年横浜国立大学大学院博士課程修了。同年日立電線株式会社に入社。平成 11 年東京工芸大学工学部講師。平成 16 年横浜国立大学大学院講師。現在同大学大学院工学研究院・准教授。