

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 66

2017年（平成29年）6月発行

前原、内藤、山家、三好

目次

巻頭言

プラズマ核融合からプラズマエレクトロニクスへ ～人との出会い、そして新たな研究への挑戦～	静岡大学	永津雅章	1
---	------	------	---

研究紹介

大気圧非平衡プラズマの電氣的及び光学的特性 に関する研究	新潟大学	山家清之	4
---------------------------------	------	------	---

研究室紹介

岩手大学 プラズマ・パルスパワー研究室	岩手大学	高橋克幸 高木浩一	8
---------------------	------	--------------	---

海外の研究事情

ドイツ・カールスルーエ滞在記	大阪大学	李 虎	11
----------------	------	-----	----

学生のためのページ

熱プラズマ入門	金沢大学	田中康規	15
---------	------	------	----

プラズマエレクトロニクス賞

第15回プラズマエレクトロニクス賞について	首都大学東京	朽久保文嘉	19
プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	九州大学	板垣奈穂	21
プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	金沢大学	兒玉直人	24
プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	東北大学	佐々木渉太	27

応用物理学会講演奨励賞

マイクロ波励起メートル級大気圧プラズマ の生成とその特性	名古屋大学	鈴木陽香	29
軟 X 線光源用多価電離プラズマの協同トムソン 散乱計測	九州大学	佐藤祐太	31

プラズマプロセッシング研究会 講演奨励賞

プラズマ活性培養液(PAM)中 HeLa 細胞の細胞内分子応答解析	名古屋大学	古田 凌	33
ダイオード整流型多相交流アーク中の電極現象の高速観察	九州大学	田中 学	36

国際会議報告

38th International Symposium on Dry Process (DPS 2016) 第 38 回ドライプロセス国際シンポジウム	東京エレクトロン宮城株式会社	本田昌伸	38
ISPlasma 2017 / IC-PLANTS 2017	中部大学	中村圭二	40

国内会議報告

第 10 回第 31 回光源物性とその応用研究会 ～ スマートハウスに関わる照明制御システムと光源物性 ～	千葉工業大学 産業技術総合研究所	小田昭紀 布村正太	42
第 27 回プラズマエレクトロニクス講習会 ～プラズマプロセスの基礎と先端分野への応用～	東芝メモリ (株)	林 久貴	43
第 34 回プラズマプロセッシング研究会/ 第 29 回プラズマ材料科学シンポジウム 開催報告	北海道大学	佐々木浩一	44
プラズマ・核融合学会第 29 回専門講習会 「スパッタ技術の現状と展望」	名古屋大学	豊田浩孝	45
第 25 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会 『フレキシブルエレクトロニクスのためのプラズマプロセス』	北海道大学	島田敏宏	46
プラズマ材料科学 153 委員会「プラズマ材料科学スクール」 第 I 部 大気圧プラズマの基礎 第 II 部 最新のオゾン技術と将来展望	東京工業大学	野崎智洋	47

2017年 第64回応用物理学会春季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム 「エネルギー材料開発に資するプラズマ技術最前線」の報告	産業技術総合研究所 東京大学	布村正太 神原 淳	49
---	-------------------	--------------	----

行事案内

第11回インキュベーションホール	名城大学	平松美根男	51
2017年第78回応用物理学会秋季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会企画	東京大学	神原 淳	53
American Vacuum Society (AVS) 64th International Symposium & Exhibition 米国真空学会第64回国際シンポジウム&展示会	東芝メモリ(株)	林 久貴	55
第39回ドライプロセス国際シンポジウム 39th International Symposium on Dry Process (DPS2017)	東京工業大学 日立製作所 光電子融合基盤技術 研究所	赤塚 洋 松井 都 木下啓藏	56
10th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing(JSPP2017) 第10回日欧プラズマプロセス共同シンポジウム	大阪大学	浜口智志	58
82nd IUVESTA Workshop on Plasma-based Atomic Layer Processes プラズマ支援原子層プロセスに関する第82回 IUVESTA ワークショップ	大阪大学	浜口智志	59

掲示板

第16回プラズマエレクトロニクス賞 受賞候補論文の募集	首都大学東京	朽久保文嘉	60
平成29年度プラズマエレクトロニクス分科会 幹事名簿			62
平成29年度分科会幹事役割分担			64
平成29年度分科会関連の各種世話人・委員			65

活動報告	67
プラズマエレクトロニクス関連会議日程	72
広告掲載企業一覧	74
編集後記	75

巻頭言

プラズマ核融合からプラズマエレクトロニクスへ ～人との出会い、そして新たな研究への挑戦～

静岡大学 永津雅章

応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会への入会は、今から22年前の1995年かと思いますので、大学院生の時代から本分科会に入会された、現在45歳くらいの先生方と同じくらいのキャリアしか、実は踏んでおりません。そのような私にもかかわらず、プラズマエレクトロニクス分科会会報の巻頭言を執筆する荣誉ある機会を与えていただきましたことを、非常に光栄に思います。幹事長の柘久保先生はじめ、会報誌担当の諸先生方に厚くお礼を申し上げます。

さて、折角の機会をいただきましたので、私自身のプラズマエレクトロニクスの世界に入った経緯や、現在に至るまでの研究の変遷について、限られた紙面ですが、思いつくままに書かせていただきます。本稿が、今後のプラズマエレクトロニクス分科会を背負って立たれる若い研究者の皆様への何某かのメッセージになれば幸いです。

さて、先ほどの話の続きですが、応用物理学会に入る前とは言いますと、もともとプラズマ・核融合研究に憧れて、某電機メーカーの研究所を辞めて、1977年に大学院(名大・築島研究室、恩師築島隆繁先生は2007年に逝去されました)に戻りましたので、そのころから独立独歩の精神が根幹にあったのかもしれませんが。(このような無謀な行動は若い学生の方には、決して、お勧めいたしません。) 大学院学生時代は、主に電気学会と物理学会を研究発表の場としておりましたが、やがて1983年にプラズマ・核融合学会が設立されたのを機会に、築島先生が学会の中枢メンバーであった

こともあり、即入会いたしました。(現役では希少番号となりました200番台の会員番号207です。) 当時、大学院での研究は、非線形物理の宝庫とされた乱流加熱を利用したミラー磁場閉込めの直線型プラズマ加熱装置でのプラズマ診断に関する研究でした。と言いましても、良く分からないかと思いますが、高真空下の円筒ガラス容器中に、水素ガスを含侵させたチタンガンで水素プラズマを約50cm間隔のリング電極間に打ち込み、と同時にコンデンサに充電した約20kVの電圧を電極間に印加し、大電流をパルス的に流してプラズマ加熱を行う方式です。大学院時代は、乱流加熱プラズマから放射されるX線のシンチレータ検出による電子温度の評価と、高エネルギーイオンと中性ガス粒子との荷電交換により生成される高速中性粒子を二次電子検出器により検出してイオン温度を評価する研究を、修士課程のテーマとして行いました。そのころは、殆どの簡単な実験装置は部品をかき集めた手作りが多く、ガラス管細工も簡単な細工は酸素ガスバーナーを用いて自分たちで行っていました。当時、助手をされていた間瀬淳先生(九州大学名誉教授)が、私たち大学院生にとっては兄のような存在で、研究室の学生の研究指導を担当されていました。学会前などはごく当たり前のように徹夜での実験でしたが、それでも昼休み時間のテニスは日課でしたので、実験に耐える体力強化と、実験がうまく進まぬときのストレス発散にはなったと思います。

このような良き時代でしたが、核融合研究の流

れが、核融合発電の実現に向けた、いわゆる大型プラズマ核融合装置での研究に世界の関心が推移するにつれて、それまでの実験室レベルの小型装置を用いたプラズマ基礎研究での発表が難しい時代になりました。(分野によりますが、)我が国に限らず、海外でも多くの研究者が、少しずつプラズマ応用の研究分野に軸足を移すことになったと思います。私が、応用物理学会に加えていただききっかけも、そのような時代の流れからでした。

丁度そのころ、名古屋大学の菅井秀郎先生(名古屋大学名誉教授)からお誘いを頂き、2.45GHzマイクロ波を用いた表面波プラズマに関する共同研究に加えていただいたのが、応用物理学会に入会する機会になりました。口径220mmの真空容器上部にマイクロ波導波管を設置し、導波管下面に切ったスロットアンテナより石英板を介してマイクロ波を導入し、石英板下部にプラズマを生成するもので、私にとって、とても新鮮でワクワクする研究テーマでした。また、生成されたプラズマが綺麗な発光モードパターンを示すことから、非常に興味をもって実験を行うことができました。表面波プラズマの生成メカニズムの解明や、大口径高密度プラズマ生成のためのアンテナ形状の最適化など、菅井先生の研究グループとの共同実験や実験結果に関するディスカッションを通して、菅井先生の研究に対する熱意や物理的な考え方など、いろいろ勉強させていただきました。その時の経験が、現在の私自身の研究スタンスの拠り所となっていると思っています。

その後、2001年に静岡大学に異動いたしました。この時にお世話をいただきましたのが、神藤正士先生(静岡大学名誉教授)です。神藤先生ご自身も表面波プラズマの研究をされ、また日本では数少ない熱電子発電に関する先駆的な研究にも携わっておられ、多くの留学生を毎年、はつらつと研究指導されておられるのがとても印象的で

た。静岡大学に移る直前にモスクワで行われたマイクロ波放電に関する国際ワークショップにおいて、医療・バイオ分野へのプラズマ応用に関する研究を勧めてはどうかとご示唆をいただいたことを記憶しています。私が新たな研究分野にチャレンジする大きな契機を与えていただきました。また、神藤先生は研究面のみならず、先生が務められた博士課程の大学院電子科学研究科長としての管理運営面や、協定大学との国際交流面での取組には学ぶべき点が多く、2006年に新たに設置された創造科学技術大学院の大学院長を私が務めた際には、管理運営面や国際交流活動について神藤先生から受けた薫陶を大いに活かすことができたと思っています。

ところで、静岡大学に移った2001年頃には、プラズマを用いた医療器具の滅菌に関する研究は、DC放電やRF放電を用いた報告が国内外で幾つかありましたが、マイクロ波プラズマを用いた滅菌はあまり報告例がなく、ちょうどモントリオール大学のMoisan先生が、プラズマ滅菌に関する論文を発表した頃でした。国内ではマイクロ波プラズマ波を使った医療滅菌は恐らくどなたも行っていないませんでしたので、名古屋大学から移設した口径40cmの表面波プラズマ装置を使って実験を始めたのが、医療・バイオ応用研究のきっかけでした。しかし、いきなり新しい研究を始めるには、あまりに異分野の知識が必要でしたので、そのための準備として、科学技術振興事業団(現科学技術振興機構)・地域研究開発促進拠点支援事業に申請、採択を受けて、近隣大学の浜松医科大学・微生物講座の小出幸夫先生に直接ご協力をお願いし、さらに滅菌指標として用いる芽胞菌を取扱う専門業者の方をお招きして、研究会を何度か浜松で開催しました。この間、小出先生の研究室には学生を連れて何度か訪問させていただき、コロニーカウントなどの滅菌実験に必要な技術の習得に努め

ました。そのような準備を1年程かけて行いつつ、並行してマイクロ波プラズマ滅菌実験を始めました。この時に偶々申請した経済産業省の地域新生コンソーシアム研究プロジェクトが運よく採択され、低温プラズマ滅菌機の開発に向けた研究を本格的に行うことができたことも、その後のJST育成試験事業採択の重要な試金石となりました。

また、静岡大学に赴任して3年後に採択された文部科学省21世紀COEプロジェクト「ナノビジョンサイエンスの拠点創成」(2004年～2008年)の研究メンバーに参画させていただいたことも、私自身にとって非常に幸いました。この研究プロジェクトでは、プラズマプロセスを駆使したナノ電子源、ナノ画素の開発に関わる研究テーマを担当し、新たな研究分野にチャレンジする機会をいただきました。プロジェクトで培った技術は、現在進めていますバイオチップセンサー開発や、磁性体ナノ微粒子を用いた医療、環境応用の研究の礎となっています。この5年間のプロジェクトにおいて、研究意識の極めて高い電子工学分野のプロジェクトメンバーに恵まれたことも、その後の研究を進める上で、きわめて有益な経験となったと思います。

これらの研究をさらに融合する機会を与えていただいたのが、白谷正治先生(九州大学)が代表者となって2009年にスタートしました新学術領域研究「プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の創成」です。ここでは、磁性を有するナノ微粒子、およびナノ構造を有するカーボンナノチューブを用いたバイオチップデバイスのプラズマプロセスを用いた医療応用に関する研究を5年間にわたり行うことができました。この新学術領域研究への参加により、それまでの技術や知識を融合した、さらなる研究成果の積み上げができ、とても充実した研究の日々を送ることができたと思います。今振り返りますと、研究会での研究発

表に対して、評価委員の先生方(畠山先生、藤山先生、堀先生)や白谷先生をはじめ、研究メンバーからいただいたコメントの一つ一つが、その後の私の研究に大きくプラスになっています。この紙面をお借りして、改めてお礼申し上げます。

以上、長々と私自身のこれまでの足跡を書かせていただきましたが、今、思えば、人との出会いが研究の新たな展開のきっかけとなり、それらの研究で培ってきた技術の一つ一つが、また新たな局面で、次の新たな研究テーマとして展開してきたように思います。これらの技術や知識が幾重にも積み重なった研究は、もはや簡単に真似が困難な高いレベルの研究になり、そのことが、ある意味で独創的な研究と評価されるようになるのではないかと思います。西澤潤一先生の著書「生み出す力」においても、『ある知識とある知識の組み合わせもある意味で「独創」の一種と考えれば、決して難しいものではない』と述べられています。

若い研究者の皆さんは、昨今、科研費獲得が大学の至上命令となり、毎年、一喜一憂されているのではないかと思います。確かな業績があれば、科学研究費の申請においても、研究遂行能力の極めて確かな判断材料となります。そのためには、研究成果を一つ一つきちんと論文にまとめ、時としてレフェリーとのやり取りに屈せず、前向きに捉えて、内容をさらにブラッシュアップする作業をコツコツと行うことが必要です。このような不断の努力の積み重ねが、時として新たな研究の発想をもたらす源になるように思います。私のように、人との出会いから新たな研究の展開が生まれるかもしれません。是非、「独創的な」研究に果敢にチャレンジして頂き、決して途中で投げ出さない姿勢で取り組んで頂ければと思います。

最後に、プラズマエレクトロニクス分科会の皆様のご活躍と分科会の益々のご発展を心より祈念して私の拙い巻頭言とさせていただきます。

研究紹介

大気圧非平衡プラズマの電氣的及び光学的特性に関する研究

新潟大学 山家 清之

1. はじめに

大気圧非平衡プラズマは誘電体と交流電源を用いることで間欠的に発生し、プラズマを対象物に当たった際に与える熱的損傷が極めて少ないことから、医療や環境、農業などへの応用研究が盛んに進められている。プラズマを発生させる際に用いる電源は、市販される既製品をそのまま用いるか、少し改造して使用しているのが一般的である。したがって、各応用において、目的の効果をj得るために最適化された電源を用いる状況には至っていないのが現状であると思われる。このことは、使用した電源仕様と発生する大気圧非平衡プラズマの密度や電流特性との関係性が、あまり明らかにされていないことが原因として考えられる。そこで、使用電源とプラズマの密度や電流特性との関係性が明らかになれば、最適な電源を用意することが可能になり、より安価で効率的に研究を進めることができると思われる。

プラズマの発生は、プラズマの源になる気体に電圧を印加することで、ある時間で電流が流れる現象である。したがって、プラズマ自体のエネルギーはプラズマ中の電位差 $V[V]$ とプラズマの電流 $I[A]$ 、プラズマの電流の流れる時間 $t[s]$ の積 VIt $[Ws]$ で表されるため[1]、電源の出力電圧と出力電流に対するプラズマ中の電位差とプラズマの電流から、プラズマの発生効率が求まる（構成回路上の熱損失は無視）。また、印加する電圧の波形と周波数によって、発生するプラズマの電流は値及び持続時間共に変化する。このため、例えば、石英管から大気中に気体を放出させて開放空間にプラズマジェット（プルーム）を発生させた場合、印

加した電圧の duty 比や波形の形状、周波数等の関係から、プラズマは弾丸 (bullet) や波 (striation、縞模様) 形状に形成されることが確認される[2]。また、大気中に発生するプラズマは極めて微小であるため、プラズマ中の電位差を詳細に調べることは困難であるが、大気中における衝突を考慮することにより、プラズマの移動距離やジェット(縞模様)の長さはプラズマの電流と電流の持続時間の積であるプラズマの電荷量に比例することになる[1,3,4]。また、移動するプラズマと大気との衝突はエネルギー損失となることと、大気中に流れる気体における衝突頻度は流れる気体のガス流速によって変化するため、プラズマの移動距離と長さはガス流速に対しても変化することが確認される[5]。このように、電源の印加電圧や供給ガスの状況に対して、発生するプラズマの電流とその持続時間やプラズマの形状等は関係する。そこで本記事では、大気圧非平衡プラズマにおける電氣的及び光学的特性に関する研究について紹介する。

2. プラズマの電氣的特性

図1のように大気圧非平衡プラズマの発生装置

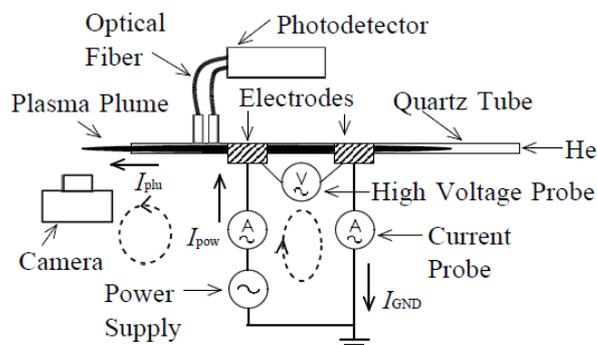


図1 大気圧非平衡プラズマ発生装置

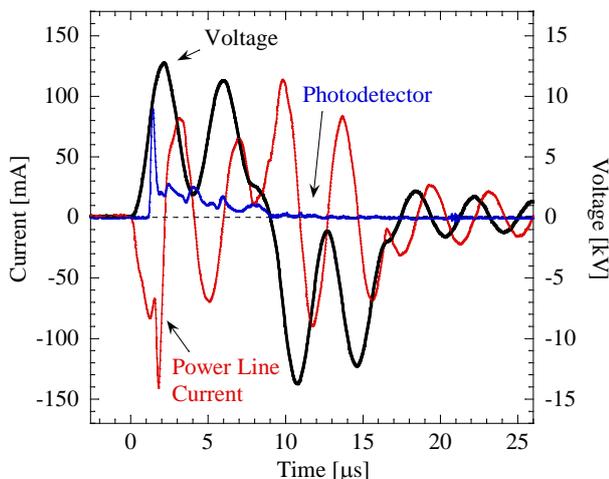


図2 典型的な時間発展図[1]

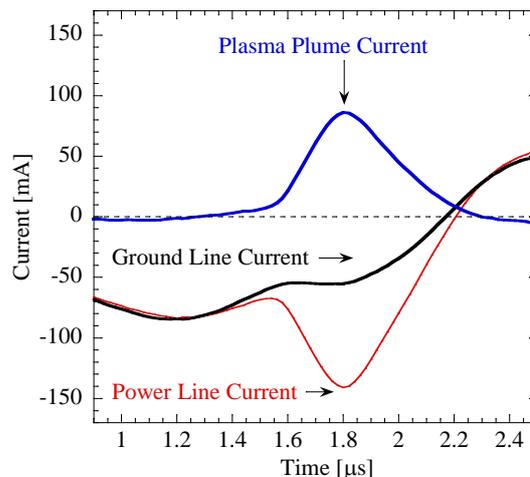


図3 プラズマ電流の時間発展図

は交流電源、石英管、ガスフローコントローラー等から構成される[1]。使用ガスはヘリウムガスである。プラズマの長さはデジタルカメラによって観測される。電力供給線における電流を I_{pow} 、接地線における電流を I_{GND} とする。プラズマが発生した際における印加電圧と電力供給線の電流、光検出器信号の典型的な時間変化を図2に示す。電流測定には電流プローブを用いているため、誘導ノイズが含まれる。電流は保存するため、 I_{pow} と I_{GND} の電流の差分が、図3に示すように大気中へ放出されるプラズマ（プルーム）の電流 I_{plu} となる[6,7]。プラズマの電流は時間変化し、その時間積分がプラズマの電荷量となる。印加電圧の波形とピーク値を変えることによって、プラズマの電流値と電流の持続時間は変化するため、プラズマの電荷量は変化する。また、プラズマの長さも印加電圧の波形とピーク値によって変化する。そこで、プラズマの長さやプラズマの電荷量の関係を図4に示す。用いたヘリウムガスはガス流量2.0 slmでは層流状態であり、10.0 slmでは乱流状態とする。乱流状態においては、プラズマと流れる気体における衝突頻度が高まり、プラズマのエネルギー損失が多いため、プラズマの長さが制限されると推

定される。また、流れる気体の状態は使用する気体と空気とのモル比によって変化するため[5]、石英管の端から遠くなることでも変化する。したがって、プラズマの長さはプラズマの電荷量と衝突による損失とのバランスによって決まることになる。また、同じガス流量で印加電圧が異なる場合においても、同じプラズマの電荷量であれば同じプラズマの長さに形成されることが確認できる。したがって、異なる電源においても、同じようなプラズマの電流と電流の持続時間が得られれば、同じ

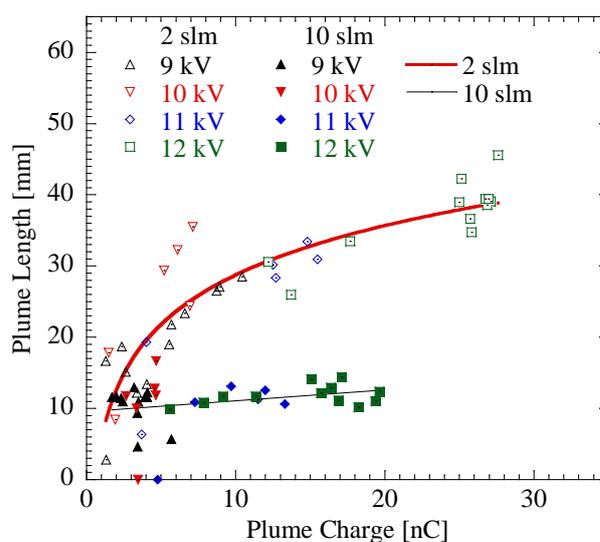


図4 プラズマ電荷量とプラズマ長の依存性[1]

ようなプラズマが形成されることになる。このことは、ロジー電子株式会社 (logydenshi.co.jp/) の電源 (LHV-13AC) と株式会社ハイデン研究所 (www.haiden.co.jp/) の電源 (PHF-2K 型) を用いることでも確認できる。具体的には、異なる電圧波形 (正弦波かインパルス波) でプラズマの電流が異なっても、同じプラズマの発生周期 (電圧の周波数) で同じプラズマの電荷量 (電流×電流の持続時間) が得られれば、同じプラズマの長さで形成されることが確認できる。

3. プラズマの光学的特性

分光計測により、プラズマの発光から励起温度やプラズマの移動速度を調べることが可能である。大気圧非平衡プラズマの励起温度は線対法によって、発光スペクトラムの強度差から計測することができるが[8]、電子温度はプラズマの発光時間を考慮することによって約 1 eV 程度と求まる[9]。また、プラズマの移動速度は、プラズマの発光を二箇所計測して求める時間差測定法でその移動速度を求めることができる。電流 I は電荷素量 e 、電荷の移動速度 v と密度 n 、経路の断面積 S の積 $I=envS$ で表される。大気圧非平衡プラズマにお

いて、ジェット形成は電離面の移動でありイオンはほとんど動かず、電子のみが動くことになるため、半導体中の電子の運動と見なすことができ、電荷の移動速度は実効的な電荷移動の担手の移動速度となる。したがって、プラズマの電離面の移動速度を電荷の移動速度と考えることができ、電離面の移動はプラズマの発光の変化から推測することができる[10]。計測から求めた石英管内におけるプラズマの移動速度と印加電圧の波形との関係を図 5 に示す。図中において、1_0 は一発の正インパルス波、2_0 は二発の正インパルス波、2_1 は二発の正インパルス波の後に負インパルス波、2_2 は図 2 に示すような正負二発のインパルス波となり、印加電圧のピーク値は同じであるが電圧の印加時間が異なることになる。印加電圧の波形が異なるとプラズマの移動速度の空間分布が変化することが確認される。このことは電圧のピーク値が同じであれば電界強度は同じであるが、電圧の印加時間が異なるため、プラズマが加速される時間が異なることになる。よって、プラズマの電荷量はプラズマの発生量 (電流) とプラズマの加速時間 (持続時間) に関係することになる[1]。また、発光スペクトラムにおける各波長の発光強

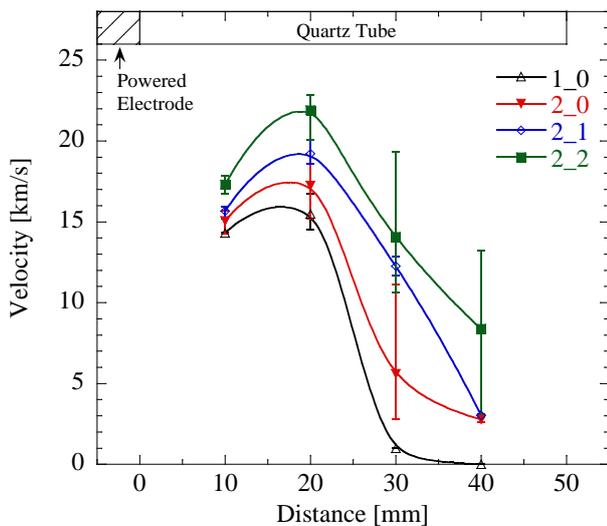


図 5 プラズマ移動速度の空間分布[10]

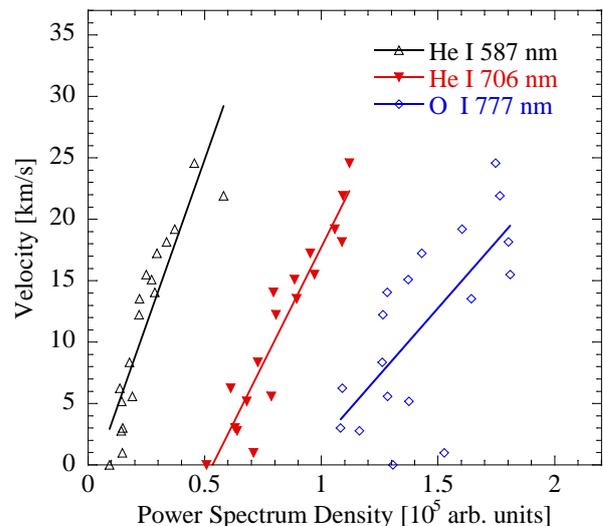


図 6 プラズマ移動速度と発光強度の依存性[10]

度とプラズマの移動速度との関係を図 6 に示す。図中において、587 nm と 706 nm はヘリウムイオンに起因し、777 nm は酸素イオンに起因する。ヘリウムイオンはプラズマの移動速度と線形に比例するが、酸素イオンは比例しないことが確認できる。ヘリウムイオンはプラズマの移動に伴い発生するため、プラズマの移動速度が速い場合、プラズマのエネルギーが高くなるので、発光強度が強くなると考えられる。一方、酸素イオンは大気雰囲気中の流れていない空気からプラズマの衝突によって発生するので、プラズマからの衝突によるエネルギー伝搬に依存するため、単純に線形比例しないと推測できる。また、このようなプラズマの移動速度と発光強度の関係から、一箇所の計測点からプラズマの移動速度を求めることが可能であると思われる。

4. おわりに

大気圧非平衡プラズマの電氣的及び光学的特性を相互に調べることにより、プラズマの形成状況とその特性を明らかにすることが可能である。発生するプラズマの電荷量は特定の電源に依存しないため、例えば、プラズマ照射時におけるプラズマの電荷量とその照射した効果との関係性を明らかにすることができれば、応用研究において得たい効果や目的に適した電源を用意することが可能になると思われる。

参考文献

- [1] K. Yambe, K. Konda, and S. Masuda; *Physics of Plasmas*, vol.23, (2016) 063512.
- [2] S. J. Kim, T. H. Chung, and S. H. Bae; *Physics of Plasmas*, vol.17, (2010) 053504.
- [3] K. Yambe, S. Taka, and K. Ogura; *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.*, vol.9, (2014) S13.
- [4] K. Yambe, K. Konda, K. Ogura, and H. Sakakita; *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol.44, (2016) 107.
- [5] K. Yambe, K. Konda, and K. Ogura; *Physics of Plasmas*, vol.22, (2015) 053513.
- [6] K. Yambe, S. Taka, and K. Ogura; *Physics of Plasmas*, vol.21, (2014) 043511.
- [7] K. Yambe, H. Saito, and K. Ogura; *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.*, vol.10, (2015) 614.
- [8] K. Yambe and S. Satou; *Physics of Plasmas*, vol.23, (2016) 023509.
- [9] K. Yambe, S. Muraoka, T. Nihei, and S. Abe; *Physics of Plasmas*, vol.24, (2017).
- [10] K. Yambe and S. Masuda; *Physics of Plasmas*, vol.23, (2016) 093516.

