

International Training Program ドイツ ルール大学ボッフム校 派遣報告

名古屋大学工学研究科電子情報システム専攻 趙 亨峻

平成 24 年 01 月 27 日～03 月 26 日にわたり、International Training Program (ITP)による長期派遣プログラムにおいて、ルール大学ボッフム校にて研究を行う機会をいただきました。本報告書は提携大学と受け入れ研究室、プログラム中の研究活動について記述します。

ボッフムとルール大学の紹介

ドイツ、ノルトラインボーフムにある州立大学で、1962 年に発足し、西ドイツで第二次世界大戦のあと最初の大学で発足されました。略称は“RUB”です。ドイツで一番規模が大きい大学の中一つで、キャンパスはルール谷の高い高地帯端地帯に位します。他の大部分のドイツ大学たちの場合市内あちこちに大学建物が散らばっていることと違いキャンパスに医学部を除いたすべての学部建物が集まっています。

研究室紹介

プラズマプロセス技術は国を支えているディスプレイや太陽電池、半導体などのような主力産業に関して大きな役割をしてきています。そして、製造に広く応用されているのでプラズマ技術は速く開発されながらアプリケーション分野にも応用されてきました。現在、プラズマ技術の開発はアメリカやヨーロッパや日本で行われています。まず、プラズマ技術は多くの先進分野に適用されていますし、適用の可能性も大きく期待されています。私はドイツの RUHR 大学の Electrical engineering and plasma technology (AEPT)に派遣され、研究を進行しました。AEPT はプラズマ研究を進行している優秀な研究陣たちが集まって、プラズマ基礎研究を土台にしながら、アプリケーションテクノロジーにおける蒸着、エッチング、表面処理などの研究をしています。

プラズマ殺菌：医療機器、インプラント手術、

包装または食品包装に使用される熱に不安定なプラスチックから、細菌や病原体を除去すると、医療や食品産業において重要なプロセスステップであります。表面のプラズマ処理は、可能性の広い範囲を提供してあります。殺菌のメカニズムの基本的な研究は、UV 照射によって、イオンや反応種は、RF 駆動ダブル ICP ソースを使用して行われている。使いやすく、安定した滅菌室 (VHF-CCP)のプロトタイプの開発、無菌充填のために組み合わせた除染および PET-ボトルのバリアコーティングプロセス等を行っています。

スパッタリングとプラズマコーティング：ほとんどすべての私たちの日常生活に物質の性質を改善する機能性コーティングが必要でした。ナノメートルスケールでこのような薄膜の大部分はプラズマ化学気相蒸着 (PECVD) または物理気相成長 (PVD) など多様なプラズマ蒸着技術によって生産されます。研究活動で PET ホイル及びプラスチックボトル内部に石英みみたいな SiO_x 障壁コーティング、ハードして耐久性を進めるためのコーティングで費用と時間の下がる長所があり、最新のマイクロエレクトロニクスために開発された磁気抵抗メモリ (MRAM) の基礎を形成強磁性フィルムに関する研究をしています。

プラズマ診断及びシミュレーション：プラズマ技術のプロセス開発は多様な放電の基礎に対する深い洞察力を要します。プラズマソースの応用のために光子のフラックスを最適化するために処理物体の表面に化学的に活性粒子の測定または計算などが決まらなければならないです。

自動 Langmuir プロブシステム：コンピューター基盤の Langmuir プロブシステムは APS (自動プロブシステム)を開発して plasma の多様な使われて電子エネルギー分布関数と電子密度またはプラズマ前衛のような他の媒介変数の測定ができるようにします。

いくつかの功名プロブ (MRP) : MRP は機関 TET, LEMS などと共同プロジェクトによって開発されたことで高周波プラズマを診断することで測定されたデータの信頼性評価などに関するヨングルルしています。

光学放出分光法: Plasma の光学放出スペクトラムは多くのオプ리케이션ウルウィした重要な価値を持つから広帯域映像分析機を使って遂行します。シミュレーション:測定洞察力を提供する一つの道具としてモデリング研究のすべての分野に対して重要な部分だ. 大気圧と低圧の場合シミュレーションを一緒に遂行されて放射性送信及び反応粒子モデル、プラズマ化学現象に対する流体モデルなどに関する研究を施行しています。