研究室紹介

岩手大学 プラズマ・パルスパワー研究室

岩手大学理工学部電気電子通信コース 高橋克幸, 高木浩一

1. はじめに

岩手大学がある岩手県は、面積は本州一大きく、人口密度は本州一低く、また、県庁所在地である盛岡市中心部から車で 40 分程度の距離に、本州一寒い藪川という場所に行き着くことができるなど、自然が豊かな土地です。また、人口約 30 万人とこぢんまりとした盛岡市には、3 本の美しい川が流れています。その一つである北上川の先には、南部片富士とも呼ばれる岩手山を遠望でき、四季ごとにそれぞれ違った美しい景色を見せられます(図 1)。県内の人々は、このような景色を毎日眺め、そして、自然の恵みと日本酒を味わいながら生活をしています。決して派手さはありませんが、実直さと誠実さ、優しさがあふれています。

さて、岩手大学は、メインキャンパスを盛岡市に有しており、昭和 24 年に盛岡師範学校、岩手県立実習補習学校教員養成所、盛岡高等工業学校、盛岡高等農林学校を基盤として設置されました。特に盛岡高等農林学校は、宮沢賢治が学生時代を過ごしたことで有名です。現在の学部は、4 学部



図 1 岩手山と北上川

となりますが、一昨年には各学部で改組があり、工学部が理工学部になり、農学部にはこれまでなかった水産系のコースが新設されるなど、昨今の社会ニーズや地域課題などに合うよう組織が運営されています。学生数は修士・博士を含め全学で約 6 千人で、地方大学としても小規模な総合大学に属します。

本研究室は、理工学部・電気電子通信コースに所属し、高木浩一教授、高橋克幸助教を中心として構成しています。大学院生、学部 4 年生を主とする学生は、25 人弱となります(図 2)。みんな団結し、よく飲み、よく学び、元気よく、楽しみながら研究に励んでおります。研究の中心となる技術としては、パルス高電圧発生技術およびそれを用いた放電プラズマの発生と制御で、これを用いた環境、材料、農水産・食品業への応用など様々な研究に取り組んでいます。特に近年では、農業応用研究に力を入れています。

2. 農業・食品応用研究

ご存じの通り、近年では、農業従事者の超高齢



図 2 研究室のメンバー

化や従業者数の減少に伴い、農産物の生産力の低下などが問題となっています。そのため、新しい技術導入によって農業の高度化を行い、生産性を向上することが課題となっています。一般的に農水産業は、生産物の収穫前(プレハーベスト)と、収穫後(ポストハーベスト)に大きく分けられます。また、食品加工も重要な分野であり、それぞれで必要になる技術・知見が異なります。

2-1. プレハーベスト

生産物の収穫前(プレハーベスト)では主に作業性や生産高の向上を目的とした技術が必要となります。本研究室では、パルス高電界によるキノコの増産、水耕栽培用養液の殺菌・栄養付加処理などに取り組んでいます。

キノコの増産研究においては、シイタケを植菌したホダ木や菌床に対し、30~50kV、10~20J程度のパルス電圧を印加し、子実体(可食部、いわゆるキノコ)の収穫量、数量などを数日にわたって測定をしています(図3)。その結果、20%程度の増産効果や子実体形成の早期化など生産サイクルの短縮や、労働者の負担減に寄与し得る結果が得られています。また、その要因として、パルス印加によってキノコの菌糸が物理的に断裂された様子や、子実体形成にかかわる酵素などの出現などの様子を確認しています。

水耕栽培用養液の処理では、水中の気泡内で放



図3 キノコホダ木へのパルス印加実験の様子

電を発生し処理をするリアクタ(図4) [1]を用い、トマトの栽培現場において1年程度の期間、実証試験を行っています。このリアクタは、もともとは本研究グループで有機汚染水の処理を目的として研究されていたものですが、プラズマによって生成した化学的活性種を効率よく対象の溶液に溶かし、そこで反応を発生させるという、基礎となる物理は同じですので、このように農業系への展開を行っています。ここでは、青枯病菌などのトマトの生育に対し問題となる菌を水中プラズマによって殺菌し、植物の発病リスクの低減が可能であることを実証しています。

2-2. ポストハーベスト

ポストハーベストでは主に、農産物や海産物の鮮度保持技術が重要となります。東北地方では、香り高くさわやかな酸味がある質の高いリンゴや、三陸地方の新鮮で味が深いウニなどの海産物などが有名です。放電プラズマや、電界を用い鮮度保持を可能とすることによって、これらの商品価値や安全性を、いままでより長期間確保すること、そしてそれによって新しいチェーンサプライの構築を見いだすことが研究の目的となります。

リンゴなどといった青果物は、植物ホルモンの一種であるエチレンを多量に発生しますが、このエチレンは他の青果物の腐敗を進行させます。そのため、輸送コンテナなどで多種の青果物が混載される場合、このエチレンを除去する必要があります。そこで、誘電体バリア放電により高効率で分解を可能とする装置の開発を行っています。本方式は、光触媒方式などと比べ、エネルギー密

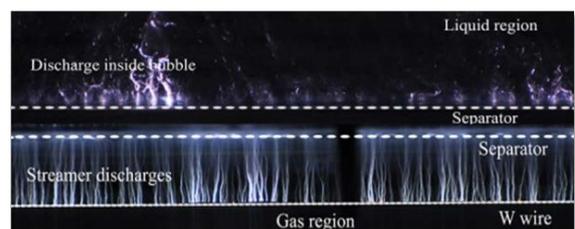
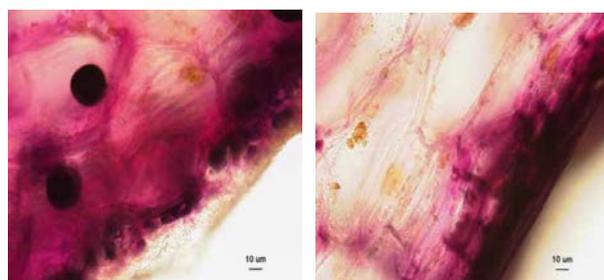


図4 水中放電の様子[1]

度も高く装置が非常にコンパクトで、効率も3桁程度高いことが利点となります。この技術も、もとはオゾン発生や NO_x 除去に関する環境応用研究で培われたものです。また、交流電場を海産物に印加することによって、ホタテやウニなどの細胞膜の損傷を抑制することによって鮮度維持を可能とする効果について、ATP 評価や LDH 活性評価などを用い検証しています。

2-3. 食品加工

食品加工においては、付加価値の創出や安全性の向上などによる商品価値の増加、残渣の有効活用などによる生産性の向上などが主に必要とされます。例えば、フレンチパラドックスの一つの要因として考えられているワインに含まれるポリフェノールは、ブドウ表皮内にあるアントシアノプラストと呼ばれる膜内に、多量に蓄積されています。この有用成分の抽出には、加熱や有機溶媒などで行われることがありますが、効率や安全性の問題があります。パルス高電界を用いた場合、膜に損傷を与え、効率よくかつ安全にポリフェノールの抽出を可能となります(図 5)[2]。また、日本酒の製造工程において、火入れという工程があります。生酒中には、麴の酵素が含まれるため、長期の保管中、タンパク質の分解などが生じ、味の変化や生老香といった匂いの発生が生じます。火入れ工程は生酒を高温(60℃程度)で処理し、酵素の不活化や殺菌を目的として行われますが、その一方、加熱により香りの変化や味の損失などを招



(a) パルス印加前 (b) パルス印加後

図 5 ブドウ表皮の光学顕微鏡写真[2]

きます。本研究室では、これらの酵素の不活化を、パルス電界によって高効率・短時間で行うことで、生酒のような香りが高い状態を保った新しい清酒の開発などを目指しています。

3. アウトリーチとして

本グループが取り組んでいる応用研究は、本学の所在である岩手県内の多くの企業、研究機関と共同で、地域創生と課題解決を目的として行っています。また、県内だけではなく、全国の組織、さらには、タイ王国などの発展途上国にある大学とともに幅広く連携し、各地域特有の課題解決に取り組んでおり、地域で得られた技術を世界へと発信しています。さらに、小中高生を対象としたエネルギー教育(図 6)、SSH などといった高大連携を通しての、次世代の人材育成や東日本大震災の復興支援にも役立っています。もちろん、研究生活を頑張って卒業した OB・OG が全国・世界で活躍していることも、大きな成果となります。今後も、中心となるコアの研究・技術を大事に、自然とひとの生活に寄り添った様々な新しい研究に取り組んでいきます。

参考文献

- [1] K. Takahashi, K. Takaki and N. Satta; J. Adv. Oxidat, vol 15, (2011), pp.2654-2655.
- [2] 畑山仁,小出章二,高橋克幸,河村幸男,高木浩一,農業機械学会誌, vol. 73 (2013), pp.135-142.



図 6 子ども科学館でのエネルギー教育の様子

ドイツ・カールスルーエ滞在記

大阪大学 アトミックデザイン研究センター 李 虎

はじめに

筆者は2016年1月から3ヶ月間ドイツのカールスルーエ工科大学（Karlsruhe Institute of Technology: KIT）の Institute of Nanotechnology（INT）にて客員研究員として研究活動を行いました。短期の研究活動ではありましたが、本稿では、ドイツでの研究生活と研究内容について簡単に紹介させていただきます。

渡独まで

筆者は、現在、日本学術振興会の特別研究員として、大阪大学工学研究科アトミックデザイン研究センターの浜口研究室にて、プラズマエッチングにおける表面反応に関する研究に従事しています。今回のドイツカールスルーエ滞在記は、筆者が、同大学の博士後期課程時に行なった留学研究活動を記したものであり、大阪大学の「研究留学助成金」の助成を受けて行いました。本助成は、海外の大学・研究機関における短期研究留学等の研究活動を推奨支援し、国際性豊かで創造的な研究開発活動を独力で展開できるグローバル人材を育成するために行われています。

筆者は、これまで、イオンビーム照射実験[1]により、透明電極材料であるITO（Tin-doped Indium Oxide）とZnO（Zinc Oxide）のエッチングに関する研究を行ってきました。実験とあわせて、そのエッチングにおける表面反応の機構を理論的に捉えるために、数値シミュレーションによる計算を始めることになり、研究と第一原理計算に関する勉強を兼ねてKITに留学することを決め、Wenzel先生も快く受け入れてください

ました。Wenzel先生の研究グループでは、主にNanoscaleとBiomolecular Simulation研究に携わっています。私は、Nanoscale materials simulationグループに入りました。

筆者は、2014年にKITで行われたHeKKSaGOn[2]のsummer schoolに参加し、一度KITに訪問したのがきっかけでWenzel先生と出会いました。その時には、今後共同研究でお世話になるとは思っていませんでした。

KITは、ドイツのLand Baden-Württembergに位置し、1825年に創立されたドイツでは最古の工業大学です。KITはCampus SouthとNorth、2つのキャンパスがあり、カールスルーエ大学（Campus South）とカールスルーエ研究センター（Campus North）が2009年に合併してKITが設立されました。KITと関わりのある有名な人物の中では、カールスルーエ大学の教授として在任中に電磁波の存在を初めて実証したハインリヒ・ヘルツが世界的に知られています。



写真1 筆者-KIT校内のハインリヒ・ヘルツ像前

筆者は、TURBOMOLE[3]という *ab initio* computational chemistry program を利用して研究を行いました。この program は KIT の研究グループが開発したものであり、その program の「発祥地」にて非常に恵まれた環境で研究を行うことができたので、大変嬉しく思っています。ここで、筆者が行なった第一原理計算による透明電極材料のエッチングにおける水素効果の解明[4]について簡単に紹介いたします。

研究概要

Zinc Oxide (ZnO) is a transparent conducting oxide (TCO) that may be used as an alternative to indium tin oxide (ITO) for microelectronics devices. As the sizes of some microelectronics devices using TCOs decrease, there has been an increasing demand for sub-micron- or even nano-scale pattern formation of ZnO thin films.

In this study, the effects of hydrogen storage in ZnO are examined. We describe how DFT calculations can be used to evaluate the modification of bond energies of ZnO crystals by additional H atoms. To examine this local effect, we use the embedded cluster method (ECM) [5] to evaluate a small region of a ZnO crystal in DFT. In this method, a large but finite ZnO crystal (hexagonal wurtzite), as shown in Fig. 1, is taken as a model system. The finite ZnO crystal shown in Fig.1 is terminated by a layer of Zn atoms at one side (on the left in this figure) and a layer of O atoms at the other side (on the right). Such terminations create an artificial dipole moment across the crystal. In order to compensate this finite size effect, we place additional counter-charges on both sides of the crystal to eliminate the global dipole

moment in this system [6-8].

In the ECM, the entire system is divided into two regions: the QM region, where atoms are treated quantum-mechanically, and the embedding region, where atoms are essentially represented only by point charges (PCs), i.e., $+2e$ for Zn and $-2e$ for O.

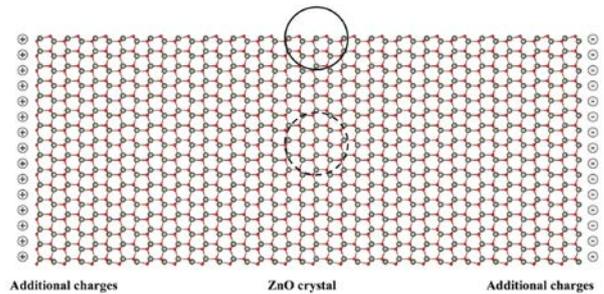


Fig. 1 A side view of a rectangular ZnO crystal. DFT simulation is performed only for a small cluster of atoms placed in the central region (called the QM region) of this system, which is approximately denoted by the solid or broken circle. Since no periodic boundary condition is imposed, additional counter-charges are also placed on both sides of the crystal to eliminate the global dipole moment arising from positively charged Zn atoms and negatively charged O atoms.

We created a cluster of ZnO atoms that are to be simulated quantum-mechanically in the QM region by alternately adding complete shells of Zn or O atoms. (Fig. 2) An O atom was chosen as the central atom of the cluster, then Zn atoms which tetrahedrally surround the central atom were added in the first shell. In the next surrounding shell, O atoms are added to the cluster in a similar way. A charge neutral H atom is placed at an arbitrary location slightly below the very top surface.

In this study, we have focused on the effects of hydrogen deposition in ZnO on its sputtering yield. The energetic impact of H^+ ions on ZnO is

likely to damage its microcrystalline structures and affect its sputtering yield. The simulation results show that, with stored hydrogen, ZnO partially form ZnOH and its structure becomes less resistant against physical sputtering. The computational study performed here can account for the RIE of ZnO by hydrocarbon plasmas. However, the results offer only qualitative tendency regarding the sputtering yield of ZnO and a quantitative discussion on the change of the ZnO sputtering yield by incident H^+ ions is beyond the scope of this work and is deferred to future study.

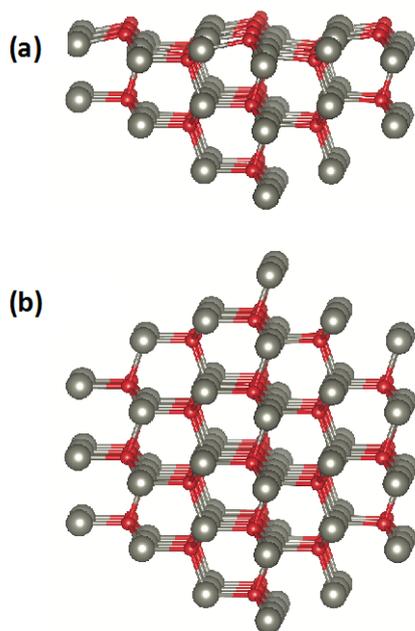


Fig. 2 Configurations of optimized structure of ZnO clusters, which are denoted by the solid and broken circles in Fig.1. The cluster (a) was used for surface simulation whereas the cluster (b) was used for bulk simulation.

カールスルーエでの生活

カールスルーエは、ドイツの南西部にあるバーデンヴェルデンベルグ州の第二の都市と言われており、カールスルーエ城 Schloss Karlsruhe (写真 2) の塔を中心に、通りが放射状に広がるように造られています。そして、カールスルーエは、

原子力研究所がある町として知られています。カールスルーエは意外と小さな町なので、週末によく都市中心部を歩き回りました。



写真 2 カールスルーエ城

私は、KIT の Guest House に住んでいました。Guest House はデパートやレストランなどが立ち並ぶカールスルーエの目抜き通りにあるので、普段の生活に非常に便利です。しかし、通学するには、時間を要し、Guest House から KIT 南キャンパスまで徒歩 15 分、さらに、南キャンパスから私が通っていた北キャンパスまで無料の Campus Shuttle で 20 分程度かかりました。また、KIT INT の建物の中には、Office 以外にも「Nano Café」というレストランのような場所があり、学生や研究者たちが、そこに集まって cake や muffin にコーヒーを飲みながら、研究について議論したり、お互いの文化について話したりして、穏やかな雰囲気の中で研究が進められているのを感じました。



写真 3 ドイツ伝統麺料理

ドイツの料理 (写真 3) は美味しくて、量が多

くて、私は毎日の食事を楽しみにしていました。日本料理のお寿司屋さんもありますが、高価でしたので、お米が食べたい時には、中華レストランに行けば、安くて満足度の高い食事ができました。現地にいる日本の方もお米が食べたくなくなった時に、そのレストランによく訪ねるそうです。ドイツでの生活全てがスムーズでしたが、ドイツに来て 2 ヶ月目、理髪に行った時に、困りました。店員さんはドイツ語しか話せず、英語でコミュニケーションがとれなかったので、現地の若者に人気だと思われる髪型に切ってもらいました（写真 1）。

カールスルーエには、観光スポットが少ないのですが、フランス国境にも近い場所に位置し、カールスルーエ中央駅に TGV（高速列車）が止まるので、周辺への観光にアクセスが非常に便利です。筆者は、週末の時間に、ハイデルベルクやフランクフルトやパリまで行って、研究以外に、多様な文化に触れ、自分の視野を広げることができて、充実な留学生活でした。

おわりに

ここまで本留学に関することについて紹介しました。私の場合は、日本に留学中に、さらにドイツに留学しました。日本に来て 6 年目（ドイツに行く前）で、もう留学生活に慣れていていると思って、ドイツ留学を決めました。現地でドイツ語が話せなくて失敗や苦労も少なくありませんでした。その度に、多くの方々に助けられて、充実な留学生活と研究ができました。今回の留学を通じて、様々なことに挑戦し続ければ、自分は成長し続けることが分かりました。研究以外にも、このような失敗や苦労が多いと思うのですが、それに立ち向かって経験したからこそ、自分をさらに成長させ、自分のキャリアもより豊かになると思います。長期留学でなくても、summer school のようなイベントに参加し、現在の研究環境と一味違う留学

経験を積めるのも、自分のキャリアに非常に役に立つと思うので、筆者は強くお勧めします。これから留学を目指している学生、また、現在海外で研究活動を行っている学生や研究者たちに、本稿が、少しでも、手助けになれば幸いです。

謝辞

本留学の機会を提供して下さった大阪大学の教育推進部に大変感謝致します。さらに、いつも研究活動および留学をサポートして下さった大阪大学アトミックデザイン研究センターの浜口智志教授に、この場を借りて感謝申し上げます。この他にも、KIT の Wenzel 先生とグループメンバー皆様に再度心からお礼申し上げます。最後に、一緒に日本に来て、いつも、すべての面において全力で支えてくれる妻に感謝の念が絶えません。

参考文献

- [1] <http://www.hekkagon.net>.
- [2] K. Karahashi, S. Hamaguchi, J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 224008 (2014).
- [3] R. Ahlrichs, M. Bär, M. Häser, H. Horn, C. Kölmel, Chem. Phys. Lett. 162, 165 (1989).
- [4] H. Li, K. Karahashi, P. Friederich, K. Fink, M. Fukasawa, A. Hirata, K. Nagahata, T. Tatsumi, W. Wenzel, and S. Hamaguchi, J. Vac. Sci. Technol. A 35, 5 (2017).
- [5] K. Fink, Phys. Chem. Chem. Phys. 7, 2999 (2005).
- [6] H. Evjen, Phys. Rev. 39, 675 (1932).
- [7] L. Z. Stolarczyk and L. Piela, Int. J. Quantum Chem. 22, 911 (1982).
- [8] L. Piela, J. L. Bredas, and J. M. Andre, J. Chem. Phys. 78, 295 (1983).

熱プラズマ入門

金沢大学 田中康規

1. まえがき

熱プラズマとは、一般的にガス温度が数万 K 程度と高く、電子温度とガス温度とがほぼ等しいプラズマを指す。熱平衡プラズマともいう。大気圧下で電極間に 1.0 A 程度の定常電流を流せば、熱プラズマの一種「アーク放電」が成立する。このような熱プラズマは産業界においてすでに非常に広く応用されている。例えばアーク放電は、アーク溶接、アーク切断、プラズマ溶射、プラズマ溶解、プラズマ精錬、廃棄物処理、環境汚染物質分解など様々な材料プロセスで活躍し、電力用遮断器においては大電流を導通しかつ大電流を切る役割を担っている。さらに近年では、機能性ナノ材料（ナノ粒子、ナノワイヤ、ナノチューブなど）を極めて大量に生成する技術の開発や超高速で機能性膜を生成する[1,2]、あるいは改質する技術の開発などにおいても非常に注目されている。

本稿では、おもに非平衡プラズマ、熱プラズマを学び始めた学生の方々や他分野の方々に対して、熱プラズマの特徴の一般的な概略を紹介し、どのような特徴を活かして熱プラズマ応用なされるのか、どのような原理で熱プラズマが成立しているのかなどの極めて基礎的な情報を提供するものである。

2. 熱プラズマの一般的な特徴

2.1 熱プラズマの有利な点

熱プラズマの大きな特徴の一つが、その高い加熱能力である。これを高エンタルピー性と呼んでいる。高いエンタルピーとは、ガス温度が高くかつガス粒子密度が高いため、包蔵するエネルギー

量が高いことを指す。このため熱プラズマは容易に、被加熱物の温度を上昇させることが可能である。被加熱物が固体や液体の場合その比熱は非常に大きく、非平衡プラズマの照射によってのみでは容易にその温度を上げることは難しい。一方、熱プラズマの照射は、照射された固体・液体材料の温度を容易に上昇させ、熔融させ、さらには蒸発させ、原子化することが可能である。このような特徴は燃焼炎などでは実現できず、熱プラズマのみがその能力を有し、極めて重要な特徴となっている。そのため、熱プラズマ応用においては、その特徴を活かした材料の熔融、蒸発、分解といった応用がなされている。固体・液体原料が使用できることで、材料処理量を極めて多くすることが可能である。また高ガス温度のプラズマを局所的な範囲で生成することも可能である。さらに後述するように、極めて高密度の反応活性化学種を生成することができる。これらの性質を活用することで、材料の超高速大量生成や、超高速加工などが実現可能である。

2.2 熱プラズマの克服すべき点

熱プラズマは、ガス温度が数万 K と高い。この高い温度が欠点になりうる。この高温により、本来加熱してほしくない部分が加熱されたり熔融されたりしてしまう。さらにガス温度の制御が比較的難しい。アーク放電の場合には、数 10 A 以下の小電流域でアークプラズマに流れる電流を小さくすると、アークの中心軸の温度はあまり変わらず

表 1. 熱プラズマと大気圧非平衡プラズマの物理パラメータの相違

物理量	熱プラズマ	非平衡プラズマ
ガス温度	5000-30000 K	R.T.-1000 K
電子温度	10000-30000 K	2000-50000 K
電子密度	10^{23} - 10^{25} m ⁻³	10^{15} - 10^{20} m ⁻³
原子・活性化学種の密度	10^{21} - 10^{24} m ⁻³	10^{18} - 10^{21} m ⁻³
支配的反応	電子-ガス粒子衝突, ガス粒子-ガス粒子衝突	電子-ガス粒子衝突
輸送	ガス対流, 拡散	拡散

アークの直径が小さくなる。さらに電流を小さくするとアークが消滅してしまう、これは熱プラズマが自己維持機構により成立しているためである。すなわち、熱プラズマ自身のガス温度が高くなりそれによる電離が、電子密度生成の一部の役割を担っている。そのため、温度が低くなるとその機構が成立しなくなり、熱プラズマは消滅する。また熱プラズマは内部に大きな電流密度で電流が流れている特徴があるため、自己磁界との相互作用により大きく挙動が変化する。これがメリットデメリットにもなりうる。またガス流により大きく影響される。ガス流は乱流になることがしばしばあり、挙動が乱雑となり、その制御は非常に難しくなる。

逆にこれらを克服すれば、さらなる応用が開け、極めて有用なプラズマ源となりうる。実際、近年パワー半導体を用いたインバータ電源とその制御技術が発達し、熱プラズマに流れる電流を詳細に制御できるようになってきている。これによりガス温度の時間的制御なども行われている。洗練されていない無秩序な状態を、新しい技術創出で制

御し、新しい分野を開拓しようとしているのが熱プラズマ分野である。

2.3 熱プラズマと非平衡プラズマとのおもな物理パラメータの相違

大気圧非平衡プラズマと、ここで対象としている大気圧熱プラズマでは、パラメータ・プロセスにどのような相違があるのかを簡単にまとめたのが表 1 である。運転条件にも大きく依存するが、非平衡プラズマの場合にはガス温度は室温から千数 K 程度で、電子温度は数 eV 程度になるいわゆる熱的な非平衡状態となっている。一方、熱プラズマはガス温度と電子温度とがともに数千 K から数万 K である。電子温度とガス温度の違いは、電子エネルギー保存式を変形して次式から得られる。

$$\frac{T_e - T_g}{T_e} = \frac{3\pi m_g}{32m_e} \left(\frac{e\lambda_e E}{\frac{3}{2}kT_e} \right)^2$$

ここで T_e は電子温度[K], T_g はガス温度[K], E は外部印加電界[V/m], m_e, m_g はそれぞれ電子およびガス粒子の質量[kg], k は Boltzmann 定数(=1.38 × 10⁻²³ J/K), λ_e は電子の平均自由行程[m]である。すなわち、電子が平均自由行程程度の距離を進む間に外部電界から得るエネルギーが、電子の持つ熱運動エネルギーより十分小さければ、 $T_e \sim T_g$ となることを意味する。熱プラズマではガス密度が高くかつガス温度が高く 10000 K 程度以上の高い部分では、電子-ガス粒子間の衝突周波数が高く、 $T_e \sim T_g$ が成立している。逆に高温状態の周囲においてはこの条件を満たさず、 $T_e > T_g$ となる領域も大きく存在する。

電子密度にも大きな差がある。大気圧非平衡プラズマにおいては 10^{15} - 10^{20} m⁻³ 程度であるが、熱プラズマでは 10^{23} - 10^{25} m⁻³ と桁数大きい。これにより半導体程度の導電率を維持し、内部に大電流

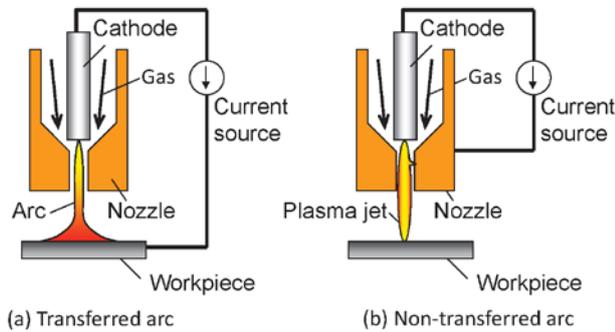


図 1. アーク放電方式の例

が流れることを許容している。反応場の形成において、非平衡プラズマと熱プラズマとは大きく異なる。非平衡プラズマではガス温度は室温程度に低い状態で電子温度だけを上昇させ、電子がガス粒子に衝突することによる反応（励起、電離、解離）が生じ、化学活性種を生成する。このため活性化学種や原子の密度は $10^{18}\text{-}10^{21} \text{ m}^{-3}$ 程度であると推定される。一方、熱プラズマはガス温度が高いため、ガス粒子同士の衝突による反応が高頻度で生じる。そのため、分子の解離度は90%を超える。そのため、原子・活性化学種密度は 10^{24} m^{-3} に達することもある。これにより例えば極めて高速に、表面処理が可能になる。実際、酸化処理・窒化処理などで数時間程度必要であるものが数分程度でできるといった報告もある[3]。

生成された活性種は、熱プラズマの場合には、強いガス対流により輸送される。したがって、熱プラズマの解析・応用においてはガス流場の把握とその制御が極めて重要である。さらに熱プラズマにおいてはエネルギーの輸送においてもガス対流が大きな役割を果たし、熱伝導、放射輸送が熱プラズマのエネルギーバランスを決める。これらを求めるために、いわゆる電磁熱流体解析が行われる[4]。

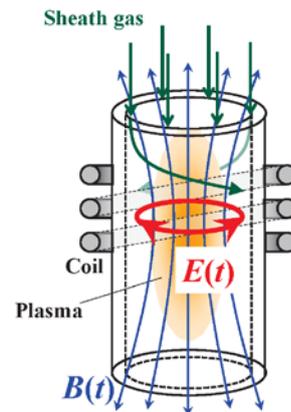


図 2. 高周波誘導熱プラズマ方式の例

3. 熱プラズマの発生法

熱プラズマは様々な材料プロセスで応用されている。熱プラズマを発生する手法として、直流や商用周波数(50/60 Hz)を用いる方法（アーク放電方式）、高周波を用いる方法（誘導結合型）がある。いずれも熱プラズマ成立に必要な高い電流密度を熱プラズマ自身に流すための構造となっている。これらの特徴について簡単に述べる。

図 1 はアーク放電方式の例を示している。アーク放電は、二つの閉じた電極に電流を流しておき、それを快挙すれば電極間空間に成立する。電流が 1.0 A 程度であればほぼアーク放電といってよい。材料プロセスに用いられるアーク放電には、アーク放電方式には、(a)の移行型アークと、(b)の非移行型アークという 2 種類がある。移行型とは被加熱物が陽極となり、陰極と被加熱物陽極の間にアークプラズマが維持される形態をいう。被加熱物自身が陽極であるため、アークプラズマと直接接触し、かつ電子流入に伴う仕事関数分の加熱が加わる。さらに非加熱物自身に電流が流れるためそのジュール加熱も加わり、極めて効率的に加熱が行われる。被加熱物自身を陽極に使用するため、被加熱物には導体材料に限られる。一方、非移行型アークの場合には、ノズルが陽極となっており、陽極と陰極の間にアークプラズマを成立させる。

このアークプラズマをガス流によってノズル外にジェットとして噴出させる。このプラズマジェットを加熱に使用する。この方式の場合には、被加熱物が非導電性材料でも使用可能である。しかし移行型アークよりも加熱効率は小さくなる。

アーク放電方式は電極を使用し電極と高温アークとが必ず接触するため、アークプラズマへの電極材料の混入が避けられない。これは材料プロセスにデメリットとなる場合がある。そのような場合、高周波電磁場で熱プラズマを発生できる。図2は、誘導結合熱プラズマ方式の原理概略図である。通常、よく用いられるのはラジオ周波数 RF (Radio Frequency) と呼ばれる数十 kHz から数十 MHz の帯域の高周波電流である。絶縁円筒管にコイルを巻いた構造となっており、コイルに高周波電流を流すことにより、円筒管内空間に、円筒管の軸方向の交番磁界を発生させ、管内空間に周回方向の誘導電界が発生する。この誘導電界によりドーナツ円筒状のプラズマを発生させる。気体の圧力が高く、投入電力密度が高ければ、電子からガス粒子に十分エネルギー交換がなされ、熱プラズマが生成される。RF 誘導熱プラズマは無電極放電であるため、電極からの材料混入などの不純物問題から解放される。そのため、材料プロセス用熱プラズマ源として非常に有利であり、広く利用される。また、熱プラズマが直接接触する箇所がないため、長時間運転が可能であるのも特徴の一つである。高周波電源には従来、真空管型の発振回路が多く用いられていたが、近年はパワー半導体デバイスを用いたインバータ電源が用いられる。数十 kW から数百 kW の RF 周波数範囲の産業応用には、パワーMOSFET が用いられる。

4. 熱プラズマプロセッシングにおける把握すべき物理パラメータ

熱プラズマプロセッシングにおいては、把握すべ

き物理パラメータとして、ガス温度、電子温度、電子密度、活性化学種、ガス流速が挙げられる。熱プラズマにおいてはこれらの物理量が空間的に大きく変化するため、これらの空間分布を知ることが重要である。測定には熱プラズマからの強い発光を利用した発光分光分析が最もよく用いられる。発光分光と局所熱平衡仮定を組み合わせ、温度、金属蒸気混入率などの分布の推定も行われている。最近では2次元に分光画像を取得する技術が発展し、空間的なパラメータ把握ができるようになってきている。電子密度、電子温度の測定には局所熱平衡の仮定を必要としないレーザトムソン散乱法やシャックハルトマン法が用いられる。中性粒子密度の測定にはレーザ干渉法が使用されている。これら測定と電磁熱流体数値解析とを合わせて補完しあい熱プラズマ現象の把握に努めているのが現状である。それでも熱プラズマには、非平衡性、乱流現象、固体・液体の相転移と変形を伴う相互作用など、熱プラズマの特性を大きく変化させる現象が存在し、それらを完全に把握することは難しく、今後も測定技術・数値解析技術の発展が期待される。

5. まとめ

本稿では熱プラズマの一般的特徴、発生方式、評価方法を簡単にまとめた。学生のみなさんの理解の一助になれば幸いである。

参考文献

- [1] H.Sone et al., Japanese J. Appl. Phys., 55, 07LE04 (2016)
- [2] N.Kodama, et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 49, 305501 (2016).
- [3] Y.Maruyama, et al, IEEE Trans. Plasma Sci.44,3164-3171 (2016).
- [4] M.Shigeta, J. Phys. D: Appl. Phys. 49 (2016) 493001

第 15 回プラズマエレクトロニクス賞

第 15 回プラズマエレクトロニクス賞について

首都大学東京 朽久保文嘉

第 15 回プラズマエレクトロニクス賞の受賞候補論文を、2016 年 12 月 22 日を応募締切として募集し、6 件の応募がありました。後述の 6 名の委員で選考委員会を構成して選考に当たりました。全ての論文が学術的に価値が高く、産業応用の観点においても有用性が期待される論文でありましたが、厳正な審査の結果、以下の優れた 2 件の論文を選考しましたので、報告いたします。

受賞論文（1）：

論文名：A method for large-scale synthesis of Al-doped TiO₂ nanopowder using pulse-modulated induction thermal plasmas with time-controlled feedstock feeding

著者名：Naoto Kodama, Yasunori Tanaka, Kentaro Kita, Yoshihiko Uesugi, Tatsuo Ishijima, Shu Watanabe and Keitaro Nakamura

雑誌名：Journal of Physics D: Appl. Phys., **47**, 195304 (2014)

受賞者（現所属）：

兒玉 直人（金沢大学）
田中 康規（金沢大学）
北 健太郎（中部電力）
上杉 喜彦（金沢大学）
石島 達夫（金沢大学）
渡邊 周（日清製粉グループ本社）
中村 圭太郎（日清製粉グループ本社）

受賞理由：

本論文では、誘導熱プラズマのコイル電流を振

幅変調することで、従来困難であった熱プラズマ温度場の時間制御を実現し、さらに、この変調に同期して熱プラズマ内に原料を供給するナノ粒子高効率生成法を開発した。また、この手法を用いて、従来手法の 10~20 倍の高い生成効率で Al-doped TiO₂ ナノ粒子生成を実証した。コイル電流の変調度を調節することによってナノ粒子の粒径制御が可能であることも見出している。本方法は、ナノ粒子生成における誘導熱プラズマ法の課題であった生成効率や粒径制御の改善に極めて効果的な手法であり、熱プラズマを用いたナノテクノロジー発展に大きく貢献するものと評価する。よって、プラズマエレクトロニクス賞を授与するに相応しい論文である。

受賞論文（2）：

論文名：Calcium influx through TRP channels induced by short-lived reactive species in plasma-irradiated solution

著者名：Shota Sasaki, Makoto Kanzaki and Toshiro Kaneko

雑誌名：Scientific Reports, **6**, 25728 (2016)

受賞者（現所属）：

佐々木 渉太（東北大学）
神崎 展（東北大学）
金子 俊郎（東北大学）

受賞理由：

本論文は、プラズマ照射溶液中に生成される短寿命活性種により、カルシウムイオンを細胞内に流入させる TRP チャンネルが活性化されることを実証している。力学的刺激、温度刺激等による

TRP チャンネル活性化の機序解明が世界中で展開される中、プラズマ照射溶液中の短寿命活性種の効果を初めて言及した独創性は高く評価できる点である。また、細胞内のカルシウムイオン濃度変化は細胞内情報伝達機構を制御するものであるため、プラズマ医療応用として精力的に研究されている、細胞内への遺伝子や薬剤の導入、がん細胞のアポトーシス誘導などの機序解明にも大いに貢献するものと期待できる。よって、プラズマエレクトロニクス賞を授与するに相応しい論文である。

第 15 回プラズマエレクトロニクス賞選考委員会

白谷 正治 (委員長・九州大学)

永津 雅章 (静岡大学)

寺嶋 和夫 (東京大学)

豊田 浩孝 (名古屋大学)

辰巳 哲也 (ソニーセミコンダクタソリューションズ (株))

朽久保 文嘉 (首都大学東京)

プラズマエレクトロニクス賞規程に関する議論

プラズマエレクトロニクス賞規程に、「表彰の対象論文は、原則として、プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等で発表され、且つ募集期間から過去 3 年の間に国際的な学術刊行物に掲載された原著論文とする」という要項があります。今回、「プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等」が定める範囲について選考委員会内で議論がありました。

この要項の精神は、プラズマエレクトロニクス分科会が強く関与する会議等で発表・議論され、そこから生み出された優れた論文を表彰したい、ということかと思えます。従いまして、分科会が主催するプラズマエレクトロニクス研究会、ICRP、新領域研究会以外に、応用物理学会の春秋の学術講演会は当然含まれるものと考えます。一方、分科会主催ではありませんが、プラズマエレクトロニクス講習会やインキュベーションホール等の講師としての講演は趣旨に合致しません。また、Dry Process Symposium は分科会が直接に関与するものではありませんが、とても関連深い会議であり、また、企業からの優れた発表も多いことから、企業研究者によるプラズマエレクトロニクス賞への応募の機会を広げるものと捉えられます。選考委員会の議論では、規定の修正は行わないが、プラズマエレクトロニクス賞の募集の際、その考え方を募集案内に追記することに致しました。

おわりに

今年も 2017 年 12 月 22 日 (金) (当日消印有効) を応募締切として、プラズマエレクトロニクス賞への応募論文を募集いたします。是非とも奮ってのご応募を心よりお願い申し上げます。なお、本賞の応募規程や要領につきましては、本会報の掲示板、および、分科会のホームページをご参照ください。

第 14 回プラズマエレクトロニクス賞

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

九州大学 板垣奈穂, 松島宏一, 山下大輔, 徐鉉雄, 古閑一憲, 白谷正治

この度は、プラズマエレクトロニクス賞という大変栄誉ある賞を賜りまして、誠にありがとうございました。選考委員の先生方をはじめ関係者の皆様方に、厚く御礼申し上げます。以下に受賞対象論文となりました「Synthesis and Characterization of ZnInON Semiconductor: a ZnO-based Compound with Tunable Band Gap」の内容について、紹介させていただきます。

ZnO はこれまで、同じ II-VI 族半導体である MgO や CdO, Zn(Se,S,Te) との混晶形成による物性制御が試みられてきました [1]。しかし、それら材料と ZnO との結晶構造の違いに起因した相分離等の課題があり [2]、その変調範囲は限られていました。そこで本研究では、III-V 族ではありますが ZnO と同じウルツ鉱型の結晶構造を有する InN に着目し、これらの擬 2 元系混晶を形成することで可視全域でのバンドギャップチューニングを試みました。InN は 0.7-0.8 eV のバンドギャップを有することが報告されており [3]、 $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ (以下 ZION) の混晶比 x を制御することで、広い範囲でのバンドギャップチューニングが実現すると考えたためです。以下に、低温非平衡プラズマにより実現した新材料 ZION の結晶構造や光学特性について紹介させていただくとともに、我々が開発した新規結晶成長法である「不純物添加結晶化法」を用い [4,5]、サファイア基板上に ZION 膜を単結晶成長させた結果について述べさせていただきます。

ZnO と InN は混和性が低く、その擬 2 元系混晶である ZION の熱平衡下での形成は困難であることが予想されました。そこで我々は、低温・非平

衡プロセスである RF マグネトロンスパッタリング法を用いて ZION 膜の作製を行いました。ターゲットには In および ZnO 焼結体を用い、スパッタリングガスには Ar, N₂ および O₂ を用いております。膜中への窒素原子の供給は、N₂ ガスをプラズマ中で解離することにより行いました。N₂ ガスは解離エネルギーが高く、窒素原子の高密度形成は困難であるため、本研究ではスパッタリング装置に電子サイクロトロン共鳴プラズマを重畳し、プラズマパラメータを制御することにより窒素原子供給量の制御を行いました。

本研究ではまず、上記により作製した ZION 膜の結晶構造について調べました。図 1 に ZION 膜の X 線回折広域逆格子マップを示しております。いずれの組成比においても、c 軸配向した六方晶由来の回折ピークのみが観測され、得られた ZION 膜は単相のウルツ鉱型結晶構造を有することが分かりました。またその回折角度は膜中の ZnO 濃度に伴い、InN の回折角度に近い低角側から ZnO の回折角度に近い高角側へとシフトするこ

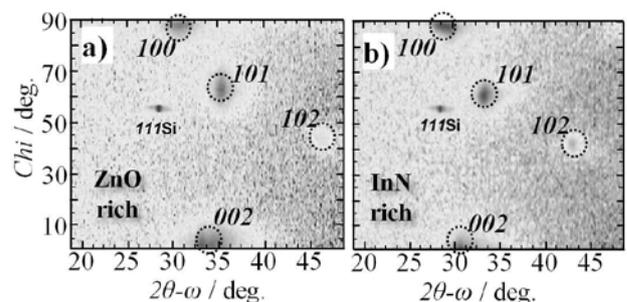


図 1. ZION 膜の X 線回折広域逆格子マップ。ZION 膜の組成比 ([Zn]:[In]:[O]:[N]) はそれぞれ (a) 14:36:20:30 ([Zn]/([Zn]+[In]) = 28 at.%), (b) 42:9:41:8 ([Zn]/([Zn]+[In]) = 82 at.%).

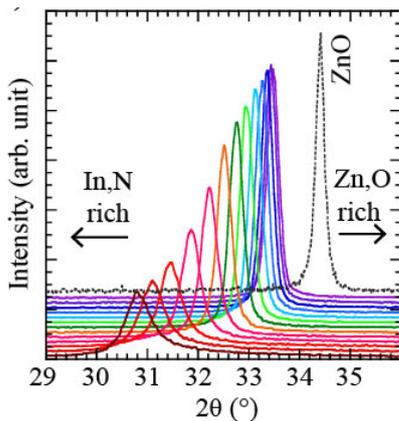


図 2. 異なる組成比における ZION 膜の XRD(002) 面対称反射スペクトル.

とが確認されました. 図 2 に ZION の (002) 面対称反射スペクトルを示します. X 線回折広域逆格子マップの測定結果と同様, 組成に対して回折ピーク位置が連続的にシフトしていること, また, ZnO 相等の異相が存在していないことが分かりました. これら X 線回折の測定結果は, 本研究で作製した ZION 膜が ZnO と InN の混晶であることを示しています. また興味深いことに, 完全固溶体のウルツ鉱型結晶では消滅則により観測されることのない (0001) 面からの x 線回折ピークも観測されました. これは, 得られた ZION 膜中では構成元素がオーダーリングしている, つまり, ZION 膜が Zn-rich な原子層と In-rich な原子層の周期構造を有している可能性を示しています. 次に, 得られた ZION 膜の光学特性を評価しました. 図 3 に, ZION 膜の透過スペクトルを示しております. 膜中の ZnO 濃度の増加に伴い, 吸収端が長波長側から短波長側へと連続的にシフトしていることが分かります. このとき, T_{auc} プロットから見積もったバンドギャップの値は膜の組成に応じて 1.5–3.1eV の範囲で変化しており, 可視光全域におけるバンドギャップチューニングが可能であることが示されました. また ZION は直接遷移型のバンドギャップを有し, 10^5 cm^{-1} の高い

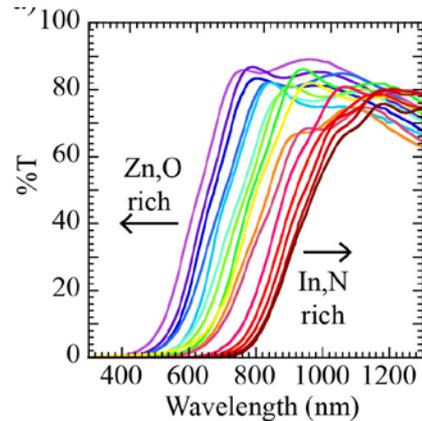


図 3. 異なる組成比における ZION 膜の光透過スペクトル.

光吸収係数を有することも分かりました. このように, 高い光吸収係数と可視光全域で変調可能なバンドギャップを有する ZION は, 太陽電池や発光デバイスなどの光電子デバイスの活性層として有望な材料といえます.

最後に, ZION をサファイア基板上に単結晶成長させた結果について紹介させていただきます. 上述したように, ZnO と InN の混晶の形成は熱平衡下では難しく, そのため (少なくとも本稿執筆時点) では, ZION の単結晶基板は存在していません. そこで私達は, ZION と同じ結晶構造を有する ZnO の単結晶膜を形成し, これをテンプレートとすることで ZION のエピタキシャル成長を行い, 単結晶成長を試みました. 本研究ではまず, サファイア基板を用いて単結晶 ZnO テンプレートの作製を行いました. サファイア基板は LED 材料である GaN 薄膜の基板として現在広く用いられており, その市場の急成長に伴い, 大面積化, 低コスト化が進んでいます. しかし ZnO とサファイア基板との間には 18% という大きい格子不整合があり, これまで単結晶薄膜の作製は困難でした. そこで私達が考案したのが「不純物添加結晶化 (Impurity Mediated Crystallization: IMC) 法」

です [4,5]. IMC 法ではまず、結晶成長初期に不純物を導入することで結晶粒の成長を意図的に阻害し、高密度 3 次元島を形成することで、格子不整合に起因した歪みを粒界にて緩和させます。その後、上記 3 次元島を起点にした 2 次元成長を行うことで、最終的に単結晶薄膜を形成します。本研究において、上記手法により作製した ZnO 膜は 2 インチ ϕ の基板全面にわたり直線性の高い原子層ステップを有しており、サファイア基板上においても、高品質単結晶成長が可能であることが示されました。

次に、上記により得られた単結晶 ZnO 膜をテンプレートとすることで、ZION 膜の高品質エピタキシャル成長に成功しました。その表面 AFM 像を図 4 に示します。図 4 から、ZnO テンプレート上に作製した ZION 膜は 2 次元成長しており、原子レベルで平坦な表面を有していることが分かります。RMS ラフネスも 0.3 nm と小さく、この値は、サファイア基板直上に形成した ZION 膜の約 1/50 の値でした。x 線回折 ϕ スキャンにより、上記 ZION 膜は ZnO テンプレートに対しエピタキシャル成長していることが確認され、(002)面および(101)面のロックンクカーブ半値幅はそれぞれ 0.1° および 0.15° と、高い面外および面内配向性を有することが分かりました。なお、今回作製した ZION 膜はいずれも n 型を示し、

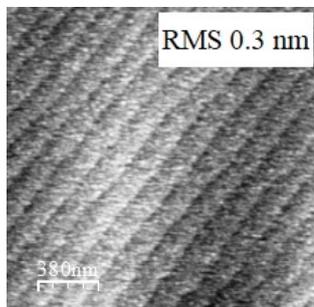


図 4. ZnO テンプレート上に作成した ZION 膜の表面 AFM 像。

ホール効果測定によりそのキャリア移動度の値は約 $100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度であることを確認しています。またフォトルミネッセンス測定を行ったところ、バンド端起因の強い青色および緑色発光も確認されました。

このように本研究では、ZnO と InN の擬 2 元系混晶からなる新しい半導体材料「ZION」を開発しました。ZION は、i)可視光全域をカバーするバンドギャップ、ii)高いキャリア移動度 ($\sim 100 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$ @室温)、iii)高い光吸収係数 ($\sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$) という特長を有し、光デバイス材料として高いポテンシャルを持っているといえます。また、私達が開発した不純物添加結晶化 (IMC) 法を用いることで、サファイア基板上への ZION の単結晶成長に世界で初めて成功いたしました。IMC 法では、格子整合条件にとられない単結晶成長が可能となるため、特に新材料の高品質結晶成長において有力な手法になると期待されます。今後は、プラズマ制御により成膜中の酸素および窒素ラジカル濃度を精緻にコントロールするとともに、Zn および In ターゲットの表面反応を制御することで、原子フラックスの高精度制御を行い、ZION 膜の更なる高品質化を実現したいと考えています。

参考文献

- [1] T. Gruber et al., Appl. Phys. Lett., 83, 3290 (2003).
- [2] K. Sakurai et al., J. Cryst. Growth, 237, 514 (2002).
- [3] Y. Nanishi et al., Jpn. J. Appl. Phys., 42, 2549 (2003).
- [4] N. Itagaki et al., OYO BUTURI, 83, 385 (2014)
- [5] N. Itagaki et al., Opt. Eng., 53, 087109.