HID-ランプ : HID-ランプは自動車照明、ビデオプロジェクターと古典力外部照明などに使われるが彼らのタングステン電極の温度はランプ性能を制限するからこれを補うために bohun デルランプは、DC-, AC 及び HF- 操作下で基本的な電極現象を研究しているし産業協力プロジェクトを通じて商業的 HID-ランプの開発をしています。

研究テーマ

低温プラズマの診断に使われる広帯域 echelle 分析計の相手及び絶対強盗校正に対して研究しました。使った分光計はレーザー柔道 ブレイクダウン分光計のような応用のために開発されたことで図 1 に概路図を現わしました。この分光計は高い解像度と彼らのスペクトラムがほとんど皆検出されて非常に弱い光源だけではなく短い光パルスも測定が可能です。先に echelle 分光計システムの相対的校正作業のために 1 個の単一基準光源が必要です。これのために標準タングステンリボンランプ及び NO と N₂ 分子の放出スペクトラムの分期の割合で使ってタングステン - リボンと重水素ランプの調整組合によって echelle 分光計を補正しました。このランプを利用して相対的な校正を遂行して補助標準でそれを使いました。このような強盗分布を確認するために次の手続きで実施しました。

1) 全体スペクトラムで “実際強盗分布” 測定のために定数値段 200~800 nm 領域で分光計の校正手続きを遂行したしこのような方法で

uncalibrated '補正機能'を獲得しました。(図 2)

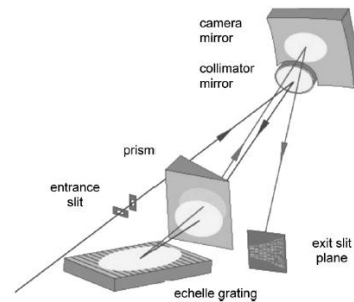


図 1 Echelle 分光計の概路図

2) タングステン-リボンランプと RF 放電によってよく知られた NO ($A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$) と N₂ ($C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$) “second positive” システムで放出ができる分子範囲のスペクトラムを測定しました。

3) 私は 2 番目段階で得ることができる範囲の強盗分布を比べたし “True intensity distributions” 配布版を使って補正手続きを繰り返しました。このような方法で最終補正機能 $\epsilon(\lambda)$ を獲得したし図 3 に表示されられました。

タングステン - リボンランプと球面鏡を使用分光計の絶対校正のために $\epsilon(\lambda)$ で抜け落ちされた要素を確認して以後 echelle 分析計は二つの原子分子の放出スペクトラムと標準タングステンリボンランプに対して補正されます。

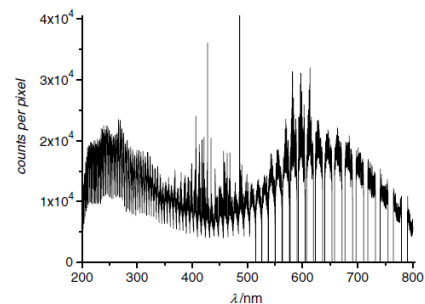


図 2 Uncalibrated 光源スペクトラム

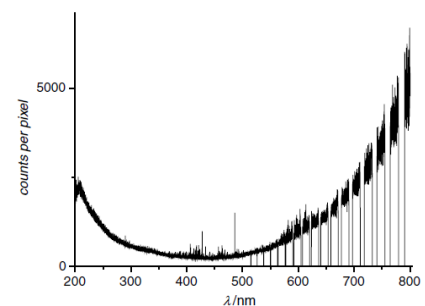


図 3 “True intensity distributions” 配布版に対する $\epsilon(\lambda)$ の修正

すべての手続きを終えてプラズマ診断のために echelle 分光計を使って低真空 13.56 MHz の RF 1500 W で窒素プラズマを放電しました。測定された窒素スペクトラムは図 4 と 5 に現わしました。

測定されたスペクトラムを通じてそれぞれの電子及び震動 (図 4) だけでなく回転分布 (図 5) を確認することができました。平均電子密度は測定された分子バンドの絶対濃度で評価することができます。11 eV 以上電子運動エネルギーの電子温度 $N_2(C-B)$ と転移された $N_2^+(B-X)$ の世紀の割合によって決まります。範囲 1.5 ~ 4.5 eV は電子温度 $N_2(C-B)$ バンドから決めることができるし平均電子密度は測定された分子バンドの絶対濃度で評価することができます。

低真空にもかかわらずガス温度に対応しながら測定されたものなどに対する計算強盗分布を確認して見れば発狂スペクトラムを決めることができます。(図 5)