第 15 回プラズマエレクトロニクス賞

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

金沢大学 児玉直人, 田中康規, 北健太郎, 上杉喜彦, 石島達夫
日清製粉グループ本社 渡邊周, 中村圭太郎

はじめに

この度は、第 15 回プラズマエレクトロニクス賞を賜りましたこと、大変光栄に存じます。ご支援いただきました関係者の皆様および選考の諸先生方に心より感謝申し上げます。今回の受賞対象となりました論文「A method for large-scale synthesis of Al-doped TiO₂ nanopowder using pulse-modulated induction thermal plasmas with time-controlled feedstock feeding」[1]に関しまして、その研究背景と内容の一部を簡単にご紹介させていただきます。

論文内容

【背景】現在、ナノ粒子は様々な分野への応用が期待されています。酸化チタン(TiO₂)ナノ粒子は光触媒などへの応用が期待されている材料です。また、不純物ドーピングをした TiO₂ ナノ粒子は広い波長域の光に対して応答する光触媒として作用することが知られています。不純物として特に Al³⁺イオンをドーピングした Al³⁺ ion-doped TiO₂ ナノ粒子は、アトピー性皮膚炎などの皮膚炎治療薬材料としても注目されています[2]。ナノ粒子の生成では、微量の汚染物質混入がナノ粒子の特性を大きく変える可能性があります。また、ナノ粒子の医療応用の観点からも、ナノ粒子への汚染物質混入は極限まで抑えなければいけません。以上のことから、汚染物質の混入が無くかつ高効率でナノ粒子を生成可能な方法の開発は必須であります。

ナノ粒子の生成法の中でも誘導熱プラズマ

(ICTP)法は、無電極放電であるため汚染物質混入の可能性が非常に低くかつ単段プロセスであるため処理時間が非常に短いという長所があります。しかしながら、粒径の制御や生成効率(kg/h)の向上が容易でない短所があります。そのため、ICTP法を産業応用化させるためにはこれらの短所を改善する必要があります。

筆者らの研究室では、パルス変調型誘導熱プラズマ(PMITP)を用いた材料処理プロセスを開発・研究してきました。PMITPでは、ICTPを維持するためのコイル電流を矩形波的にAM変調することでトーチ内の温度場を時間的に制御することが可能です。本論文では、このPMITPを応用することで高生成効率かつ粒径制御が可能なナノ粒子生成法を開発しました。

【PMITPを用いたナノ粒子の大量生成装置】

図1にPMITPを用いたナノ粒子の高効率生成法の概要を示します。PMITPのコイル電流の変調パラメータとして、以下の二つの変調パラメータを定義しました。PMITPのコイル電流が高値(HCL)をとる時間を"On-time", 低値(LCL)をとる時間を"Off-time"と定義し、LCLとHCLの比(LCL/HCL)を電流変調度SCLと定義しました。100%SCLが無変調状態に相当し、低いSCL値が高い変調度に相当します。変調一周期中におけるOn-timeの割合をデューティー比(DF)と定義しました。PMITPでは、コイル電流の変調によりOn-time間に高温の熱プラズマを、Off-time間に比較的低温のプラズマをトーチ内に生成することが可能です。PMITPを用いたナノ粒子の大量生

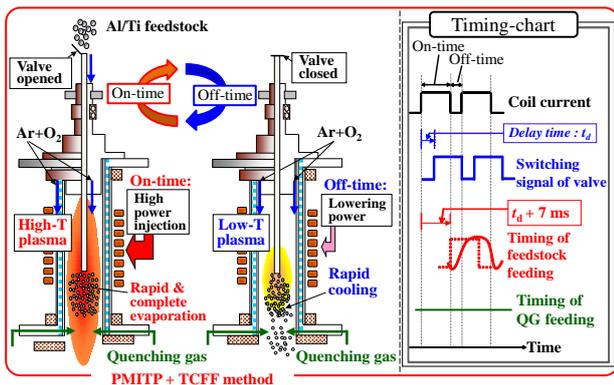


図1 ナノ粒子の大量生成法の概要

成法では、コイル電流の変調に同期して原料粉末をトーチ内に供給することでナノ粒子を効率的に生成します。本生成法を、PMITP-TCFF (Time-Controlled Feedstock Feeding)法と呼びます。PMITP-TCFF法では、On-time間に高温状態となったトーチ内に大量の原料を一気に投入します。これにより大量の原料を高効率に完全に蒸発させます。蒸発した原料はトーチ内の酸素原子などと反応することで粒子の前駆体分子を生成します。Off-time間では原料の投入を停止することで、原料の不完全な蒸発を防止します。また、この時トーチ内の温度は急峻に低下します。この温度の急峻な低下により前駆体蒸気が過飽和状態となることで、粒子核が効率的に生成されます。核生成後の粒子に対してクエンチングガス(QG)を吹き付けさらに冷却をすることで粒子成長を抑制し、より粒径が小さなナノ粒子を生成します。PMITP-TCFF法では以上の過程を繰り返すことでナノ粒子の大量生成を可能としました。

【ナノ粒子の大量生成実験条件】本研究では、PMITP-TCFF法を用いることでAl³⁺ ion-doped TiO₂ナノ粒子の大量生成を試みました。本実験では、投入電力を20 kWに設定しました。シースガスとしてArおよびO₂を用い、それぞれ流量を90 l/minおよび10 l/minとしました。トーチ内圧力を300 torrに設定しました。コイル電流の変調周期を15 msとし、DFを80%(On-time = 12 ms)

一定としました。変調度SCLを60%、70%および80%の三条件としました。原料粉末としてTiおよびAlのマイクロサイズ粉末を95wt.%Tiおよび5wt.%Alの割合で混合した粉末を用いました。原料粉末のキャリアガスとしてArを4 l/min供給しました。原料粉末の供給率を12 g/min(70%SCL, 80%SCL)および19 g/min (60%SCL)としました。コイル電流の変調に同期して間歇的に原料粉末をトーチ内に投入しました。このとき、原料供給用電磁バルブの応答時間や原料の輸送時間により、原料が電磁バルブを通過してからトーチ内に投入されるまでに約7-8 ms程度の時間を要します。そのため、コイル電流の変調信号に対して原料間歇供給用の信号に6 msの遅れ時間を設けました。この遅れ時間を設けることで、変調のOn-time間にもみ大量の原料がトーチ内に投入されます。電磁バルブのOpen/Close時間をそれぞれ12 ms/3 msとしました。クエンチングガスとしてArを50 l/min供給しました。

【生成された粒子の様相】図2は、PMITP-TCFF法により生成されたAl³⁺ ion-doped TiO₂ナノ粒子のFE-SEM画像および粒径の測長結果から得た平均粒径および標準偏差です。FE-SEM画像から、球形状のナノ粒子が多数生成されたことがわかります。また、粒子同士の溶着があまり見られないことから、比較的分散性の良い粒子が生成されたことが推察されます。同図内に示しました平均粒径の算出結果から、コイル電流の変調度を高くすることでより粒径が小さいナノ粒子が得られたことがわかります。実験後に回収された粒子から、本実験におけるナノ粒子の生成効率を導出しました。その結果、投入電力20 kWにおいて約400 g/hの効率でナノ粒子が生成可能であることがわかりました。この生成効率は、従来の熱プラズマを用いた手法と比較して10-20倍程度高い生成効率です。

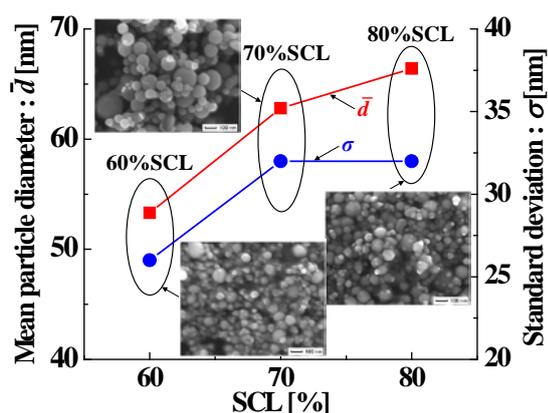


図 2 生成された粒子の FE-SEM 分析結果およびコイル電流変調の粒子径への影響。

【生成された粒子の結晶・化学組成】

XRD 分析を用いることで、生成された粒子の結晶組成を分析しました。その結果、80%SCL および 70%SCL では Rutile 型および Anatase 型 TiO_2 の結晶ピークのみが検出されました。このことから、生成された粒子は Rutile 型および Anatase 型 TiO_2 の混合粉末であると言えます。この TiO_2 ナノ粒子中に Rutile 型および Anatase 型 TiO_2 の混合割合は、QG 中の酸素割合で変化させることが可能であることも分かっています。60%SCL 時のみ Ti や Al のピークが検出されました。これは 60%SCL 時の原料供給量が過剰であったため、一部の原料が完全には蒸発しなかったことが考えられます。図 3 は、TEM/EDS マッピングにより得られた生成粒子上の元素分布です。同図から、ナノ粒子上に Ti、O および Al の原子がほぼ均一に分布していることがわかります。また、XPS 分析による化学結合状態の分析から、 TiO_2 結晶格子中で Al は、 Al^{3+} の形でドーピングされたことを確認しました。よって、生成された粒子は Al^{3+} ion-doped TiO_2 ナノ粒子であると言えます。

【生成された粒子の光学特性】

分光光度計を用いることで生成された粒子の吸光特性を検討しました。その結果、 TiO_2 ナノ粒子と比較して、生成された Al^{3+} ion-doped TiO_2 ナノ粒子は可視

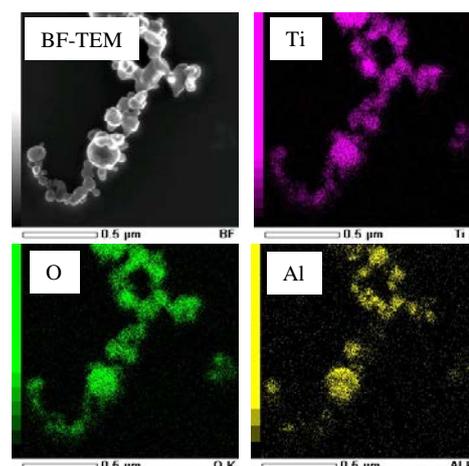


図 3 TEM/EDS マッピングによる生成粒子上の元素分布分析

光域での光の吸収率が上昇した結果が得られました。この結果は、 TiO_2 ナノ粒子に Al がドーピングされることで TiO_2 のエネルギーバンドギャップが狭域化したことを示す結果です。

【結言】PMITP-TCFF 法を用いることで、投入電力 20 kW において約 400 g/h という高効率での Al^{3+} ion-doped TiO_2 ナノ粒子の生成に成功しました。さらなる高効率化のためには、ICTP 法での原料の蒸発やナノ粒子の生成過程を理解した上で、PMITP をより詳細に制御する必要があります。そのため現在は、二次元分光観測法を用いることで ICTP トーチ内での原料蒸発、前駆体分子生成および粒子核発生を検討しています [3]。

謝辞

生成された粒子の TEM/EDX 分析へのご助力およびご助言を頂きました名古屋大学の Bratescu Maria Antoaneta 特任教授および齋藤永宏教授に深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] N. Kodama, Y. Tanaka, *et. al.*, *J. Phys. D Appl. Phys* **47** (2014) 195304.
- [2] M. Mio, M. Kogoma, *et. al.*, *Chem. Eng.*, **55** (2010) 603-8
- [3] N. Kodama, Y. Tanaka, *et. al.*, *J. Phys. D Appl. Phys* **49** (2016) 305501

第 15 回プラズマエレクトロニクス賞

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

東北大学 佐々木 渉太
(東北大学 金子 俊郎)

はじめに

この度は、第 15 回プラズマエレクトロニクス賞という大変栄誉ある賞を賜りまして、大変光栄に思っております。また、選考に関係されました先生方に対しまして、深く感謝申し上げます。今回、受賞の対象となりました論文「Calcium influx through TRP channels induced by short-lived reactive species in plasma-irradiated solution」(佐々木渉太, 神崎展, 金子俊郎) [1] に関しまして、その研究背景や経緯、内容の一部を以下に簡単にご紹介させていただきます。

論文内容

[背景]

近年、非平衡大気圧プラズマを医療応用に用いる「プラズマ医療」に関する研究が世界的に盛んになっています。従来法を超えるがん治療・止血・遺伝子導入の可能性が報告され [2-4], 実用化に向けて更なる研究が推進されています。しかしその実用化に欠かせない作用機序の解明は、プラズマの作用が複合的（衝撃波・電界・数十を超える活性種）であるため、困難を極めているのが実情です。このような状況下で、我々はまず、プラズマの“何が”，細胞側の“どこに”作用したのかをそれぞれ明らかにすべきだと考え、“プラズマ照射により液中に生成された短寿命活性種”が“細胞膜上の一過性受容器電位（Transient Receptor Potential; TRP）チャンネル”に作用したことを明らかにしたのが本論文の内容となります（図 1）。

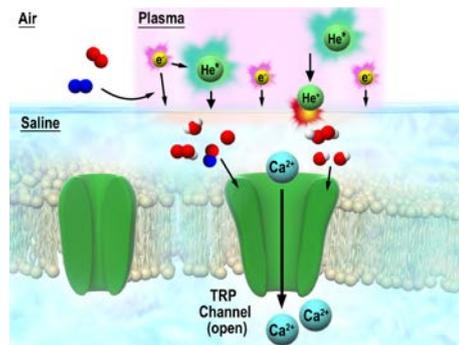


図 1: プラズマ照射による TRP チャンネル活性化のイメージ図。

[作用因子同定に向けたアプローチ]

プラズマの“何が”，すなわち作用因子の同定に関して、プラズマ間照射法を採用しました。作用が複合的なプラズマ直接照射は、機序解明には非常に高いハードルがあったためです。あらかじめプラズマ照射した生理食塩水を細胞に添加する間照射によって作用因子を活性種に限定し、なおかつ添加タイミングを調整することで異なる組成を持つ活性種を細胞に作用させました。

[作用標的の同定に向けたアプローチ]

プラズマ医療分野において、活性種が重要な作用因子であることは既に多くの報告がありますが、具体的な作用標的はほとんど分かっていないのが現状です。細胞は刺激を受けてから、非常に複雑な反応の連鎖「カスケード」を経て、大きな反応を誘導することが知られています。我々は可能な限り、カスケードの上流側を同定したいと考え、細胞と活性種の第一接触点である細胞膜・膜タンパク質に狙いを定めました。同時に、上流シグナルの 1 つである Ca^{2+} シグナルに着目しました。

[結果]

プラズマ照射生理食塩水 (PIS) を添加後, 細胞内 Ca^{2+} 濃度 ($[\text{Ca}^{2+}]_i$) を細胞が生きたまま可視化し, リアルタイム観測しました. その結果, PIS 添加によって, 明瞭な生理的 $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 上昇が観測され, その効果は照射から添加までの時間 (保持時間 t_r) が長くなるにつれて減弱していくことが明らかとなりました (図 2).

次に, この $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 上昇について詳細に調べました. 細胞は細胞外 Ca^{2+} 濃度 (~1 mM) に比べて, 細胞質では ~100 nM 程度と 4 桁も低く保っています. 細胞膜上の Ca^{2+} チャンネルが開くと急激に Ca^{2+} が流入し, この濃度上昇が様々な細胞応答のトリガとなります. $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 上昇は, この他に細胞内の Ca^{2+} 貯蔵庫である小胞体からの放出でも起こりえるため, プラズマ惹起 $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 上昇は, どちらにあたるのかを調べました. Ca^{2+} を含む・含まない生理食塩水を使用したところ, 細胞外に Ca^{2+} が無ければプラズマ惹起 $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 上昇は起こらなかったため, 細胞膜上の Ca^{2+} チャンネルの関与を疑いました. 世界で初めて TRPV2 のクローニングに成功するなど [5], Ca^{2+} シグナル研究に精通していた共著者の神崎先生のご協力の下, 数ある Ca^{2+} チャンネルの中でも外部の環境変化 (力・熱・温度等) を感知し開閉する TRP チャンネルに辿りつきました. TRP チャンネル阻害剤の添加は, このプラズマ惹起 $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 上昇をほぼ完全に抑制します (図 2).

[まとめと今後の展望]

これらの結果から, “プラズマ照射により生成された液中短寿命活性種” が “細胞膜上の TRP チャンネル” に作用したことが分かりました. 細胞内へのカルシウムの流入は, 筋収縮, 細胞分化, 増殖, 細胞死をはじめとした様々な細胞応答のトリガとなります. 中でも TRP チャンネルを介したカルシウム流入は様々な細胞において重要な役割を担っており, 例えば神経細胞においては, 我々が痛みや熱

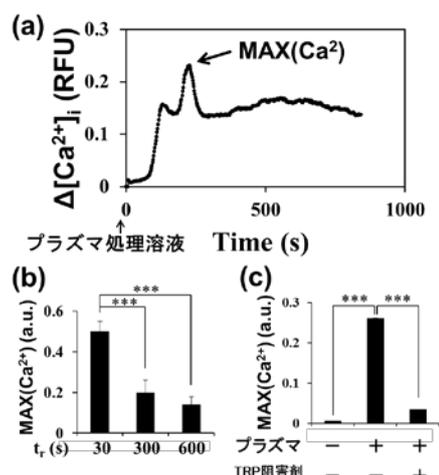


図 2: (a)典型的な $[\text{Ca}^{2+}]_i$ と YOYO-1 導入量の時間推移. $[\text{Ca}^{2+}]_i$ 上昇量に対する (b)保持時間と (c)TRP チャンネル阻害剤の効果.

さ・冷たさ、味覚を感じるセンサーとして働いていると言われていています. 今回の成果は, 既に報告されているプラズマ医療応用の作用機序解明に大きく寄与するだけでなく, プラズマを用いた新たな生体機能制御を考える上で重要な指針になると期待されます.

しかしながら, 未だ不明な点は多く残っており, 更なる作用機序解明が重要だと考えております. 例えば, 直接照射の刺激はどのような機構で細胞が感知しているか, TRP チャンネル活性化を引き起こした短寿命活性種は何なのか, TRP チャンネル活性化はどのようなプラズマ惹起性細胞応答に関与しているのか等々の疑問については, 今後の研究で明らかにしていきたいと考えております.

最後になりますが, この受賞を励みに今後も一層邁進していく所存でございますので, 今後ともご指導ご鞭撻の程, よろしくお願い申し上げます.

参考文献

- [1]S. Sasaki, et al., *Sci. Rep.* **6** (2016) 25728.
- [2]H. Tanaka and M. Hori, *J. Clin. Biochem. Nutr.* **60** (2017) 29.
- [3]S. Sasaki, M. Kanzaki, and T. Kaneko, *Appl. Phys. Express* **7** (2014) 26202.
- [4]S. Sasaki, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 07LG04.
- [5]M. Kanzaki, et al., *Nat. Cell Biol.* **1** (1999) 165.

マイクロ波励起メートル級大気圧プラズマの生成とその特性

名古屋大学 鈴木陽香

はじめに

現在、エレクトロニクス製品の製造工程で用いられているプラズマプロセスの多くは減圧環境下で行われている。しかし、真空装置によるコスト増加や工程の複雑化が問題となっており、大気圧プラズマをプロセスへ応用する研究に注目が集まっている。特に、製造効率の観点からは大面積基板を高速かつ均一に処理することが望まれるため、空間均一かつ高密度の大規模大気圧プラズマ源が求められている。大気圧プラズマの生成法としては誘電体バリア放電等が一般的であるが、低プラズマ密度が課題である。これに対して大気圧マイクロ波放電は高プラズマ密度で安定したプラズマ生成が可能であり、同軸線路やストリップラインを用いた例が報告されている。我々はこれまでに、導波管終端や側面に設けたスロットを用いたパルスマイクロ波プラズマ源の開発を行ってきた。しかし、本方式では導波管内部の定在波を利用して、導波管内の壁面表面電流の空間分布に合わせてスロットを配置するため、プラズマ生成位置は空間的に不連続となり、連続的な長尺大気圧プラズマの生成が困難であるという課題があった。そこで、図1に示すようなマイクロ波サーキュレータを挿入したループ導波管を用いることにより、定在波の発生を抑制し、進行波のみによる電磁界を導波管内に形成する技術を開発した。これにより、導波管壁面に設けた長尺スロット（幅 0.1 mm、長さ 60 cm）において 40 cm を超える一次元長の空間均一なヘリウムプラズマを連続発振のマイクロ波電力 1 kW で生成することに成功した[1]。

本研究では、実プロセスへの応用を想定し、プ

ラズマ長のさらなる長尺化とガス種によらないプラズマの安定生成を目指して、装置構造の改良と生成されたプラズマの特性の調査を行った。

研究内容

導波管内の電磁界は導波管壁面を流れる伝導電流によって伝搬している。伝導電流は導波管中心に対して左右対称に分布しており、これを横切るようにスロットを切ると電流の連続性からスロット内に変位電流が発生し、電界が生じることによって安定したプラズマ生成が可能となる。そこで、スロット部に電流を集中させ、スロット内電界強度を向上させることによって、放電の生成及び維持が容易になるのではないかと考え、電磁界シミュレーションを援用して導波管内構造の改良を行った。図2に改良型導波管の断面構造を示す。東芝規格導波管内（ $96 \times 27 \text{ mm}^2$ ）のスロット直下に金属構造物（幅 $w \text{ mm}$ 、高さ $h \text{ mm}$ ）を設けた。

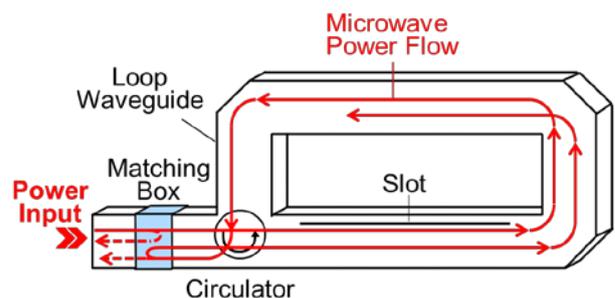


図1. ループ型導波管を用いた長尺プラズマ装置概略図

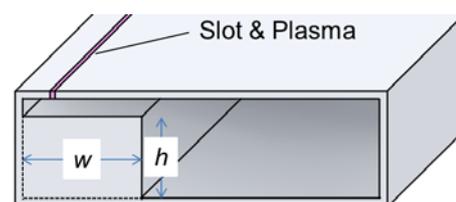


図2. 改良型導波管断面図

シミュレーションを用いて、入射電力一定として金属構造物の幅、及び高さを変化させながら、スロット内電界強度の指標となる電流密度及び磁界強度の調査を行ったところ、幅 $w=31\text{ mm}$ でスロット下部の電流密度は最大となり、高さ h の増加とともに電流密度も増加する傾向が確認された。これは、導波管断面積を縮小することによって導波管内の電流密度が増加したことと、左右非対称な導波管構造が電流をスロット部に集中させたためと考えられる。これらの結果をもとに長尺スロット(幅 0.1 mm , 長さ 1.1 m)放電装置を製作し、生成されたプラズマの特性について発光分光を用いて調査した。

まず、放電ガスにアルゴン (14 slm) を用いて、電力 500 W で放電実験を行った。そのときの放電発光の様子を図 3(a)に示す。長さ 1 m 程度の空間連続なプラズマが生成され、規格導波管を用いた先行研究[1]と比較して、プラズマ生成の電力の抑制に成功しており、導波管構造の改良の効果が確認された。また、このときの発光強度、 N_2 回転温度、水素を放電ガスに微量 (7 sccm) 添加し H_β スペクトルの Stark 広がりから求めた電子密度の空間分布をそれぞれ図 3(b)-(d)に示す。発光強度の空間分布(図 3(b))から、約 80 cm に渡って空間均一なプラズマ生成が確認できる。また、ガス温度、電子密度も同様に空間均一であり、それぞれ 600 K 、 $1.3 \times 10^{20}\text{ m}^{-3}$ と評価され、比較的高密度の非熱平衡プラズマであることがわかった。

さらに、分子ガスプラズマの一例として、窒素ガス (10 slm) を用いて大気圧長尺プラズマ生成を行った。規格導波管を用いた場合、プラズマは不連続となり、長さは 10 cm 未満であった。一方で、改良型導波管を用いた場合は、図 4のように、電力 5.0 kW 、スロット長 0.8 m において、長さ 0.7 m 程の長尺の窒素プラズマ生成が確認された。

以上の結果より、本研究で行われたスロット部

に電流を集中させるような導波管構造の改良がマイクロ波プラズマ生成において非常に有効であり、本プラズマ装置が分子ガスプロセスへの展開も可能であることが実証された。

おわりに

この度は 2016 年秋季応用物理学会における発表に対し講演奨励賞を賜りましたこと、大変光栄に思います。本稿の内容につきましては 2017 年春季応用物理学会での受賞記念講演に基づくものであり、本誌において改めて紹介する機会をいただき、有難く存じます。研究を進めるにあたり、多くのご指導とご助言をいただきました豊田浩孝教授(名古屋大学)にこの場をお借りして感謝申し上げます。また、本研究の一部は JSPS 科研費 16H03893 の助成を受け行われたものです。

参考文献

- [1] H. Suzuki *et al.*, *Appl. Phys. Express* **8** (2015) 03600

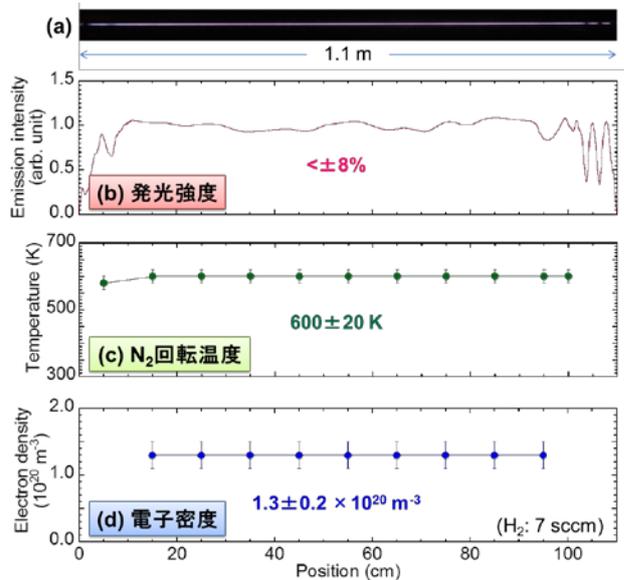


図 3. (a)アルゴンプラズマ発光, (b)発光強度, (c) N_2 回転温度, (d)電子密度



図 4. 窒素プラズマ発光

軟 X 線光源用多価電離プラズマの協同トムソン散乱計測

九州大学総合理工学府 佐藤祐太

研究背景

軟 X 線の光源としてレーザー生成プラズマ (LPP) を利用する研究は、多方面で精力的に進められている。代表的な例として、波長が 13.5 nm の極端紫外リソグラフィ (EUVL) がある。EUVL では、比較的安価で高い光量を得られることから、光源として LPP を使用しており、その実用化は目前まで迫っている。一方で、LPP を光源とする研究はさらに短い波長へと発展している。波長 6 nm 台の B-EUV や波長 2.3-4.4 nm の水の窓領域における生体その場観測用光源である。しかし EUVL の例からも分かる通り、その最適設計は容易ではない。プラズマ発光の波長ピークはイオン価数 (Z) に直接的に決定されるため、電子密度 (n_e) や電子温度 (T_e) を制御し、最適な Z を達成する必要がある。我々は協同的トムソン散乱のイオン項を計測することで、EUV 光源用プラズマのこれらのパラメータを同時に診断する手法を確立した。[1] さらに、計測結果と EUV の発光を比較し、その有用性を示すことにも成功している。[2]

だが、次世代の軟 X 線用の光源プラズマは、EUV に比べ、より多価電離しており、イオン項のみの計測では n_e 及び $T_e \times Z$ しか得られない。そこで、イオン項に加えて、電子項 (n_e , T_e) を同時に計測し、不足情報を補完し合うことで n_e , T_e , Z の同時計測を目指している。本研究では初期段階として、He のレーザー生成プラズマを用いて、イオン項・電子項の同時計測及び、理論の検証を目的とした。

実験方法

チャンバー内に 660 Torr の He ガスを封入し、

Nd:YAG レーザーの基本波 ($\lambda = 1064$ nm, $E_d = 190$ mJ) をレンズで集光することで、He プラズマを生成した。トムソン散乱の計測用レーザーには、Nd:YAG レーザーの第 2 高調波 ($\lambda = 532$ nm, $E_p = 10$ mJ) を用いた。計測用レーザーにより発生した散乱光の一部を、レーザー入射方向から 135° の位置のレンズで受光し、分光器へと導いた。

イオン項・電子項は波長域や強度が大きく異なる。そこで同時計測にあたり、高分散と低分散を同時に達成できる新たな分光器を作製した。図 1 に分光器の概要図を示す。数百 pm しか波長が広がらないイオン項計測部は、3 枚の回折格子を用いて十分な波長分解能を達成した。一方、電子項はスペクトルの波長広がり数が数 nm と大きいため、ノッチ部と低分散部からなっている。波長分解の点でイオン項に比べて計測が見える電子項であるが、散乱光強度が小さく、プラズマ生成直後では、プラズマの自発光に埋もれてその計測が困難になる欠点がある。そのため、電子項を計測可能なパラメータの範囲を見積もる必要がある。

実験結果・考察

図 2 にプラズマ生成後 $1.2 \mu\text{s}$ で計測したイオン項・電子項の結果を示す。図 2 (a), (c) はそれぞれスペクトルイメージ図であり、横方向は計測用レーザー波長 (532 nm) からの差波長、縦方向は計測用レーザーに沿った空間情報、色は信号強度を示している。図 2 (b), (d) は、イメージ画像から得られたデータ点に、理論曲線をフィッティングしたグラフである。横軸が差波長、縦軸が信号強度である。図 3, 4 に計測時刻を変化させた際の、イオン項・電子項から得られた n_e , T_e を示す。横軸に

時刻、縦軸に n_e , T_e それぞれの値を示している。

図 2 より、イオン項・電子項では波長域が大きく異なり、特製の分光器なしでは計測が困難であることが分かる。また図 3, 4 より、両項から非常に良く一致した結果を得ることができ、理論の検証に成功したと言える。しかし、 T_e は生成からの時刻に対して、高い値となっている。これは、計測用レーザーによって、逆制動放射加熱が起きたためであると考えられる。だが、実際の軟 X 線光源プラズマでは、 T_e が 100 eV を超えることが予想されており、その影響はごく僅かである。

今後は Sn をターゲットとした LPP で、イオン項・電子項の同時計測を行い、電子項を計測可能なパラメータ範囲を求める予定である。

謝辞

本研究内容は第 77 回応用物理学会秋季学術講演会にて講演後、第 41 回応用物理学会講演奨励賞を頂いたものになります。ご支持して頂きました、審査員の先生方にこの場をお借りして深くお礼申し上げます。また、本研究の一部は科研費 (15H05472) の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] K. Tomita, Y. Sato, N. Bolouki, et al, *Applied Physics Express* 8, 126101 (2015)
- [2] Y. Sato, K. Tomita, S. Tsukiyama, et al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 56 036201 (2017)

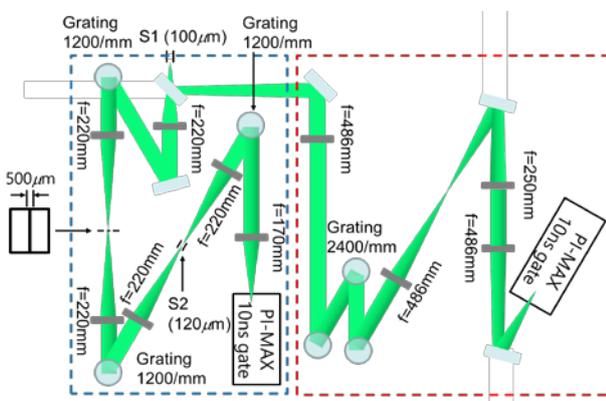


図 1 同時計測用分光器の概要図

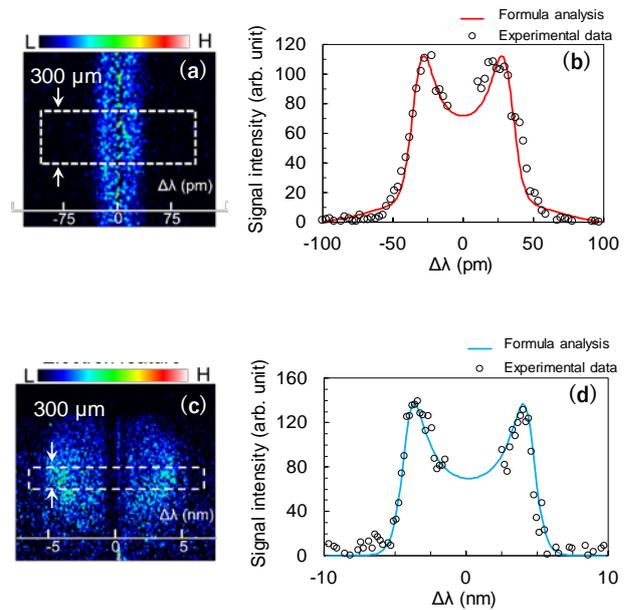


図 2 トムソン散乱計測結果($t = 1.2 \mu s$)
(a) イオン項, (c) 電子項のスペクトルイメージ
(b) イオン項, (d) 電子項のスペクトルのデータ点と理論曲線

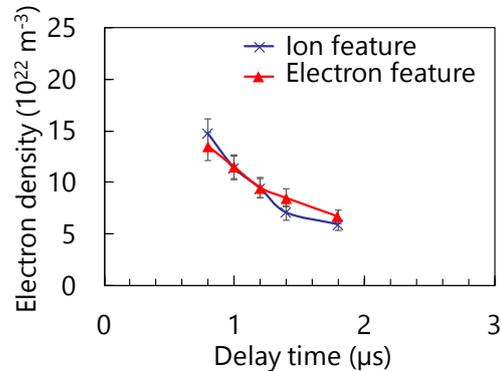


図 3 電子密度の時間変化

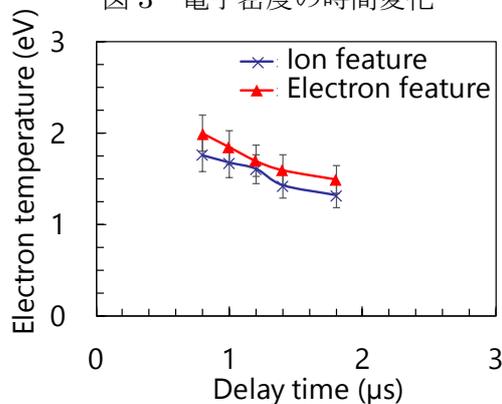


図 4 電子温度の時間変化

プラズマ活性培養液 (PAM) 中 HeLa 細胞の細胞内分子応答解析

名古屋大学大学院 工学研究科 古田 凌

この度は、第 34 回プラズマプロセッシング研究会、第 29 回プラズマ材料科学シンポジウムにおいて、SPP 講演奨励賞という大変栄誉ある賞を受賞でき、身に余る光栄と存じます。また、選考に関係されました先生方に対しまして、深く感謝申し上げます。今回、受賞の対象となりました研究「Intracellular Response Analysis of HeLa Cells Treated with Plasma-Activated Medium」(R. Furuta, K. Ishikawa, H. Hashizume, H. Tanaka, K. Takeda, T. Ohta, H. Kondo, M. Ito, M. Sekine, and M. Hori)に関しまして、研究背景と内容を研究室生活とあわせまして簡単に紹介させていただきます。

はじめに

私は、学部時代に学んでおりました電気電子の知識・技術が、当時は未知の世界であったバイオ医療分野に応用できることを学部 3 年時に初めて知りました。研究室を選ぶ際、プラズマと医療という異種分野の境界境域を開拓することに大きな不安を抱きながらも、未だ誰も見たことがない結果を出すことに胸を膨らませていたことを今でも覚えています。今までのたった 3 年間の研究生活で、私がプラズマ医療という大きな分野にどの程度貢献できたか今はまだ分かりませんが、プラズマがん治療が実現すれば研究者冥利に尽きる思いであります。

研究背景

プラズマ研究の中でも近年、非平衡大気圧プラズマ (NEAPP) のバイオ医療応用が盛んに研究さ

れており、特に NEAPP を培養液に照射したプラズマ活性培養液 (PAM) によるがん細胞の選択的殺傷効果の報告が注目されています[1]。プラズマのがん治療応用に向け、PAM などの液相とがん細胞との相互作用メカニズムの解明は必須です。しかし、PAM によりがん細胞のアポトーシスが惹起されるものの、がん細胞内のシグナル伝達や代謝変性など、様々な細胞内応答とそのダイナミクスは具体的には解明されていませんでした。既に PAM 中に存在することが確認されている H_2O_2 や NO_2^- 、 NO_3^- などの長寿命の活性酸素窒素種 (RONS) に着目し、がん細胞内でどのような挙動を示してアポトーシスを誘導するのか、その作用機序の解明が取り組まれてきました[2]。我々は、既にマルチプレックス・コヒーレント・アンチストークス・ラマン散乱 (CARS) 顕微鏡を新たに構築しており[3]、さらに PAM がもたらすがん細胞への作用過程を細胞内分子の観察によって解明することを目指して、従来手法の蛍光物質を使わずに非染色でがん細胞内分子の観察を進めてきました。その結果、PAM によるがん細胞のアポトーシス過程で見られる細胞内分子応答機構およびそれと連動する代謝挙動変化について一端の解明に至っています。

実験方法

PAM の作製方法として、8 ml の細胞培養液 (DMEM) に、大気圧 Ar プラズマ (60 Hz, 9 kV, 2 slm, 照射距離 3 mm) を 5 分間照射した後、DMEM で 16 倍に希釈しました。

25,000 細胞の子宮頸がん細胞 (HeLa 細胞、24

時間培養後)を、希釈 PAM でさらに 24 時間培養し、その経過で変化する HeLa 細胞の細胞内分子の挙動を観察しました。マルチプレックス CARS (ポンプ光: 1064 nm、ストークス光: 1100~1650 nm)顕微鏡を用いて、200 mW、0.5 s/point の条件で HeLa 細胞を観察及びマッピングしました。微分干渉 (DIC)顕微鏡、脂質/過酸化脂質検出試薬 (BODIPY 581/591 C11)・細胞内 ONOO⁻検出試薬 (NiSPY-3)・細胞内 H₂O₂ 検出試薬 (OxiVision Green)・細胞内 NO 検出試薬 (DAF-FM-DA)・細胞内 O₂⁻検出試薬 (DHE)と蛍光顕微鏡も用いました。

実験結果・考察

図 1 に、マルチプレックス CARS 顕微鏡を用いた、PAM 処理前及び 24 時間後の HeLa 細胞の明視野像、各点での CARS スペクトル、1665 cm⁻¹での CARS 強度マッピングを示します。CARS スペクトルにおいて、1303, 1440, 1665 cm⁻¹のピークは、それぞれ CH₂ 面内ひねり、CH₂ 変角、C=C 伸縮振動に由来し[5]、これらの振動モードで CARS マッピングを行うと、明視野像の小塊と一致しました。従って、この領域の CARS 信号は、細胞内の脂質代謝の中心を担う直径 2 μm 程度の脂肪滴のリン脂質やトリグリセリドに由来していると同等できます。PAM 処理 24 時間には、CARS スペクトルのピーク強度及びマッピングの信号領域が減少していることから、PAM 処理によって HeLa 細胞内の脂肪滴が減少ないし消費したと考えられます。この脂肪滴の減少は、脂質代謝の変化と密接に関連しているため、PAM による細胞内脂質への影響について調べました。

図 2 に、PAM 処理過程及び DMEM24 時間処理後の HeLa 細胞の DIC 像、脂質と過酸化脂質の蛍光顕微鏡像を示します。DIC 像の観察結果から、5 時間の PAM 処理で、アポトーシスに特徴的な

バルーンが HeLa 細胞から出現していることが確認できます。同条件において、HeLa 細胞内の Caspase-3/7 の活性化も明らかとなり、5 時間の PAM 処理によって HeLa 細胞のアポトーシスが誘導されたことが示されました。

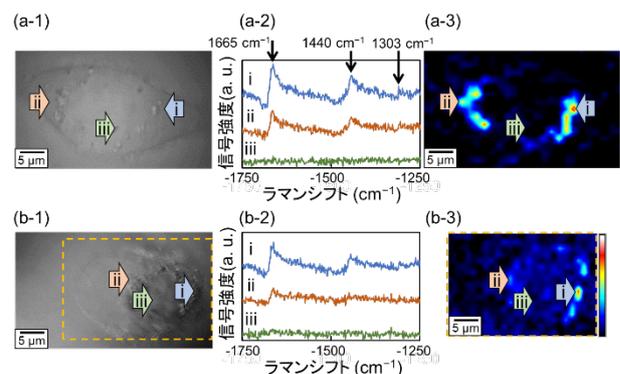


図 1 PAM 処理前(a)と 24 時間後(b)の HeLa 細胞の明視野像(-1)、各点での CARS スペクトル(-2)、1665 cm⁻¹での CARS 強度マッピング(-3)

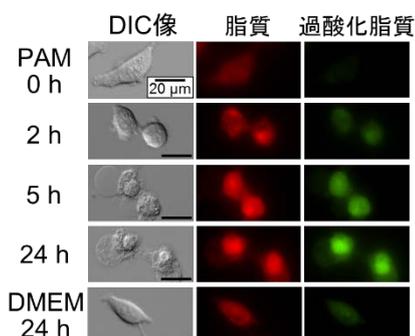


図 2 PAM 及び DMEM 処理後の HeLa 細胞の DIC 像、脂質と過酸化脂質の蛍光顕微鏡像

図 2 に示す蛍光観察像にて、細胞膜の過酸化脂質/脂質 (緑色/赤色) に由来する蛍光強度の強度比から、細胞膜の脂質の過酸化を定量化しました。その結果、PAM 処理時間に依存し、過酸化度合いが増大していることが確認されました。これは、PAM 処理によって HeLa 細胞の細胞膜の脂質の過酸化を示唆しており、この過酸化脂質を修復するため、脂肪滴から細胞膜へ脂質が供給され、脂肪滴の減少が引き起こされたと考えられます[5]。

脂質過酸化の原因を解明するため、PAM 処理過程における HeLa 細胞内の RONS 量を蛍光顕微鏡によって定量化しました。図 3 に、HeLa 細胞内の ONOO⁻、H₂O₂、NO、O₂⁻を標識した蛍光物質強度の PAM 培養時間依存を示します。

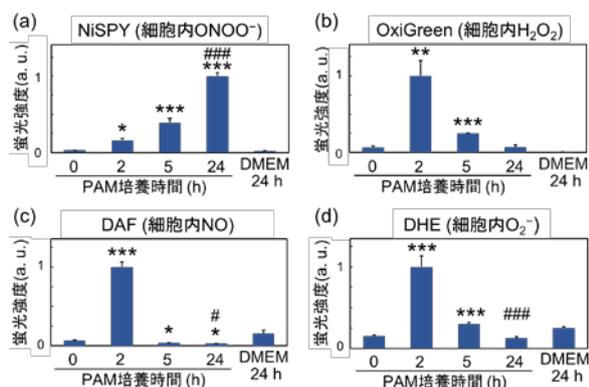


図 3 HeLa 細胞内 ONOO⁻、H₂O₂、NO、O₂⁻を標識した蛍光物質強度の PAM 培養時間依存

図 3 (a)に示すように、細胞内 ONOO⁻量が経時的に上昇しており、脂質の過酸化と同傾向にあることから、酸化力の大きい ONOO⁻による脂質過酸化が示唆されます。また、図 3 (b)~(d)から、細胞内 H₂O₂、NO、O₂⁻量は PAM 処理 2 時間後に最大となり、その後減少していくことが確認できます。細胞内 H₂O₂の発生原因に関して、PAM 処理 2 時間後において、PAM 中 H₂O₂量の減少と、同時に細胞内 NO、O₂⁻量の増大から、PAM 中の H₂O₂が細胞内に透過したほか、細胞核やミトコンドリアなどのオルガネラが刺激を受け H₂O₂が産生されたと示唆されます。PAM 処理 2 時間以降、細胞内の NO、O₂⁻の結合により酸化力の強い ONOO⁻が経時的に上昇したことも考えられます。

前述の脂肪滴については、一般的に、アポトーシスが誘導された細胞内では脂肪滴は蓄積されるとの報告が多数されており、アポトーシス過程において、脂肪合成に関係する酵素の活性化やミトコンドリアでの脂肪酸のβ酸化の抑制、脂肪酸の酸化経路より脂肪合成経路の活性化・蓄積が生じ

ます。一方、PAM 処理で HeLa 細胞にアポトーシスが誘導されると共に、脂肪滴が減少したことは、未知の脂質代謝の変性が誘導されたことを示唆しており、RONS 挙動と共に脂質消費という興味深い結果を得たと考えています。

終わりに

PAM 処理をした HeLa 細胞の観察から、NO と O₂⁻がアポトーシス経路を活性化させ、その後、結合した ONOO⁻が細胞膜脂質を過酸化した結果を示唆しています。脂肪滴の消費にみられた PAM の代謝変性を世界で初めて明らかにしました。

今回の受賞を励みに、プラズマ科学の知識を基に、日々精進していく所存ですので、今後ともご指導ご鞭撻のほど宜しくお願い申し上げます。

謝辞

本研究を進めるにあたり、堀勝教授のご指導の下、石川健治特任教授、関根誠特任教授、近藤博基準教授、田中宏昌特任講師、竹田圭吾助教、橋爪博司特任助教 (以上、名古屋大学)、伊藤昌文教授、太田貴之准教授 (以上、名城大学)に懇切丁寧なご指導と的確なご助言を頂きましたこと、この場をお借りして改めて深謝申し上げます。

参考文献

- [1] H. Tanaka *et al.*; Plasma Med., 1, (2011), 265-277.
- [2] N. Kurake *et al.*; Arch. Biochem. Biophys. 605 (2016) 102-108.
- [3] R. Furuta *et al.*; Phys. Chem. Chem. Phys. (2017) DOI: 10.1039/C7CP00489C
- [4] Y. Huang *et al.*; Biochemistry, 44, (2005), 10009-10019.
- [5] E. Currie *et al.*; Cell Metab., 18, (2013), 153-161.

ダイオード整流型多相交流アーク中の電極現象の高速観察

九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門 田中 学

研究背景

熱プラズマはエンタルピーが極めて大きく、従来はこの熱を利用して溶接・溶射などの分野で応用されてきた。近年ではその化学的活性という特長を活用することで、ナノ粒子創成プロセスへの展開が期待されている。本研究では、従来の熱プラズマと比較してエネルギー効率が大きく、プラズマ体積が大きい、ガス流速が遅いという特長を有する多相交流アークに着目する。

多相交流アークはこれまで、革新的ガラス溶融に用いる熱源として有用性が示されており、ナノ粒子の大量製造に用いる高温反応場としても注目されている。しかし、実用化に向けた課題の一つに電極消耗の低減化がある。

交流アーク電極は、陰極時・陽極時と交互に電子放出・電子凝縮の役割を担う。陰極時は、安定な熱電子放出のため低仕事関数かつ高融点材料が適する。一方陽極時では、電子凝縮による発熱を伴うためアークからの総伝熱量が大きくなるが、電極を高温に維持する必要はない。従って、高熱伝導材料が適しており、十分に冷却して用いるのがよい。このように、陰極と陽極はそれぞれの異なる役割に起因して、求められる物性が異なる。

しかし、電流が 100 A 以上の大電流アークにおいては、陰極時・陽極時に適した特性を同時に有する電極材料は現存しないため、交流アークにおいては電極消耗が問題となる[1]。これは、多相交流アークも例外でなく、通常の交流アークより電極消耗が大きいことも報告されている[2]。

そこで本研究では、ダイオード整流による交流電極の二極分割を試みることで、電極消耗の大幅

低減化を目指した。本研究の目的は、ダイオード整流型多相交流アークの開発とし、電極現象およびアーク放電特性の解明を試みた。

実験方法

多相交流アーク発生装置は、炉側面から複数の電極を放射状に挿入し、位相の異なる多相交流を印加することで大体積の高温領域を発生させる(図 1)。本装置では、電極と変圧器間にダイオードを配置することで陰極と陽極を分離した。電極配置の俯瞰図と側面図を図 2 に示す。ダイオード整流時の陰極には、直径 3.2 mm の 2wt%ThO₂ 添加 W を、陽極には電極径 25 mm の Cu を使用した。一方、比較実験として、ダイオード整流を行わない従来の多相交流アーク実験も実施した。その際、直径 3.2 mm の 2wt%ThO₂ 添加 W のみを電極とした。プラズマガスは主成分を Ar とし、大気圧下での放電実験を行った。アーク電流値を 80~200 A の間で変化させ、電極消耗量を測定した。

熱プラズマ中には、様々な現象に起因する発光が存在する。そこで、特定の波長のみを透過するバンドパスフィルター光学系を用いることで、電極からの熱放射由来の発光のみを観察し、放電中の電極温度計測を行った。

実験結果

本研究では、電極消耗の大幅低減化を狙い、ダイオード整流により二極分割した交流電極を用いて多相交流アークを発生させることを目指した。このような試みはこれまでに例がないため、そもそも十分に安定な放電が達成できるかどうかの確

認を第一に行う必要があった。図3に、通常のハンディカメラにより得られた、ダイオード整流型と従来型の多相交流アークの放電中のスナップショットを示す。二極分割した電極形状の違いにより、従来型とは異なる様相を呈してはいるが、十分に安定な放電が得られることが確認できた。

ダイオード整流を施し二極分割することが、電極消耗量にどのような影響を及ぼすかを検討するために、ダイオード整流型多相交流アークと従来の多相交流アークにおける電極消耗量を比較・検討した。その結果、交流電極を二極分割することで、電極消耗量の著しい低下が確認された。

上述のような結果が得られた要因を明らかにするため、最大電流が流れている瞬間の電極温度分布図を図4に示す。ダイオード整流時では、Wの融点である3695 K以下となっており、電極が溶融していないことがわかる。これにより、従来型の電極に発生する液滴飛散および電極蒸発による消耗を大幅に低減できたものと考えられる。また、アークからの伝熱量の大きい陽極時には、熱伝導度の高いCuを十分に水冷することで、消耗の抑制が達成できたと考えられる。

おわりに

ダイオード整流により交流電極を二極分化し、陰極にWを、陽極にCuを用いることで、従来の1/3以下という電極消耗量の大幅低減化に成功した。この要因は、適切な電極材料選定が可能となり、電極温度を融点以下に維持できたためである。以上より、ダイオード整流型多相交流アークは、材料プロセスに用いる熱源として有用であることが示された。

参考文献

[1] 日向輝彦ら，軽金属溶接，**26**，(1988)，97。

[2] M. Tanaka, et al., Jpn. J. Appl. Phys., **55**, (2016), 07LC01.