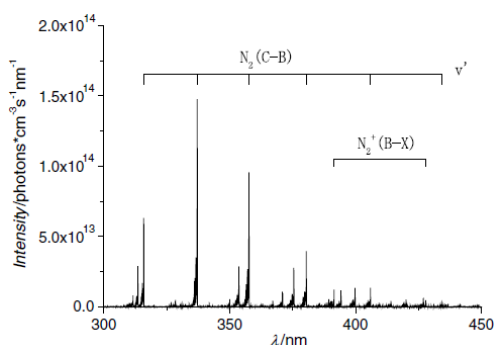


図 4 窒素の放電の実験スペクトラム ($p = 10 \text{ Pa}$, $f = 13.56 \text{ MHz}$, $P = 1500 \text{ W}$)

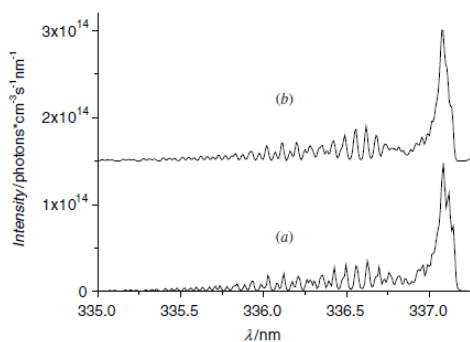


図 5 図 4 に表示されたスペクトラムの拡大詳細事項で実験結果 a)、そして $N_2(C-B)$ の計算された b) の回転バンド。

相対的絶対的評価を通じて標準タングステンリボンランプ及び NO と N_2 分子の放出スペクト

ラムの分布の割合を通じてタングステン - リボンと重水素ランプの調整組合によって echelle 分光計を補正しました。このような補正を通じて窒素プラズマ診断をしたし分子放出バンドと回転構造は放電条件でガス温度に対する情報を提供して電子分布関数は二つの原子分子のスペクトラムの電子及び震動分布を確認することができました。

ドイツでの生活

この 2 ヶ月間は大学に 15 分ほど離れていれ所に住んでいました。非常に広いリーヴィングルームがついていて、シャワー、キッチン完備で電車の駅も近く大変便利でした。

昼飯は“メンザー”と呼ばれる学生食堂で食べました。メニューは日替わりになって、非常に豊富でした。毎日異メニューにしても一ヶ月以上重複しない食が食べられます。どの大学の学生カードも関わらず、学生の身分を示すことできるものがあれば、値引きもあります。だいたい 1 食はジュース、デザート付きで 4 ユーロに押さえることは問題ないです。ドイツ人の身長見たら、皆たくさん食べるイメージがあったが、残念で実際は日本の学食並みのボリュームでした。主食はフライドポテト、パスタでしたが米もありました。しかし、インディカ米のため、口に合わなかったです。副食としてサラダや煮込み野菜を多くとるので健康的だと思いました。夕食、朝食は大学の近くの商店町のスーパーで購入しました。ドイツのスーパーではソーセージ、ビザや各地のビールを扱っているのも、毎日楽しめるし非常に便利でした。

土曜日は、Essen に位した 1847 年から 1986 年まで活動した Welterbe Zollverein という鉱山へ行きました。Welterbe Zollverein 博物館は建築家 Fritz Schupp und Martin Kremmer によって建てられたし 20 世紀産業モダニズムの独特の建築表現で建てられました。この鉱山の用量は石炭 12,000 トンで数十年の間世界で一番力強い地下炭鉱でした。Welterbe Zollverein (図 6) は 1986 年に閉鎖されたし 2001 年世界のユネスコリストで“ヨーロッパの重工業発展の代表的な例”に指定されました。この博物館は多様な文化行事と石炭の生産経路を技術的に説明して歴史的に重要な意味を持

つので Ruhr 地域博物館中これより魅力的場所はないと思います。



図 6 Welterbe Zollverein

初めてのヨーロッパ滞在のため、土曜日はできる限り外に出て色々な国を観光し、当地の人と話す事が出来たので、英語の会話および国際コミュニケーション能力を育ったことが感じます。この経験を生かして、今後のドクターコースでの研究を更なるレベルに持ち上げたいと思います。

このような機会を与えてくださったルール大学の Awakowicz 教授に心より感謝申し上げます。名古屋大学堀勝教授、関根誠教授、豊田浩孝教授、工学研究センター ITP 事務局、名古屋大学職員の皆様に感謝申し上げます。