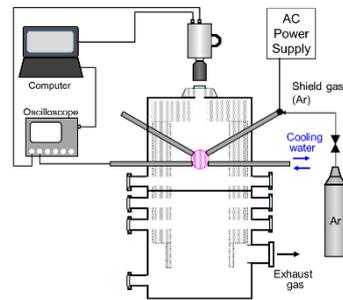


図1 多相交流アーク発生装置の概略図。

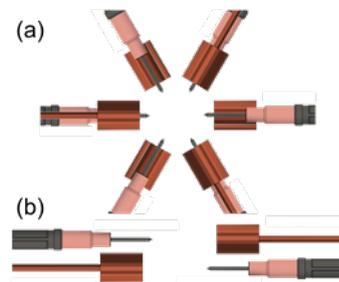


図2 ダイオード整流型多相交流アークの電極俯瞰図(a)および側面図(b)。

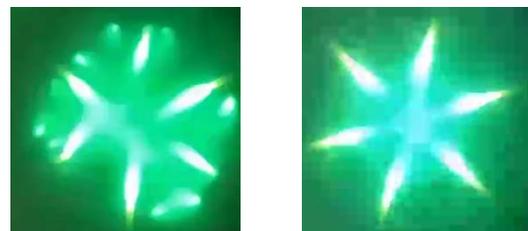


図3 放電中の多相交流アークの様子。
(左：ダイオード整流型，右：従来型)

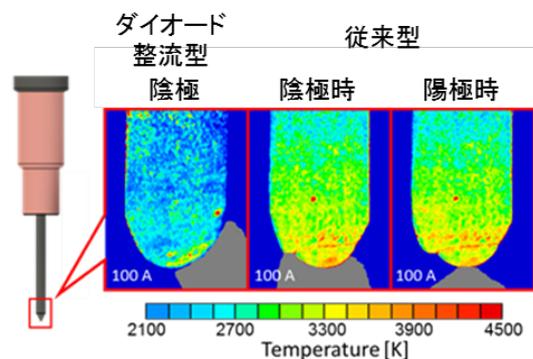


図4 最大電流時の電極温度分布図の比較。

38th International Symposium on Dry Process (DPS 2016)

第 38 回ドライプロセス国際シンポジウム

東京エレクトロン宮城株式会社 本田 昌伸

第38回ドライプロセス国際シンポジウム（以下、「DPS」と略記）が2016年11月21～22日の両日、北海道大学の学術交流会館にて開催された。今年で38回目を迎えるDPSはプラズマ/ドライエッチングの分野において長い歴史を持ち、産官学から最先端の研究成果が報告され、積極的な意見交換がなされるといった特色を有する。本学会はプラズマエッチングやプラズマCVD等、大規模集積回路の微細化プロセス技術の分野において世界をリードする国際会議であり、年に1回、主として、国内で開催されている。今回も、国内外の大学や企業等から、220名(海外63名、国内157名)の参加者を迎えて、盛況のうちに幕を閉じたので概況を報告する。

本年はAtomic Layer Etching/Atomic Layer Deposition (ALE/ALD)をはじめとする原子層レベルの微細加工技術が注目されているのを受け、原子レベルの表面反応制御をテーマにした「How can we control atomic layer reactions?」と

「Modeling and simulation for precise reaction control」の2つの特別セッション（アレンジセッション）を企画した。その結果、多数の投稿があり、招待講演7件、口頭発表20件、ポスター発表66件が採択され、9つのセッションを通じて活発な議論が行われた。今年度のDPSも、例年通り、昨年度の各賞（Young Researcher Awards, Best Presentation Award, DPS Paper Award, Nishizawa Award）の授賞式典から始まり、ドライプロセスの発展に大きく貢献され、本シンポジウムの歴史に名を連ねてきた方々に贈られる

Nishizawa Awardは、菅井秀郎氏（名古屋大学名誉教授）が受賞された。受賞記念講演では研究成果の集大成を詳しく解説してくださり、世代が離れた若い研究者にとっては非常に貴重な機会となった。

1つ目のアレンジセッションである「How can we control atomic layer reactions? (1)」では、Eindhoven University of Technology のW.M.M.Kessels氏から、プラズマALDの基礎と重要性、ALEとALDの原理的な対比、およびArea Selective Depositionなどの最新トピックスが紹介され、ALD視点からみたALEに対する類似性、非類似性の解説がなされた。日立の三好氏から、高スループットの Si_3N_4 の高選択ALEプロセスにおける表面反応メカニズムの報告がなされた。活性種のフラックスを増加させることで吸着ステップに要する飽和時間を大幅に短縮させ、ALEの最大課題である生産性に対する改善を示した。

続けて「How can we control atomic layer reactions? (2)」では、UCLAのJ.P.Chang氏から、磁性体材料におけるALDの有用性と、難揮発性材料に対するALEの適用指針に関する紹介がなされた。またUniversity of ColoradoのS.M.George氏から、リガンド交換と表面弗化のサイクルプロセスを利用した Al_2O_3 、 HfO_2 、 AlN に対する、熱ALEプロセスの紹介がなされた。本プロセスはドライプロセスにおける新たな可能性を強く感じさせるものであり、反響も非常に大きかった。さらにラムリサーチの大場氏から、

GaN/AlGaNに対するCl₂とArプラズマを用いたALEプロセスの適用例がアクチベーションカーブとともに紹介され、ダメージ抑制に対するALEの大きなメリットが示された。

Plasma Induced Damageのセッションにおいては、京都大学の岡田氏から、C-Vカーブを用いた新たなダメージ測定手法が紹介された。またソニーの平田氏から、H₂/Arプラズマを用いたITOエッチにおけるエッチングレートとガス比の関係、および表面改質状態とを関連付けた詳細なメカニズムが説明された。

New Dry Process and Equipmentのセッションでは、京都大学の瀬木氏からClF₃/Arの中性クラスタービームを用いた斜めエッチによる、カンチレバー製作の実用例が報告された。近年、斜めエッチ技術の必要性は高まっているため、今後のさらなる発展を期待したい。

2つ目のアレンジセッションであった「Modeling and simulation for precise reaction Control」においては、Samsung ElectronicsのJ.H. Um氏から、High Aspect Ratio Contact工程における、外周リングの消耗が引き起こすウェハ外周チップ部での量産課題(経時変化、tilting、寿命)が紹介された。講演では解決のためのハードウェア設計に対するシミュレーションの実践的な活用例が紹介された。

AEC, APC and Monitoringのセッションでは、名古屋大学の植山氏から、CCPでのDC重畳パルスプラズマにおける電子密度の空間分布を表面波プローブを用いて高時間分解能で測定した結果が紹介された。

Etching Technologyのセッションでは、University of AntwerpのS.Tinck氏から、極低温を用いたシリコンの深穴エッチとPorous Low-k膜のエッチングをモチーフにした実験/数値計算両面からの表面反応メカニズムの考察が報

告された。

半導体デバイス向けドライプロセスの抱える課題に焦点を当てた今回の議論でも、昨年に引き続き、加工精度向上の救世主としてALEが注目された。表面反応の理解はまだ十分とはいえないが、ALD研究者との交流、ネットワークの構築は徐々にすすんでおり、着実に進展していることが感じられた。また、厳密な意味でのALEに加えて、ALEを拡大解釈した新たなプロセスの登場など、裾野の拡大を感じさせる場となった。加えて、より高精度な加工を支える基盤技術として、表面反応メカニズムの丁寧な理解、および実験とシミュレーション両面からのモデルの立案・検証が、直実に進展していることを感じられるシンポジウムでもあった。

今後も、これらドライプロセス、プラズマプロセスに関する研究開発が加速され、発展するとともに、本シンポジウムがそれらの発展に貢献できることを期待したい。

本シンポジウムの開催にあたり、応用物理学会をはじめ、大学、研究機関、企業など多くの組織から委員の派遣、論文の寄稿、シンポジウムの参加など様々な形で多大なご援助をいただき、感謝申し上げます。



国際会議報告

9th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials / 10th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma 2017 / IC-PLANTS 2017)

中部大学 中村圭二

本会議は、ISPlasma と IC-PLANTS の2つのプラズマを軸とした国際会議の合同シンポジウムとして、プラズマ科学、ナノ材料、および窒化物半導体、バイオセンシングの4つの分野の相互発展を目指し、2017年3月1日（水）から5日（日）までの5日間、愛知県春日井市にある中部大学 春日井キャンパスにて、Japan Society of Applied Physics（応用物理学会）の主催で開催された。

ISPlasma とは、東海広域ナノテクものづくりクラスター事業の一環として、当地域に国際競争力を有する先進プラズマナノ科学研究拠点を形成するために2009年から始まった国際会議で、プラズマ分野で長い歴史と研究実績を有する東海地域に国内外から優れた研究者が集い、プラズマ科学、窒化物半導体とナノ材料への応用、産業界への技術移転の仕組み作りについて幅広い議論を通じて、分野を超えた最新の研究成果についての活発な情報交換の場を提供するなど、異分野交流とそのシナジー効果を促すユニークな国際会議と位置付けられている。一方、IC-PLANTS とは、名古屋大学工学研究科附属プラズマナノ工学研究センターが主催する国際会議として2008年から毎年開催され、半導体プロセスからバイオ応用まで多様なプラズマプロセス技術と、プラズマの生成・計測・シミュレーションなど先進プラズマ

科学に関して熱心に議論が繰り広げられている。これら両会議は、2014年から合同の国際会議として開催されるようになり、今回の会議で4回目の合同開催となった。

今回の ISPlasma 2017 / IC-PLANTS 2017 は、名古屋市の中心街から会場まで 20 km 程度離れており、参加動向への影響が懸念されたが、国内外からの参加者数は合計 436 名（うち招待講演者 43 名、学生 226 名）に達し、前回よりも1割程度増加した。主な国別の参加者の統計として、

日本：221名（51%）

台湾：107名（25%）

中国：28名（6%）

韓国：26名（6%）

フィリピン：25名（6%）

であった。この統計から見られるように、本会議は海外からの参加者がおおよそ半分で、特に東アジアの国々からの参加者を中心に、合計 22ヶ国からの参加があり、数字の上から本会議が国内外から注目される学会であったことがわかる。

今回の会議では、すべての会場を半径 50 m 内ある合計6会場にて、Plenary Lecture、Keynote Lecture、Topical Session、Poster Session、Tutorial などが行われた。初日には、プラズマ科学、窒化物半導体、ナノ材料、バイオ応用の各分野の Tutorial があり、その翌日には、Opening

Address の後、中部大学副学長（当時）の石原修先生により、“Role of Complex Plasma for Emerging Sciences”と題した Plenary Lecture が行われた。講演後の活発な質疑に見られたように、多くの参加者からご好評をいただいた。（写真1）



写真1 石原修先生の Plenary Lecture の様子

Plenary Lecture に続けて、Tom Gregorkiewicz 先生（University of Amsterdam, NETHERLANDS）より“PECVD-Grown and Chemically Synthesized Semiconductor Nanocrystals for Photon Management in Future Photovoltaics”と題したご講演と、中西速夫先生（愛知がんセンター研究所）より“A New Therapeutic Modality with Plasma-Activated Medium Targeting Peritoneal Micrometastasis in Human Gastric Cancer Cell Lines in Nude Mice”と題したご講演が、Keynote Lecture として行われ、いずれも盛況であった。また Topical Session として、

- 1) BioApplications based on Plasma Technology
- 2) Advanced Electronic Nitride Materials and Devices

3) Energy Innovation based on Plasma-nano Technology

の3つのセッションがプログラムされ、分野の垣根を越えた熱い議論が行われた。今回の会議での発表件数は362件で、そのうち招待講演が43件（Plenary Lecture、Keynote Lecture、Topical Session、Poster Session、Tutorial を含む）、また一般講演での口頭発表は95件であった。

会議の3日目には、中部大学のアロハテーブルにて Banquet が開催され、各分野からの参加者の間で、懇親を深める貴重な機会となった。Banquet 途中では、春日井市にある和太鼓のNPO法人 転輪太鼓によるアトラクションが行われ、参加者の間近で迫力のある演奏が行われ、多くの海外参加者に日本文化を肌で感じていただくことができた。（写真2）



写真2 懇親会における和太鼓ショーの様子

次回の ISPlasma 2018 / IC-PLANTS 2018 は、名城大学ナゴヤドーム前キャンパス（愛知県名古屋市東区矢田南4-102-9）において開催される予定で、開催日程は2018年3月4日（日）から8日（木）の5日間を予定している。

第 31 回光源物性とその応用研究会

～ スマートハウスに関わる照明制御システムと光源物性 ～

千葉工業大学 小田 昭紀, 産業技術総合研究所 布村 正太

第 31 回光源物性とその応用研究会が, 照明学会 光源・照明システム分科会および応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会の主催で開催された. 今回はスマートハウスに関わる照明制御システムと光源物性というサブタイトルの下, 照明や光源に関わる最近の研究を広く募集して本研究会が実施された. 開催場所は北とびあ(東京都北区施設) 9 階 902 会議室で行われ 9 名が参加した.

以下に, 講演内容を簡単に紹介する. 「自己組織化誘電体バリア放電の構造解析とフォトニックバンド構造」では, 誘電体バリア放電中のフィラメントが自律的に構造化する自己組織化現象をフォトニックバンド構造の観点から紹介された. 「キセノンエキシマランプ用高周波誘電体バリア放電のシミュレーション」では, エキシマランプの更なる高性能化を検討すべく, 高周波駆動されたキセノンガス誘電体バリア放電の内部構造の解析結果について報告された. 「パルスレーザーラマン法を用いた LED ジャンクション温度の同時計測システムの開発」では, 動作中の照明用白色 LED モジュールのジャンクション温度を直接かつリモートで測定可能な, パルスレーザーを用いたラマン散乱計測システム構築を目的とした各種計測結果が紹介された. 「住宅向け電動ブラインド制御による照明環境最適化システムとスラット色の影響」では, 本システム構築時に検討が必要な, 異なるスラット色のブラインドに変更した際の明るさ感へ及ぼす影響について報告された. 「ECHONET Lite を用いた電動ブラインドによる照明制御システムと異なるスラット色による室内明るさ感への影響の検

討」では, 照明光色と人との生理的な反応との関係性の解明を目的に, 照明光色を変化させた際の人の体感温度に与える影響等について紹介された.

最後に, 本研究会の運営準備等で多大なるご協力を賜りました神奈川工科大学創造工学部の三栖貴行先生に謹んで御礼申し上げます.

講演プログラム

- 1) LS-16-05/PE-16-01: 「自己組織化誘電体バリア放電の構造解析とフォトニックバンド構造」, 沖秀典, 向川政治(岩手大学)
- 2) LS-16-06/PE-16-02: 「キセノンエキシマランプ用高周波誘電体バリア放電のシミュレーション」, 小田昭紀(千葉工業大学)
- 3) LS-16-07/PE-16-03: 「パルスレーザーラマン法を用いた LED ジャンクション温度の同時計測システムの開発」, 堀内誠(パナソニック), 堤晋一, 山形幸彦, 富田健太郎(九州大学), 真鍋由雄(津山工業高等専門学校)
- 4) LS-16-08/PE-16-04: 「住宅向け電動ブラインド制御による照明環境最適化システムとスラット色の影響」, 坂本優大, 岡本健司, 林智之, 三代翔平, 杉村博, 三栖貴行, 一色正男(神奈川工科大学)
- 5) LS-16-09/PE-16-05: 「ECHONET Lite を用いた電動ブラインドによる照明制御システムと異なるスラット色による室内明るさ感への影響の検討」, 小田原健雄, 磯部譲, 貝瀬峻, 佐藤侑希, 山本弥沙季, 三栖貴行, 一色正男(神奈川工科大学)

国内会議報告

第 27 回プラズマエレクトロニクス講習会 ～プラズマプロセスの基礎と先端分野への応用～

東芝メモリ（株） 林 久貴

題記講習会を開催しました。以下、報告します。

- 1) 協賛：日本物理学会、電気学会、プラズマ・核融合学会、日本化学会、電子情報通信学会、放電学会、日本真空学会、ドライプロセスシンポジウム、化学工学会 CVD 反応分科会
- 2) 日時：2016 年 11 月 18 日 9:30～19:00
- 3) 場所：東京大学 本郷（浅野）キャンパス 武田先端知ビル 「武田ホール」
- 4) 参加者：65 名（講師・委員含む）
- 5) 収支：

【収入】 1,854,000 円

（参加 1,389,000 円、広告 465,000 円）

【支出】 626,558 円

（会場 121,000 円、印刷 110,052 円、謝金 84,618 円、懇親会/会議 180,857 円、雑費/旅費/輸送他 130,031 円）

【残金】 1,227,442 円

- 6) プログラムと概要

■ 第 1 部：プラズマ技術の最前線 ■

1. 『先端半導体におけるプラズマエッチング』
日立製作所 根岸 伸幸 先生
2. 『熱プラズマによる有害物質分解』
九州大学 渡辺 隆行 先生
3. 『プラズマシミュレーション』
千葉工業大学 小田 昭紀 先生

■ 第 2 部：プラズマプロセスの基礎 ■

4. 『プラズマ計測・診断 –反応性プラズマ中微粒子を中心として–』
九州大学 古閑 一憲 先生
5. 『プラズマの生成と基礎』

名古屋大学 堀 勝 先生
各先生から、①プラズマエッチングの概要と加工形状異常など、先端半導体におけるプラズマエッチング技術、②熱プラズマによる廃棄物処理プロセスの最新の研究動向およびプロセスの原理、③低圧プラズマおよび大気圧プラズマを対象としたプラズマシミュレーションの基礎から最新の話題、④反応性プラズマ中のナノ粒子発生機構、種々のナノ粒子計測法、⑤プラズマの生成とその基礎プロセスの体系的解説、多様な応用に展開するためのアプローチ、
をご講義頂きました。

参加者との活発な議論もあり、基礎から応用までを効率的に学べる有意義な講習会となりました。また、講習会後の懇親会で、相互の交流も深めました。

有意義なご講義を頂いた講師の皆様、講習会 企画・運営にご尽力頂いた枡久保幹事長をはじめとする担当幹事の皆様、会場運営にご協力を頂きました東京大学の一木先生、神原先生、竹原先生、事務手続き全般をサポート頂いた応物分科会担当の小田様にお礼申し上げます。

- 7) 次回の予定（詳細未定）

日時：2017 年 11 月

会場：東京大学 武田ホール

◎担当幹事： 中川 雄介(三菱電機)、今村 翼(東芝)、笠嶋 悠司(産業技術総合研究所)、大森 健史(日立製作所)、竹内 希(東京工業大学)、三好 康史(ソニーセミコンダクタソリューションズ)、布村 正太(産業技術総合研究所)、山澤 陽平(東京エレクトロン)、林 久貴(東芝)

第 34 回プラズマプロセッシング研究会／ 第 29 回プラズマ材料科学シンポジウム 開催報告

北海道大学 佐々木 浩一

2017 年 1 月 16 日～18 日に、北海道大学学術交流会館において、第 34 回プラズマプロセッシング研究会(SPP34)を開催しました。プラズマプロセッシング研究会は、本分科会の主催により毎年 1 回開催されていますが、反応性プラズマ国際会議が開催される年およびプラズマコンファレンスが開催される年はそれらとの合同開催となるため、SPP としての開催はおおむね 3 年に 1 回となります。今回は、2013 年に浜松で開催された SPP30 以来 4 年ぶりの SPP となりました。また、初めての試みとして、日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会が主催する第 29 回プラズマ材料科学シンポジウムとの合同開催となりました。

発表論文数は、プレナリー講演 2 件、招待講演 6 件、受賞記念講演 1 件、一般口頭発表 52 件、ポスター発表 65 件の合計 126 件でした。参加者数は、一般 104 名および学生 73 名の合計 177 名でした。また、1 月 16 日の夜にアスペンホテルにおいて開催した懇親会には 80 名の方が参加されました。今回の会議日程は、会場確保の都合により、大学入試センター試験の翌日からの日程となり、そのことが影響したものと思われませんが、前回の浜松よりやや少ない発表論文数および参加者数となりました。

プレナリー講演では、北海道大学の渡部直樹氏から「低温氷表面における水素の化学物理：宇宙における化学進化を理解する」と題する講演がありました。異分野の話題として依頼したプレナリー講演でしたが、本分科会の主要なテーマであるプラズマプロセッシングと驚くほど共通する基礎過

程を含む研究であり、多くの聴衆の興味を喚起していました。また、名古屋大学の堀勝氏から「プラズマ医療科学の総括と未来展望」と題するプレナリー講演がありました。最近 5 年間にわたって実施した科学研究費・新学術領域研究の成果を総括する内容で、当該分野の研究の進展を印象づける講演でした。6 件の招待講演は、研究テーマおよび大学／産業界のバランスに配慮して選ばれましたが、いずれの講演もレベルが高い興味深いものであったと思います。なお、今回は初めての試みとして、「SPP 講演奨励賞」を設置しました。35 歳以下の若手研究者による一般口頭発表およびポスター発表に関して厳正な審査を行った結果、古田凌氏（名古屋大学）および田中学氏（九州大学）が本賞を受賞されました。

プラズマプロセッシング研究会は、本分科会の源流とも言える研究会であり、これまで諸先輩のご尽力により育てられてきたものです。母国語で行われるレベルの高い研究討論は、本コミュニティの一体感形成の上でも、若手研究者の育成のためにも、非常に重要だと思います。今後も、本コミュニティのアイデンティティを大切に、プラズマプロセッシング研究会を発展させることが重要と感じました。

最後に、本研究会の成功は、手弁当にてプログラム委員会に出席いただいたプログラム担当の委員各位、および、通常は外注するはずの作業をほとんどすべて手作りしていただいた実行委員各位のご尽力のたまものであることを明記し、感謝申し上げます。

プラズマ・核融合学会第 29 回専門講習会 「スパッタ技術の現状と展望」

名古屋大学 豊田浩孝

プラズマ・核融合学会では会員や学生および一般の方を対象に主にプラズマ応用関連のテーマを中心に毎年専門講習会を開催しているが、本年はスパッタ技術をテーマとして、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会の協賛をいただき 2017 年 1 月 27 日(金)に名古屋大学において開催された。

プラズマを用いたスパッタ成膜技術は、基本的プラズマプロセス技術のひとつとして、表面コーティングから、最先端の電子デバイスプロセスまで、さまざまな工業分野においてなくてはならないものとなっている。さらに近年は大型電子デバイス製造におけるコーティング技術としての大型スパッタ成膜や、ミニマルファブへの展開、High Power Impulse Magnetron Plasma(HIPIMS)といった新しいスパッタ技術も開発されるとともに、技術の高度化をもとにして高品質結晶膜のスパッタ成膜技術も開発されている状況にある。そこで本年の専門講習会はスパッタ技術とその応用に興味を持つ企業・大学・研究機関の技術者・研究者を対象に、スパッタ技術の現状と将来を分り易く講習する専門講習会を目指した。講師と講演題目・概要は以下のとおりである。

スパッタの基礎とプラズマ解析

豊田浩孝(名古屋大学)

スパッタ成膜技術はプラズマ技術のひとつとして幅広い産業分野に応用されている。本講演ではスパッタ技術の基礎に触れると共に、スパッタプラズマ中における粒子挙動や粒子の持つエネルギーについて、質量分析法等の手法を用いた計測につき講演した。

「スパッタエピタキシー法を用いた高品質単結晶薄膜の形成」

板垣奈穂(九州大学)

薄膜材料の更なる発展のためには、材料設計に高い自由度をもたらす「格子不整合系」のヘテロエピタ

キシーが不可避となる。本講演では、講演者らが開発したスパッタエピタキシー法により実現した、格子不整合基板上への高品質単結晶成長について紹介するとともに、最近発見した新しい結晶薄膜成長モードについて紹介した。

HIPIMS 成膜技術とミニマルファブ

小木曾久人(産業技術総合研究所)

ミニマルファブは、半導体デバイスの少量生産に適し、かつ製造設備構築の初期投資の負担を減らす目的で、産総研を中心に提案されている概念である。講演者らは、HIPIMS による成膜装置をミニマルファブ用に開発し、実際のデバイス作成に用いることに成功した。本講演ではその小型 HIPIMS の開発及び、その成膜特性について述べた。

反応性制御プラズマ支援スパッタ製膜プロセス～長尺・大面積基板に対応可能な低温・低ダメージ製膜技術～

節原裕一(大阪大学)

本講演では、フレキシブルデバイスをはじめとする次世代の高機能デバイスの開発に向けて、高密度かつ低ダメージの誘導結合放電を用いたプラズマ支援スパッタ製膜プロセスについて、プラズマ生成ならびに反応性高度制御の基礎から、高移動度(> 40 cm²/Vs)IGZO 薄膜トランジスタの低ダメージ・低温形成の実例に加えて、メートルサイズを超える長尺・大面積基板への技術展開を紹介した。

講習会には、プラズマスパッタ技術を利用している企業の技術者、大学の学生を中心に、公的機関・企業技術者 14 名、学生 23 名、講師 4 名の計 41 名が出席し、各講演後は企業の方を中心に活発な質疑がなされた。開催にあたり協賛をいただいた応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会に感謝いたします。

国内会議報告

第 25 回 プラズマエレクトロニクス新領域研究会 『フレキシブルエレクトロニクスのためのプラズマプロセス』

北大・工 島田敏宏

平成 29 年 2 月 23 日（金）の午後半日にわたり、東京都千代田区神田神保町の高橋ビル会議室にて、第 25 回 プラズマエレクトロニクス新領域研究会「フレキシブルエレクトロニクスのためのプラズマプロセス」を電気学会電子・情報・システム部門 CEFM1027 調査専門委員会（フレキシブルなエネルギー・情報・ロボティクスデバイス関連技術に関する調査専門委員会）との共催で開催しました。実用化に向けて活発に研究が進んでいるフレキシブルエレクトロニクスにもプラズマプロセスは重要な役割を果たしています。やわらかいフィルム基板の上に低コストの印刷技術を用いて電子回路を作製するには、導電性インク・半導体インクの開発、基板表面の濡れ性制御が重要です。プラズマプロセスの応用としては、プラスチック基板の表面改質、導電性インク合成、カーボンナノチューブをはじめとする半導体材料の合成などが挙げられます。本研究会では、この分野で活躍されている 5 名の研究者に最近の成果をご講演いただきました。はじめに、電気学会側から千葉大学の工藤一浩先生（CEFM1027 調査専門委員会委員長）から趣旨説明が行われました。東京農工大学の臼井博明先生からは「イオン化蒸着による機能性有機膜の形成」という題目で、高分子のモノマーとなる有機分子を電子ビームやイオンビームでイオン化して蒸着することにより基板上で重合させ、表面硬度、濡れ性、屈折率等を制御する研究について述べられました。埼玉工業大学の佐藤進先生からは、「液中プラズマを利用した導電性

インクの合成（装置を中心として）」と題して、硫酸銅水溶液などの中にマイクロ波を導入することによりアンテナからプラズマを発生させ、還元により銅のナノ粒子を大量合成する技術について解説されました。特に、安定した合成を行うための装置上の苦勞が語られました。東北大学の加藤俊顕先生からは「マイルドプラズマ反応を用いたグラフェンナノリボンの大規模集積化合成」と題して、ニッケルナノ構造上にマイルドプラズマを用いて形成されるグラフェンナノリボンの合成とその機構について述べられました。東京大学の斉木幸一朗先生からは「原子層材料のプラズマによるドーピング」と題して、グラファイトの化学酸化によって得られる原子層物質であるグラフェンオキシドの基板上への塗布を行った後、プラズマ処理することにより還元を行いキャリア移動度の高いグラフェンを得る研究、および窒素プラズマ等によるグラフェンへのドーピングに関する研究など、現在進行中の最新の成果についても述べられました。積水化学の太下貴之先生からは、「熱アシストプラズマ処理によるフッ素樹脂の表面改質」と題して、実用化段階にあるフッ素樹脂の親水化などの表面改質を roll to roll プラズマ処理によって行う技術について述べられました。各講演後は、参加者との活発な質疑応答があり、とても有意義な会議になりました。最後に、講師及び参加者の皆様、そして会場準備・当日の運営でお世話になりました応用物理学会、電気学会の関係各位に厚く御礼申し上げます。

国内会議報告

プラズマ材料科学 153 委員会「プラズマ材料科学スクール」

第 I 部 大気圧プラズマの基礎

第 II 部 最新のオゾン技術と将来展望

東京工業大学工学院 野崎智洋

はじめに

平成 29 年 2 月 23 日(木)–24 日(金)の 2 日間にわたり、日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会が主催する標記の一般公開スクールが開催された。本会は、産総研コンソーシアム高濃度オゾン研究会(共催)、および応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会(協賛)、プラズマ・核融合学会(協賛)の協力を得て実施された。2 日間で 100 名を超える参加者に恵まれ、盛況のうちに会を終了した。

学振 153 委員会の活動について

一般公開スクールの概要を報告する前に、学振 153 委員会の活動について簡単に紹介したい。

学振 153 委員会は、産業界会員 30 名、大学・国研会員 38 名(平成 29 年 4 月)の委員で構成されており、企業および学協会の垣根を超え、プラズマ材料科学にかかわる学術、応用技術、人材交流および人材育成に関する活動を推進している。堀勝・委員長(名古屋大学)、白谷正治・副委員長(九州大学)、宇山晴夫・副委員長(凸版印刷)、吉田豊信・監事(物質・材料研究機構)のもと、14 名で構成される企画運営委員を中心に、活動を企画している。153 委員会会員を対象にした非公開研究会が活動の骨子であるが、年に 1 回のペースで一般公開研究会および一般公開スクールを開催し、本会の活動を広く配信している。入会に関する情報、産業界・学界会員のリスト、およびこ

れまでの活動の詳細はホームページを参照されたい(<http://www.plasma153.org/index.html>)

一般公開スクールの詳細

近年注目を集めている大気圧プラズマは、オゾン合成、空気清浄器などの産業応用から、近未来の医療・農業応用へとフロンティアを開拓する基盤技術として発展を続けている。とりわけ、オゾンは大気圧プラズマとかわりが深いだけでなく、プラズマ材料科学分野において現象の科学的理解が最も進んだ分野の一つでもある。これを背景に、スクール第 I 部では、大気圧プラズマの発生、計測、モデリングなど大気圧プラズマの基礎にフォーカスし、大学院学生や企業の若手研究者・技術者を対象に企画した。

オゾン合成のみならず大気圧プラズマの基礎・応用研究の先駆者である、元・三菱電機(現・科学技術振興機構 ACCEL プログラムマネージャー)八木重典氏から「誘電体バリア放電の基礎と応用」と題して基調講演をいただいた。引き続き、大気圧プラズマの計測とモデリング(小野亮:東京大学・准教授)、大気圧プラズマと固体の相互作用・表面改質(小駒益弘:上智大学名誉・教授)、同・触媒反応(野崎智洋:東京工業大学・教授)、大気圧プラズマと液体の相互作用(白藤立:大阪市立大学・教授)、大気圧プラズマによる気流制御(西田浩之:東京農工大学・准教授)に関する講演を行った。

スクール第Ⅱ部では、オゾンに関連した種々の活性酸素種の生成ならびにドライ&ウェット利用について、技術者、研究者はもちろん、新しいオゾンビジネスの開拓に興味のある方を想定して企画した。また、スクール第Ⅱ部の前半には、第Ⅰ部と第Ⅱ部の橋渡しとして、「大気圧プラズマの現状と将来展望」と題した特別講演を設け、大阪大学接合科学研究所の節原裕一教授から90分間のレクチャーを頂いた。

第Ⅱ部の講演では、名古屋大学イノベーション戦略室室長の一村信吾教授より、「オゾン技術の現状と展望」と題し、オゾンが持つ工学的価値と新しい利活用展開のポテンシャルについてレクチャーを頂いた。引き続き、工業用オゾン合成の実際（和田昇：三菱電機・グループマネージャー）、超高純度オゾンの発生とその応用（三浦敏徳：明電舎・技師）、オゾンの輸送、貯蔵および高濃度化（小池国彦：岩谷産業・上級理事）、プラズマライフサイエンス：医療・農業応用（堀勝：名古屋大学・教授）、マイクロバブルオゾン水による有機物分解

（堀邊英夫：大阪市大・教授）、オゾンファインバブルによる殺菌（笥伸雄：ヤマト科学株式会社・取締役常務執行役員）から講演をいただいた。会場から多くの質問が寄せられ、プログラムに収まりきれない白熱した議論が交わされた。議論の続きは交流会の場に持ち越され、参加者の交流が活発に行われた。

プラズマ材料科学第153委員会の活動は、会員向けに企画された非公開研究会が主体になっているが、本稿で紹介したように年1回のペースで一般公開研究会とスクールをそれぞれ企画している。本会の活動に興味を持って頂いた諸氏には、一般公開研究会・スクールに参加いただき、情報収集、人的交流の場として活用していただき、併せて本会への入会をご検討頂けましたら幸いです。入会に関する詳細情報は、本会ホームページに掲載しています。

最後になりましたが、講演をいただいた講師各位に心より感謝申し上げます。



第Ⅰ部 大気圧プラズマの基礎：八木氏の講演の様子

国内会議報告

2017年 第64回応用物理学会春季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム 「エネルギー材料開発に資するプラズマ技術最前線」の報告

産業技術総合研究所 布村正太、東京大学 神原淳

1. はじめに

第64回応用物理学会春季学術講演会(2017年3月14日~17日、パシフィコ横浜)の二日目午後(13:45~18:15)に本分科会企画シンポジウム「S12:エネルギー材料開発に資するプラズマ技術最前線」が、301号室にて開催された。

プラズマプロセスは、太陽電池、パワーデバイス、水素燃料生成等のエネルギー関連材料分野で広く利用されている。これらエネルギー関連材料は、今後、益々需要が高まると期待されており、その高性能化・高信頼性化・低コスト化が世界各地で進められている。本シンポジウムでは、プラズマプロセスが関与するエネルギー関連材料に焦点を絞り、プロセスと材料・デバイス特性の関連を明らかにし、プロセス面における課題の抽出と材料・デバイス開発における今後の展望について横断的に議論することを目的に企画された。

2. 講演の概略

最初に、企画担当から本シンポジウムの開催趣旨について簡単に紹介された後、寺嶋和夫氏(東大院新領域)に「はじめに」の題目で講演いただいた。“物質”、“情報”と並び、工学における3大要素の一つである“エネルギー”におけるプラズマプロセス技術のこれまでの貢献と今後の更なる応用展開への期待が述べられた。さらに、本シンポジウムにおける各講演のハイライトが紹介され、プラズマプロセスの具体的な役割と重要性が説明された。続いて金子哲也氏(東海大工)に「Si 太陽電池パッシベーションにおけるプラズマ成膜技

術」の題目で講演いただいた。太陽電池の製造工程では、光電変換層や透明電極、パッシベーション層の形成など、多種多様な薄膜材料の形成に様々なプラズマ成膜技術が用いられていることが紹介された。中でも、ヘテロ接合型太陽電池に用いられるパッシベーション層(水素化アモルファスシリコン極薄膜)は、太陽電池性能を大きく左右する部分であり、その形成にプラズマCVD技術が用いられ、本成膜工程におけるダメージ低減が更なる電池性能の向上に必須であることが述べられた。続いて原田信介氏(産総研)に「SiC パワーデバイスにおけるプラズマプロセス」の題目で講演いただいた。高効率かつ信頼性の高い次世代パワーデバイスの作製に向け、プラズマ技術の幾つかの検討例が紹介された。例えば、Super-Junction(SJ)構造の形成に必用な深掘りかつ垂直なプラズマエッチング技術やSiC ウェハの切断に求められる放電加工技術が紹介された。また、ゲート酸化膜用にALD法で製膜したAlO_x膜の界面準位の低減に水素+窒素プラズマ処理が有効に作用することなどが紹介された。続いて小田修氏(名大工)に「窒化物系結晶成長におけるプラズマ応用」の題目で講演いただいた。窒化物半導体の結晶成長に用いるプラズマ技術の応用例として、分子線エピタキシー(MBE)用の高密度ラジカルソース(HDRS)とラジカル支援MOCVD(REMOCVD)法について紹介された。HDRSを用いることで、窒素ラジカル密度を従来に比べ約一桁向上させることが可能であり、窒化物半導体を2.0μ/h以上の高速レートで成長可能

であることが紹介された。また、ラジカル支援 MOCVD では、高コストのアンモニアガスを全く使用することなく窒化物の結晶成長が可能であり、低温で GaN、AlN、InN、AlInN 等の窒化物半導体が形成可能であることも紹介された。続いて田中学氏（九大工）に「Li イオン電池関連の熱プラズマ技術」の題目で講演いただいた。様々な熱プラズマの発生方法やその特徴などが説明されたのち、正極材料に用いられる Li-Me(Mn、Fe、Cr、Co、Ni)系複合酸化物の合成や、負極活物質であるアモルファス Si ナノ粒子等の作製例などが紹介された。また、熱プラズマ反応場の熱力学的な取り扱いやナノ材料創製の生成機構に関する詳細な考察が述べられた。さらに、作製したナノ粒子を用いた Li イオン電池の特性結果も紹介された。

15分の休憩を挟み、加藤 久雄氏（トヨタ自動車株式会社）に「次世代燃料電池車に向けた新規カソード触媒の研究開発と解析ニーズ」の題目で講演いただいた。燃料電池車の普及には、燃料電池のコスト低減が必須であり、そのためには高効率に酸素還元反応を行う新規カソード触媒の開発が必要であることが述べられた。新規カソード触媒の例として、担持体表面の白金原子間距離を制御する特殊なナノ構造や白金表面の修飾化技術が紹介された。また、解析技術として、「白金ナノ粒子等構造体の表面白金原子間距離やラフネス等を評価する技術」や、「白金と電解質界面の酸素還元反応に関連する、酸素、プロトン、水の物質移動のその場観察と、移動度の定量測定を可能とする技術」が求められていることが述べられた。続いて上坂裕之氏（岐阜大工機械）に「低摩擦・高耐摩耗 DLC 膜のプラズマ成膜技術」の題目で講演いただいた。省エネルギーの観点から、自動車や様々な機械部品の摩擦低減が求められており、低摩擦・耐摩耗材料である DLC(Diamond-Like Carbon)コーティング膜の利用が広がりつつあることが紹介された。研究成果の一例として、マイクロ波重畳 DC 放電による超高速 DLC 成膜技術

(100 $\mu\text{m/h}$ 以上、従来比 100 倍以上) が紹介され、小ロット・フロー生産への見通しが可能になったことが述べられた。また、プラズマ支援潤滑技術についても紹介され、材料表面へのプラズマ照射により摩擦抵抗が大幅に低減することが述べられた。続いて野崎智洋氏（東工大）に「プラズマ触媒化学に基づく水素・炭素系燃料の創製」の題目で講演いただいた。触媒化学分野で重要な反応の 1 つである安定分子 (CH_4 、 CO_2) の低温かつ高速転換に関する研究例が紹介された。具体的には、誘電体バリア放電と改質触媒をハイブリッドさせた反応場を用い CH_4 と CO_2 を改質し、高効率で合成ガス (CO と H_2) を得ることができることが紹介された。また、発光分光分析や触媒ペレットに析出した炭素質の分布と析出量との関係から、反応促進効果および反応機構についても考察がなされた。最後に前原常弘氏（愛媛大院理工）に「液中プラズマを用いた水素生成」の題目で講演いただいた。液中プラズマの発生法とその特徴が紹介されたのち、グルコースやセルロース懸濁液から液中プラズマ技術を用いて水素等の有用物質の生成が可能であることが述べられた。セルロース懸濁液に電解液(例えば、 Na_2SO_4)を加えること生成効率を大幅に改善できることなどの詳細な実験結果も報告された。

3. おわりに

本シンポジウムでは、上記 9 件の招待講演において、プラズマプロセスと材料開発並びにデバイス作製に関するレビューと最新の結果が紹介され、参加者との間で横断的かつ専門的な議論が多くなされ、大変有意義なシンポジウムであった。本シンポジウムの参加者は 200 名程度であり、本トピックに対する興味の高さが伺われた。

最後に、シンポジウムで講師を頂きました先生方、活発な議論をして頂きました参加者の皆様、シンポジウムの開催にご協力を頂きました分科会幹事の皆様に、深い感謝の意を表します。

行事案内

第11回インキュベーションホール

名城大学 平松美根男

応用物理学会プラズマエレクトロニクス (PE) 分科会が主催するサマースクール (名称: インキュベーションホール) を本年度も開講いたします。この行事は、プラズマの応用や研究を始めたばかりの方 (学生・若手研究者・社会人技術者) を対象としており、一流の講師陣を招き、プラズマエレクトロニクスへの理解を深めて頂くための短期集中型の講習会です。

このインキュベーションホールでは、プラズマ生成・制御、プラズマ診断計測、プラズマ CVD、プラズマエッチングなどの、幅広い分野に関する専門講座を開講します。講義内容は、初学者が基礎学理をしっかりと理解したうえで、当該分野における最新科学の話題にも触れられるように構成されており、海外経験、企業経験、産学連携経験などの豊富な講師陣からは、留学・在外研究経験、企業で必要とされる資質、産学連携のエピソードなどを適時交えた講義を頂き、受講生のプラズマプロセス研究への興味を喚起します。

また、新しい研究分野を切り拓かれてきた講師を招き、当該分野の最新動向や指導者に必要とされる資質について学ぶ機会を提供する特別講座を行いますので、学生の皆様を初め若手研究者および技術者の皆様お誘い合わせのうえ、奮ってご参加申込をいただけますよう、お待ちしております。

記

【会期】2017年(平成29年)8月24日～26日

【会場】国立中央青少年交流の家

〒412-0006 静岡県御殿場市中畑 2092-5

【交通】JR 御殿場駅より富士急行「青少年交流

の家」行き路線バス (富士山口 1 番乗り場より) (約 20 分) 「青少年交流の家」下車

【参加費】(宿泊費, 食費, テキスト代, 懇親会費等を含む。消費税込み。)

[1] PE 分科会正会員

一般 40,000 円 大学院生・学生 14,000 円

[2] 応物学会会員 (ただし PE 分科会に所属なし)

一般 43,000 円 大学院生・学生 17,000 円

[3] 協賛学協会会員および PE 分科会準会員

一般 48,000 円 大学院生・学生 22,000 円

[4] その他

一般 53,000 円 大学院生・学生 27,000 円

* 1 応物学会賛助会員および PE 分科会賛助会員所属の方はそれぞれの個人会員扱いとします。

* 2 応物学会企業若手会員は大学院生・学生と同じ扱いとします

* 3 遠方からの参加の大学院生・学生に対して交通費の一部を補助する予定です。

* 4 本分科会会員 (年会費 3,000 円) に同時入会頂くと、今回から会員価格で参加できます。会員には、年 2 回の会報 (非売品)、PE 分科会主催の講習会への会員料金での参加など会員だけの特典があります。応物学会及び PE 分科会への入会手続きについては、応物学会公式ウェブサイト (<https://www.jsap.or.jp/>) より行って下さい。

【協賛学協会 (予定)】日本物理学会, 電気学会, プラズマ・核融合学会, 日本化学会, 電子情報通信学会, 高分子学会, 日本セラミックス協会, 放電学会, 日本真空学会, 日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会, 静電気学会, 日本金属学

行事案内

2017年第78回応用物理学会秋季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会企画

東京大学 神原 淳

■ はじめに

2017年9月5～8日に福岡国際会議場（福岡県福岡市）にて第78回応用物理学会春季学術講演会が開催されます。本稿では、プラズマエレクトロニクス分科会企画の概要とスケジュールを紹介いたします。脱稿時点で未定の部分も含まれるため、詳細については応用物理学会のHP等で確認をお願いいたします。

■（第1日）海外招待講演／English Session

今回もプラズマエレクトロニクス分野を横断するトピックスで「8.0 Plasma Electronics English Session」と題した English Session を予定しています。本 English Session に先立ち、海外の著名な研究者より招待講演を頂きます。留学生の方に限らず、日本人学生の方も是非とも奮って参加頂ければと思います。

日程：9月5日（火）13:00～14:30（予定）

□ Prof. Vida Mildaziene (Biochemistry and Biotechnologies in the Faculty of Natural Sciences, Vytautas Magnus University, Lithuania)
“The response of perennial plants to pre-sowing seed treatment with low-temperature plasma: results of long-term observations” (tentative)

□ Prof. Michel Pons (SIMaP Grenoble INP, CNRS, France)
“Advances in nitride film and coating growth by chemical vapor deposition”

■（第2日）プラズマエレクトロニクス賞受賞記念講演／講演奨励賞受賞記念講演

第15回プラズマエレクトロニクス賞受賞者 (https://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/pe_award2.html) による受賞記念講演が行われます。また、2017年春季の講演奨励賞は、兒玉直人氏（金沢大学大学院）が受賞されました (<https://www.jsap.or.jp/activities/award/lecture/dai40kai.html>)。この場を借りてお祝い申し上げます。プログラムをご確認の上、受賞記念講演会場まで是非とも足をお運びください。

□ プラズマエレクトロニクス賞受賞記念講演

日程：9月6日（水）9:45～10:45（予定）

受賞者（敬称略）：*兒玉直人（金沢大学）田中康規（金沢大学）北健太郎（金沢大学）上杉喜彦（金沢大学）石島達夫（金沢大学）渡邊周（日清製粉グループ本社）中村圭太郎（日清製粉グループ本社）（*ご講演者）

選考の対象となった業績：A method for large-scale synthesis of Al-doped TiO₂ nanopowder using pulse-modulated induction thermal plasmas with time-controlled feedstock feeding”, Naoto Kodama, Yasunori Tanaka, Kentaro Kita, Yoshihiko Uesughi, Tatsuo Ishijima, Shu Watanabe, Keitaro Nakamura, J. Phys. D: Appl. Phys. 47 (2014) 195304

受賞者（敬称略）：*佐々木渉太（東北大学） 神崎展（東北大学） 金子俊郎（東北大学）

（*ご講演者）

選考の対象となった業績：Calcium influx through TRP channels induced by short-lived reactive species in plasma-irradiated solution, Shota Sasaki, Makoto Kanzaki, Toshiro Kentaro, Sci. Rep., 6 (2016) 25728

□ 講演奨励賞受賞記念講演

日程・会場：未定

受賞者：兒玉 直人 氏（金沢大学大学院）

選考対象発表：Ar 誘導熱プラズマへの Ti 原料投入時におけるトーチ内の Ti 励起温度分布および Ti 蒸気混入率の二次元分布の推定

■（第2日）分科内招待講演

第19回目となる分科内招待講演では、わが国の太陽電池技術を牽引されている、産業技術総合研究所の近藤道雄先生をお招きして、太陽電池のこれまでの展開と将来展望、並びに今後のエネルギー生成のあるべき姿とこれらに貢献しうるプラズマ技術への期待についてご講演を頂く予定です。是非とも会場まで足をお運びください。

日程：9月6日（水）11:00～11:30（予定）

会場：未定

ご講演者：近藤 道雄 氏（産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所上席イノベーションコーディネータ）

講演題目：「太陽光発電にプラズマプロセスが果たした役割と将来への期待」

■（第2日）分科会企画シンポジウム

第2日目午後には、分科会企画シンポジウム「先進農業に向けたプラズマ応用最前線～新たな植物生育環境の開発・制御～」を開催いたします。地球規

模で重要な課題となってきた食料問題に対して、応えうる技術としてプラズマに注目が集められています。本シンポジウムでは特にプラズマによる植物生育環境の改善や応用に焦点を絞って、その第一線で取り組まれている研究者・技術者から、プラズマの農業応用での課題や今後の展望についてご講演と議論をいただく予定です。是非ともご参加ください。

日程：9月6日（水）13:30～18:00（予定）

プログラム（タイトルは仮題、敬称略）：

1. はじめに（岩手大学 高木先生）
2. 農業の歴史と今後の展望（九州大学 内野 先生）
3. バリア放電プラズマ照射によるカイワレ大根種子の発芽促進（九州大学 林 先生）
4. プラズマジェット照射によるイチゴの耐ストレス性の向上（東北大学 金子 先生）
5. 網羅的定量プロテオミクスに基づくプラズマファーマコロジーの基盤構築（東北大学 立川 先生）
6. パルスパワー電界を用いた水耕レタスの生育制御（熊本大学 王 先生）
7. 生育環境改善用プラズマ発生装置の開発（友信工機株式会社）
8. おわりに（総括）（岩手大学 高木先生）

■ おわりに

海外招待講演は初日ですが、シンポジウムを始めとする分科会企画は第2日目に実施予定です。PE 分科会のインフォーマルミーティング並びに恒例の PE 分科会懇親会も第2日の昼、夕刻にそれぞれ予定されています。詳細は担当の幹事より改めて案内されますが、是非、今からスケジュールに加えておいて頂ければと思います。

連絡先：神原 淳（東京大学）

mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp

行事案内

American Vacuum Society (AVS) 64th International Symposium & Exhibition 米国真空学会第64回国際シンポジウム&展示会

東芝メモリ（株） 林 久貴

AVS（米国真空学会）第64回国際シンポジウム&展示会（以下、「AVSシンポジウム」と略記）が、2017年10月29日（日）から11月3日（金）までの6日間、米国フロリダ州タンパのTampa Convention Centerにて開催される（下記）。これは、AVSの主催する会議の中で最大の国際会議で、例年、世界中から、1,400件以上の発表、200件以上の展示、3,000人程度の参加者が集まる。AVSシンポジウムは、12の分科会 (Divisions and Groups)、および、その時々話題に合わせて形成される11のFocus Topicとよばれる臨時的分科会的なグループが、それぞれ、自ら組んだプログラムからなり、AVSの本部組織が全体の整合性を取って運営している。

AVSシンポジウムは、「米国真空学会」の名の通り、古くは、真空の科学に関する学術会議として発展してきた。しかし、近年は、「真空」を扱わない分野も含め、物質表面の科学などを中心とした、ナノテクノロジー等の多彩な科学技術の国際会議となっている。

さて、本誌「応用物理学会プラズマエレクトロニクス (PE) 分科会」と、研究分野の重なるAVSのDivisionおよびFocus Topicとして、Plasma Science and Technology Division (PSTD) と Plasma Processing for Biomedical Applications (PB)がある。後者のFocus Topicは、プラズマによる生体応用を対象にしたものであり、PSTDばかりでなく、Biomaterial

Interfaces や Applied Surface Science 等の他の分科会との関連も深い。今年のPSTDで開催するセッションは、伝統的なテーマであるAdvanced FEOL/Gate Etching; Advanced BEOL/Interconnect Etching; Plasma Surface Interactions; Plasma Diagnostics, Sensors and Control, Plasma Modeling; Plasma Sourcesのほか、近年発展著しいPlasma Deposition and Plasma Assisted ALD; Atomic Layer Etching (ALE); Atmospheric Pressure Plasma; Advanced Patterning; Plasma Processing for Nanomaterials & Nanoparticles; Plasma Processing of Challenging Materials; Plasmas for Biomedical Applicationsをテーマとする。

また今年、故 Harold Winters を偲ぶ特別セッション Commemorating the Life and Career of Harold Winters も開かれる。

PSTDの実行委員の一人として、本年も、多数の参加者のあることを心より願っている。

記

会議名： AVS 64th International Symposium & Exhibition

日時：2017年10月29日（日）から11月3日（金）
場所：Tampa Convention Center, Tampa, FL, USA

主催：American Vacuum Society (AVS)

詳細情報：<http://www.avs.org/Symposium>

行事案内

第 39 回ドライプロセス国際シンポジウム 39th International Symposium on Dry Process (DPS2017)

東京工業大学 赤塚 洋 (実行委員長)
日立製作所 松井 都 (プログラム委員長)
光電子融合基盤技術研究所 木下 啓藏 (組織委員長)

今年のドライプロセス国際シンポジウム (DPS)は、2017年11月16-17日の二日間、東京工業大学(大岡山キャンパス)の蔵前会館にて開催されることとなりました。懇親会も同一会場で行います。都心、空港からのアクセス良好な大岡山駅前で、昨年2016年3月に、応用物理学会春季学術講演会を実施したことも記憶に新しいことと存じます。その折に行き損ねた飲食店があり、残念に思われておられる諸氏には、リベンジマッチのチャンスです。また PE 分科会会員の皆様には、翌週の2017年11月21日から姫路で開催予定の Plasma Conference 2017 (第35回プラズマプロセッシング研究会)に参加される方も多数いらっしゃるかと存じますが、DPSも魅力的なプログラムを考えておりますので、是非とも最先端のご研究の投稿をご検討頂ければと思っております。会議後に JJAP 特集号の発刊を2018年6月号で予定しています。

今年で39回目を迎える DPS はプラズマエッチングやプラズマ CVD 等、半導体集積回路の微細加工プロセス技術並びに表面反応研究の分野で世界をリードする国際会議です。例年、国内外の大学や企業から200名程度の参加を頂き、当該分野の最先端の研究結果が発表され、熱い議論が交わされています。また近年は、微細加工を必要とする新材料・新デバイス向けのプラズマ応用プロセス技術や、デバイス性能に直接

影響するプロセス誘起ダメージとそのメカニズムに関する研究、プラズマ装置/プロセスの長期安定性とモニタリング、大気圧プラズマ技術についても発表件数が増えて来ており、新たな流れになっています。DPSでは、これらプラズマを用いた幅広い応用技術に関して柔軟にテーマ設定を行っています。

今年の DPS のプログラム企画は、プログラム委員会を中心に順調に進行しています。以下にその一端をご紹介します。

会議冒頭の Keynote speaker としては、世界の半導体技術分野の研究開発で存在感のある活動を続けているベルギーの imec から Dan Mocuta 氏をお招きして、将来の半導体デバイスの方向性や展望についてご講演頂く予定です。

また、今年は2つの注目テーマを Arranged session に設定しました。Arranged session では、一般投稿論文から選ばれた関連内容の口頭講演に加え、その分野で実績を上げられている招待講演者をお招きして session 編成を行います。

1つ目のテーマは、「Surface reactions for atomic layer controlled processes (ALE/ALD)」として、近年注目されている原子層レベルの加工制御性を持つ微細加工技術についてです。本テーマに関して、Atomic layer deposition (ALD)プロセスの第一人者である Simon Elliott 先生 (Univ. College Cork) と Dr. Dennis

Hausmann 氏(Lam Research)を招待講演者としてお招きします。

2つ目のテーマは、「Etching technologies for latest devices having high-aspect-ratio of 50 or more (HAR)」として、高アスペクト比構造を有する最先端 3次元デバイスの開発と量産を行っておられる Sung-il Cho 氏 (Samsung)と Aaron Wilson 氏 (Micron)、また、エッチングシミュレーションの分野で大きな業績を上げられている Mark Kushner 先生 (Michigan Univ.)を招待講演者としてお招きします。

Arranged session はテーマがホットだけでなく、その分野の第一人者と接点を持つ良いチャンスです。若い技術者、研究者の投稿を特に encourage したいと思います。

また DPS では毎年、本技術分野に多大な貢献をされた研究者に、本国際会議を創始された西澤潤一先生のお名前を冠した「Nishizawa Award」を差し上げています。今年は、プラズマモデリングの発展に大きな貢献をされた真壁利明先生 (慶應大名誉教授)、プラズマの基礎科学から応用まで長きに渡り貢献されている David Barry Graves 先生 (Univ. California)、最先端プロセス技術の発展と本シンポジウム運営に多大なるご尽力を頂いた米田昌弘氏(現アルバック・元三菱電機)の3氏に本賞をお受けいただくことになりました。

DPS 会議は世界最先端の研究に触れ、議論を行える絶好の機会です。関連する研究内容の多い PE 分科会会員の皆様の積極的な論文投稿とご参加をお待ち申し上げます。

【重要日程】

・発表申込および予稿投稿の Web 受付：

開始 2017年5月11日(木)

締切 2017年7月14日(金)

口頭講演とポスター講演を予定しております。

・早期参加登録締切：

2017年10月6日(金)

・会議会期：

2017年11月16日(木) - 17日(金)

【会議ホームページ・連絡先】

<http://www.dry-process.org/2017>

事務局: [dps2017\[at\]officepolaris.co.jp](mailto:dps2017[at]officepolaris.co.jp)



DPS 2017
Call for Papers – DPS 2017
39th International Symposium on Dry Process
November 16(Thu) – 17(Fri), 2017
Tokyo Tech Front (Kuramae Kaikan),
Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

Paper Submission Deadline: July 14, 2017
For author instructions and information about DPS at:
<http://www.dry-process.org/2017/>

The 39th International Symposium on Dry Process (DPS2017) will be held at Tokyo Tech Front (Kuramae Kaikan), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, in Japan, on November 16 & 17, 2017.

The Symposium covers all aspects of the rapidly evolving fields of dry processes, including but not limited to plasma etching and deposition processes, diagnostics and modeling of plasmas and surfaces, and surface modifications by plasmas, for the applications in, e.g., microelectronics, power devices, sensors, environmental protection, biological systems, and medicine. The DPS has provided valuable forums for in-depth discussion among professionals and students working in this exciting field for more than three decades.

Theme: Dry processes and related technologies from fundamentals to applications

Topics:

1. Etching Technologies
2. Manufacturing Technologies (AEC, APC, EES, FDC)
3. Surface Reaction and Damage
4. Plasma Diagnostics and Monitoring Systems
5. Modeling and Simulation
6. Plasma Generation (Equipment/Source)
7. Deposition Technologies (CVD / PVD)
8. Atomic Layer Processes (ALD/ALE)
9. Plasma Processes for 3D Device, FPD, Photovoltaic Devices
10. Plasma Processes for New Material Devices (MRAM, Power, Organic)
11. Plasma Processes for Biological and Medical application, MEMS
12. Atmospheric Pressure Plasma and Liquid Plasma
13. New Dry Process Concepts

Arranged session:

- A1. Surface reactions for atomic layer controlled processes (ALE/ALD)
- A2. Etching technologies for latest devices having high-aspect-ratio of 50 or more (HAR)

For further general information, please contact:
e-mail: dps2017@officepolaris.co.jp

Organizing Committee Chair: Keizo Kinoshita (PETRA)
Executive Committee Chair: Hiroshi Akatsuka (Tokyo Institute of Technology)
Program Committee Chair: Miyako Matsui (Hitachi, Ltd.)
Publication Committee Chair: Kazuhiro Karahashi (Osaka University)

URL: <http://www.dry-process.org/2017/>

DPS 2017 is co-sponsored by The Japan Society of Applied Physics



行事案内

10th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP2017)

第 10 回日欧プラズマプロセス共同シンポジウム

大阪大学 浜口智志

「第 10 回日欧プラズマプロセス共同シンポジウム」(以下、「JSPP2017」と略記)が、本年(2017年)12月4日(月)から7日(木)の4日間、沖縄県名護市の万国津梁館で開催される(下記)。本シンポジウムは、プラズマによる各種化学反応プロセスに関する物理・化学の基礎を学術的に解明することを目的とする国際会議で、今回は特に、「プラズマ液体相互作用」および「プラズマの農業応用」を特別テーマとして取り上げる。また、「プラズマ支援原子層プロセスに関する第 82 回 IUVSTA ワークショップ: 82nd IUVSTA Workshop on Plasma-based Atomic Layer Processes」と同時開催される。同ワークショップは、JSPP2017 とは独立した会議として運営されるが、いずれか一方の会議に参加登録すれば、他方の会議を聴講できる。両方の会議をあわせて 100 名程度の参加者を予定している。IUVSTA ワークショップに関しては、その行事案内をご参照頂きたい。

「日欧プラズマプロセス共同シンポジウム」は、第一回が 2003 年 7 月にストックホルム大学で開催され、その後、東京(2004 年)、Podbanske (スロバキア、2005 年)、富士吉田(2006 年)、ベオグラード(セルビア、2007 年)、沖縄(2008 年)、リブリツェ (チェコ、2010 年)、奈良(2012 年)、ボヒンスカ・ビストリツァ (スロベニア、2014 年) と開催されて、今回で 10 回目を迎える。本会議は、通常、参加者数を 50

名程度に限り、参加者間の議論や交流を積極的に奨励しているが、今回は、IUVSTA ワークショップとの同時開催なので、より広い分野の研究者の交流の場となることが期待される。

会場の万国津梁館は、沖縄県立のコンベンション施設で、2000 年 7 月の第 26 回主要国首脳会議(九州沖縄サミット)の会場として、沖縄県により建設された。同サミットの首脳会議をこの地で開催することを英断したと言われる小渕恵三首相(当時)は、サミット開催直前の 5 月に急逝し、内閣総辞職の後、サミットの議長は森喜朗新首相(当時)が務めた。敷地内には、今も、小渕元首相の銅像がたつ。ちなみに、「津梁」とは「渡しと橋」の意味で、琉球王国が海洋貿易国家として栄えたことを表している。

会場のある部瀬名岬の近隣は高級リゾートとして有名である。宿泊費が手ごろなホテルは、会場からやや離れた名護市内に立地しているが、会議中は、会場と近隣の主要ホテルの間を会議参加者専用のバスが適宜運行する。

記

会議名: 10th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP2017)

日時: 2017 年 12 月 4 日(月)~7 日(木)

場所: 万国津梁館(沖縄県名護市)

主催: JSPP 組織委員会

情報: <http://officepolaris.co.jp/JSPP2017/>

行事案内

82nd IUVSTA Workshop on Plasma-based Atomic Layer Processes

プラズマ支援原子層プロセスに関する 第 82 回 IUVSTA ワークショップ

大阪大学 浜口智志

表記の会議が、本年(2017年)12月4日(月)から7日(木)の4日間、沖縄県名護市の万国津梁館で開催される(下記)。本ワークショップは、国際真空科学・技術・応用連合(International Union for Vacuum Science, Technique and Applications: IUVSTA)の主催するワークショップで、毎回、真空科学技術関連分野の様々なトピックに関して開催される。

近年、微細化が極限まで進む半導体製造プロセス分野において、「原子層プロセス」に関する関心が非常に高い。原子層プロセスとは、主として、原子層堆積(ALD)および原子層エッチング(ALE)を指すが、いずれも、極めて高精度なプロセスが可能となるという点で注目を集めている。本ワークショップでは、プラズマの非平衡化学反応を活用したALDおよびALE研究の最先端を俯瞰することを目的に開催される。

本ワークショップは、トピックを絞った会議であるが、一方、「第10回日欧プラズマプロセス共同シンポジウム: JSPP2017」と同時開催されるため、より広い専門分野をもつプラズマ研究者との交流を深めることも可能である。JSPP2017に関しては、その行事案内をご参照頂きたい。二つの会議を併せて、100名程度の参加者を予定している。

ところで、会場(万国津梁館)のある部瀬名岬は、那覇空港から約60kmの距離にあり、那覇

空港と周辺の主要ホテルを結ぶ空港リムジンバスが毎日数本運行されている。また、会場の比較的近くに、世界最大級(2005年まで世界最大)の水族館として有名な「沖縄美ら海(ちゅらうみ)水族館」のある海洋博公園がある。

12月初旬の沖縄は、日中の平均気温は20度Cを超えて温かく、降水量も年間を通して最も少なく、夏の喧騒がさった静けさのなかで、学术交流を深めるには最適な環境を提供する。

記

会議名: The 82nd IUVSTA Workshop on Plasma-based Atomic Layer Processes

日時: 2017年12月4日(月)~7日(木)

場所: 万国津梁館(沖縄県名護市)

主催: IUVSTA

<http://officepolaris.co.jp/JSPP2017/IUVSTA17Workshop/>



万国津梁館(会議場)

第 16 回プラズマエレクトロニクス賞受賞候補論文の募集

首都大学東京 朽久保文嘉

応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会では、毎年、プラズマエレクトロニクスに関する学術的あるいは工業的に価値のある優秀な論文を対象とし、その著者に「プラズマエレクトロニクス賞」を贈り表彰を行っています。候補論文は自薦・他薦を問いません。下記の要領により、奮ってご応募下さい。

<http://annex.jsap.or.jp/plasma/>

■ 授賞対象論文

プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等で発表され、かつ 2015、2016、2017年の発行の国際的な学術刊行物(JJAPなど)に掲載された原著論文。受賞者は、表彰の時点においてプラズマエレクトロニクス分科会会員あるいは応用物理学会会員とする。

プラズマエレクトロニクス賞はプラズマエレクトロニクス分野の優秀な論文の著者に授与される論文賞ですが、プラズマエレクトロニクス分科会が強く関与する会議等（直接に主催する会議、応物学会学術講演会の大分類 8. プラズマエレクトロニクス等）での発表や議論を通じて生み出された優れた論文を表彰したいという考えに基づき、賞規定に“プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等で発表され”という要件が付与されています。

■ 提出書類

以下の書類各 1 部、および、それらの電子ファイル (PDF ファイル) 一式

- ▶ 候補論文別刷 (コピーでも可、第 1 ページに候補論文と朱書すること。関連論文があれば 2 件以内の別刷またはコピーを添付。)
- ▶ 当該論文の内容が発表されたプラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等の会議録等のコピー。2 件以内
- ▶ 著者全員について和文で以下を記入した書類。氏名、会員番号、勤務先 (連絡先)
- ▶ 推薦書 (自薦、他薦を問わず、論文の特徴、優れた点などを 400 字程度わかりやすく記すこと。)

■ 表彰

2018 年応用物理学会春季学術講演会期間中に行います。受賞者には賞状および記念品を贈呈いたします。また 2018 年秋季学術講演会期間中 (例年では会期 2 日目) での記念講演を依頼する予定です。

■ 書類提出期限

2017 年 12 月 22 日 (金) 当日消印有効

■ 書類提出先

〒113-0031 東京都文京区根津 1-21-5

応物会館

公益社団法人応用物理学会

プラズマエレクトロニクス分科会幹事長

(封筒表に「プラズマエレクトロニクス賞応募」と朱書のこと。)

なお以下の賞規定もご参照下さい。

プラズマエレクトロニクス賞規定

1. この規定はプラズマエレクトロニクスに関する学術的あるいは工業的に価値のある優秀な論文を表彰の対象論文とし、その著作者にたいして公益社団法人応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会（以後プラズマエレクトロニクス分科会と言う）が行う表彰について定める。
2. この表彰を「プラズマエレクトロニクス賞」という。
3. 表彰の対象論文は、原則として、プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等で発表され、且つ募集期間から過去3年の間に国際的な学術刊行物に掲載された原著論文とする。
4. 受賞者はプラズマエレクトロニクス分科会会員あるいは応用物理学会会員とする。
5. 受賞者は公募に応じた自薦および他薦候補者から選考する。
6. すでに公に顕著な賞を受けた論文は、プラズマエレクトロニクス賞の対象論文としない。
7. 表彰は原則として毎年2件以内とする。
8. 表彰は賞状授与および記念品贈呈とする。
9. 表彰は毎年応用物理学会春季講演会において行う。
10. プラズマエレクトロニクス分科会幹事会は、毎年11月までに授賞候補者募集要項を「プラズマエレクトロニクス分科会会報」および応用物理学会機関誌「応用物理」誌上に公表し、広く募集する。
11. 受賞者の選考はプラズマエレクトロニクス分科会幹事長が委嘱した「プラズマエレクトロニクス賞」選考委員会が行う。
12. 受賞者が決定したときは、「プラズマエレクトロニクス賞」選考委員会委員長が、プラズマエレクトロニクス分科会幹事会に選考の経過および結果を報告する。
13. プラズマエレクトロニクス分科会幹事長は、選考の経過および結果を応用物理学会理事会に報告する。
14. この賞の実施に関する必要な事項の審議および決定はプラズマエレクトロニクス分科会幹事会が行う。
15. 本規定は、理事会の承認を経て改訂することができる。

付則：この規定は、平成14年4月1日より施行する。

2017(平成 29)年度プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿

	氏名	所属	住所・電話	メールアドレス
幹事長	柝久保 文嘉	首都大学東京 理工学研究科 電気電子工学専攻	〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL: 042-677-2744 FAX: 042-677-2756	tochi@tmu.ac.jp
副幹事長	平松 美根男	名城大学 理工学部 電気電子工学科	〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 TEL: 052-838-2298 FAX: 052-832-1235	mnhrmt@meijo-u.ac.jp
副幹事長	神原 淳	東京大学 大学院工学系研究科 マテリアル工学専攻	〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL: 03-5841-7099 FAX: 03-5841-7099	mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp
副幹事長	林 久貴	東芝メモリ株式会社 プロセス技術開発センター	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町800 TEL: 059-390-7484 FAX: 059-330-1184	hisataka.hayashi@toshiba.co.jp
幹事 任期 2018年3月	今村 翼	東芝メモリ株式会社 プロセス技術開発センター	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町800 TEL: 059-390-7444 FAX: 059-330-1184	tsubasa.imamura@toshiba.co.jp
"	大森 健史	日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ	〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪1-280 TEL: 050-3159-9219	takeshi.ohmori.kb@hitachi.com
"	荻野 明久	静岡大学大学院 総合科学技術研究科 工学専攻	〒432-8561 浜松市中区城北3-5-1 TEL: 053-478-1616 FAX: 053-478-1616	taogino@ipc.shizuoka.ac.jp
"	小田 昭紀	千葉工業大学 工学部 電気電子情報工学科	〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1 TEL: 047-478-0368 FAX: 047-478-0368	akinori.oda@it-chiba.ac.jp
"	加藤 俊顕	東北大学大学院 工学研究科 電子工学専攻	〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉6-6-05 TEL: 022-795-7046	kato12@ecei.tohoku.ac.jp
"	北嶋 武	防衛大学校 電気情報学群 電気電子工学科	〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 TEL: 046-841-3810 FAX: 046-844-5903	kitajima@nda.ac.jp
"	茂田 正哉	大阪大学 接合科学研究所	〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1 TEL: 06-6879-8648 FAX: 06-6879-8648	shigeta@jwri.osaka-u.ac.jp
"	竹中 弘祐	大阪大学 接合科学研究所	〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1 TEL: 06-6879-8661 FAX: 06-6879-8661	k_takenaka@jwri.osaka-u.ac.jp
"	平田 孝道	東京都立大学 工学部 医用工学科 / 大学院工学研究科 生体医工学専攻	〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL: 03-5707-0104 / 03-5707-2183 FAX: 03-5707-2183	hirata@bme.tcu.ac.jp
"	前原 常弘	愛媛大学大学院 理工学研究科 数理工学専攻	〒790-857 松山市文京町2-5 TEL: 089-927-9607 FAX: 089-927-9607	maehara.tsunehiro.mg@ehime-u.ac.jp
"	三好 康史	ソニーセミコンダクタソリューションズ 株式会社 研究部門	〒243-0014 神奈川県厚木市旭町4-14-1 厚木 TEC TEL: 050-3141-4366 FAX: 050-3809-1413	Yasufumi.Miyoshi@sony.com
"	山澤 陽平	東京エレクトロン宮城株式会社 開発部門 Zプロジェクト 要素開発 Gr.	〒407-0192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 TEL: 0551-23-2327 FAX: 0551-23-4462	yohei.yamazawa@tel.com

	氏名	所属	住所・電話	メールアドレス
幹事 任期 2018年3月	王 斗艶	熊本大学 パルスパワー科学研究所	〒860-0862 熊本市中央区黒髪2-39-2 TEL: 096-342-3945 FAX: 096-342-3945	douyan@cs.kumamoto-u.ac.jp
幹事 任期 2019年3月	赤塚 洋	東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所	〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1-N1-10 TEL: 03-5734-3379 FAX: 03-5734-3379	hakatsuk@nr.titech.ac.jp
"	大澤 直樹	金沢工業大学 工学部 電気電子工学科	〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1 TEL: 076-248-9907 FAX: 076-294-6798	n.osawa@neptune.kanazawa-it.ac.jp
"	太田 貴之	名城大学 理工学部 電気電子工学科	〒468-850 愛知県名古屋市中天白区塩釜口 1-501 TEL: 052-838-2565	tohta@meijo-u.ac.jp
"	黒木 智之	大阪府立大学 大学院工学研究科 機械系専攻	〒599-8531 堺市中区学園町1-1 TEL: 072-254-9233 FAX: 072-254-9233	kuroki@me.osakafu-u.ac.jp
"	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科	〒857-1193 長崎県佐世保市沖新町1-1 TEL: 0956-34-8478 FAX: 0956-34-8478	sinohara@sasebo.ac.jp
"	白井 直機	北海道大学大学院 工学研究院 量子理工学部門	〒060-8628 札幌市北区北13条西8 TEL: 011-706-6659 FAX: 011-706-7128	nshirai@qe.eng.hokudai.ac.jp
"	高橋 克幸	岩手大学理工学部 システム創成工学科 電気電子通信コース	〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5 TEL: 019-621-6460 FAX: 019-621-6941	ktaka@iwate-u.ac.jp
"	田中 学	九州大学大学院 工学研究院 化学工学部門	〒819-0395 福岡市西区元岡744 TEL: 092-802-2765 FAX: 092-802-2765	mtanaka@chem-eng.kyushu-u.ac.jp
"	内藤 皓貴	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 環境システム技術部 放電応用グループ	〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1 TEL: 06-6497-7069 FAX: 06-6497-7285	Naito.Teruki@bc.mitsubishielectric.co.jp
"	針谷 達	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 プラズマエネルギーシステム研究室	〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 TEL: 0532-44-6728 FAX: 0532-44-6728	harigai@ee.tut.ac.jp
"	柳生 義人	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科	〒857-1193 長崎県佐世保市沖新町1-1 TEL: 0956-34-8478 FAX: 0956-34-8478	yyagyu@sasebo.ac.jp
"	山家 清之	新潟大学大学院 自然科学研究科	〒950-2181 新潟市西区五十嵐二の町8050 TEL: 025-262-6140 FAX: 025-262-6730	yambe@eng.niigata-u.ac.jp
"	吉元 諒	サンディスク株式会社	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町800 TEL: 059-330-3816 ext. 8817 FAX: 059-330-1117	ryo.yoshimoto@sandisk.com

2017(平成 29)年度分科会幹事役割分担

役割分担	新任		留任	
幹事長	/		枋久保 文嘉	首都大学東京
副幹事長			平松 美根男	名城大学
			神原 淳	東京大学
			林 久貴	(株)東芝メモリ
1. 庶務・分科会ミーティング	高橋 克幸	岩手大学	竹中 弘祐	大阪大学
2. 春秋講演会シンポジウム シンポジウム・海外招待講演 分科内招待講演 チュートリアル講義	/		神原 淳	東京大学
	赤塚 洋	東京工業大学	小田 昭紀	千葉工業大学
	太田 貴之	名城大学	加藤 俊顕	東北大学
	柳生 義人	佐世保工業高等専門学校	平田 孝道	東京都市大学
	吉元 諒	SanDisk 株式会社	大森 健史	(株)日立製作所
3. プラズマプロセス研究会 H29 年度：Plasma Conference H30 年度：SPP	/		平松 美根男	名城大学
	大澤 直樹	金沢工業大学	王 斗艶	熊本大学
	黒木 智之	大阪府立大学	萩野 明久	静岡大学
	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校	竹中 弘祐	大阪大学
	白井 直機	北海道大学	平田 孝道	東京都市大学
	田中 学	九州大学	今村 翼	(株)東芝メモリ
4. 光源物性とその応用研究会	/		小田 昭紀	千葉工業大学
5. プラズマ新領域研究会	/		平松 美根男	名城大学
	白井 直機	北海道大学	北嶋 武	防衛大学校
	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校	茂田 正哉	大阪大学
	山家 清之	新潟大学	前原 常弘	愛媛大学
6. インキュベーションホール	/		平松 美根男	名城大学
	太田 貴之	名城大学	萩野 明久	静岡大学
	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校	小田 昭紀	千葉工業大学
	高橋 克幸	岩手大学	加藤 俊顕	東北大学
	針谷 達	豊橋技術科学大学	茂田 正哉	大阪大学
	/		林 久貴	(株)東芝メモリ
7. プラズマエレクトロニクス講習会	赤塚 洋	東京工業大学	今村 翼	(株)東芝メモリ
	大澤 直樹	金沢工業大学	大森 健史	(株)日立製作所
	内藤 皓貴	三菱電機(株)	三好 康史	(株)ソニーセミコンダクタソリューションズ
	吉元 諒	サンディスク株式会社	山澤 陽平	(株)東京エレクトロン宮城
	/		前原 常弘	愛媛大学
8. 会誌編集・書記	内藤 皓貴	三菱電機(株)	三好 康史	(株)ソニーセミコンダクタソリューションズ
	山家 清之	新潟大学		
9. ホームページ	白井 直機	北海道大学	北嶋 武	防衛大学校
10. 会計	黒木 智之	大阪府立大学	王 斗艶	熊本大学
11. プラズマエレクトロニクス賞	/		枋久保 文嘉	首都大学東京
12. アカデミックロードマップ (戦略企画室)	/		神原 淳	東京大学
	/		枋久保 文嘉	首都大学東京
13. PE 懇親会 秋：福岡，春：東京	田中 学	九州大学	北嶋 武	防衛大学校
	針谷 達	豊橋技術科学大学	山澤 陽平	(株)東京エレクトロン宮城
GEC 委員 (オブザーバー)	/		佐々木 浩一	北海道大学

2017（平成 29）年度分科会関連の各種世話人・委員

1. 応用物理学会講演会プログラム編集委員

8	大分類代表	酒井 道	(滋賀県立大)
8.1	プラズマ生成・制御	柳生 義人	(佐世保高専)
8.2	プラズマ診断・計測	伊藤 剛仁	(東大)
8.3	プラズマ成膜・表面処理	太田 貴之	(名城大)
8.4	プラズマエッチング	三宅 賢稔	(日立)
8.5	プラズマナノテクノロジー	古閑 一憲	(九大)
8.6	プラズマライフサイエンス	神野 雅文	(愛媛大)
8.7	プラズマ現象・新応用・融合分野	白井 直機	(北大)
8.8	Plasma Electronics English Session	酒井 道	(滋賀県立大)

2. 応用物理学会理事

辰巳 哲也 (ソニーセミコンダクタソリューションズ)

3. 応用物理学会代議員

(分科会推薦, 各支部推薦等)

板垣 奈穂 (九大)
 伊藤 雅文 (名城大)
 神原 淳 (東大)
 古閑 一憲 (九大)
 作道 章一 (琉大)
 霜垣 幸浩 (東大)
 辰巳 哲也 (ソニーセミコンダクタソリューションズ)
 本村 英樹 (愛媛大)

4. GEC 組織委員会委員

佐々木 浩一 (北海道大)

5. 応用物理学会本部委員会

会員サービス委員会
 機関誌企画・編集委員会
 論文誌企画・編集委員会

高井 まどか (東大)
 伊藤 剛仁 (東大)
 木下 啓藏 (PETRA)
 栗原 彰 (東芝研究開発センター)
 伊藤 剛仁 (東大)
 酒井 道 (滋賀県立大)

講演会企画・運営委員会
 教育企画委員会

平松 美根男 (名城大)

6. フェロー

(受賞時の所属で記載。元分科会会員を含む。)

大森 達夫 (三菱電機)
 岡本 幸雄 (東洋大)
 小田 俊理 (東工大)
 斧 高一 (京大)
 河野 明廣 (名大)
 近藤 道雄 (産総研)
 寒川 誠二 (東北大)
 白谷 正治 (九大)
 菅井 秀郎 (名大)
 橘 邦英 (京大)
 辰巳 哲也 (ソニーセミコンダクタソリューションズ)
 寺嶋 和夫 (東大)
 永津 雅章 (静大)
 中山 喜萬 (阪大)
 庭野 道夫 (東北大)

畠山 力三	(東北大)
藤山 寛	(長崎大)
堀 勝	(名大)
真壁 利明	(慶大)
渡辺 征夫	(九州電気専門学校)

本リストは、応用物理学会の各種委員会等で活躍されている PE 分科会会員を記したのですが、一部を除き、分科会が直接に委員推薦等に関与しているわけではないため、記載漏れがあるかもしれません。記載漏れにお気づきの場合は、会誌担当幹事までお知らせ頂けると幸いです。

なお、前号の会誌 No. 65 では、フェローのリストに、庭野道夫先生、真壁利明先生のお名前の記載漏れがありましたことをお詫びいたします。

活動報告

2016年度 第3回プラズマエレクトロニクス分科会幹事会 議事録

開催日時：2017年3月15日(水) 12:15～13:15

開催場所：パシフィコ横浜 301会場

大分類意見交換会に引き続いて実施された。

1. 応用物理学会（パシフィコ横浜・2017.3）シンポジウムなどの状況（布村先生）

幹事会后、同じ会場（301）にて「エネルギー材料開発に資するプラズマ技術最前線」と題して8人が講演する旨、報告と案内があった。

2. 応用物理学会（パシフィコ横浜・2017.3）チュートリアルの状況（神原先生）

昨日（3月14日）午前に「プラズマプロセス制御のためのプラズマシミュレーション基礎～表面反応の理解を中心に～」と題して浜口智志先生のチュートリアルが実施され、盛況であった。アンケートは未集計だが約70名が出席し、うち半数程度が企業研究者であった。

3. 2017年度秋季学術講演会・シンポジウム企画など（神原先生）

シンポジウム案：「先進農業に向けたプラズマ応用最前線～新たな植物生育環境の開発・制御～」が小田先生を中心に企画されている旨、示され、異議なく了承された。なお、高木先生から「他の学会との差別化を考え、植物生理に重きを置いた」との補足があった。

分科内招待講演：推薦の依頼があった。

海外招待講演：1名（Prof. Vida Mildaziene）の紹介があり、さらに1名程度推薦してほしい

とのこと。

4. 第27回プラズマエレクトロニクス講習会報告（林様）

資料に基づき、2016年11月18日東京大学本郷キャンパスにおいて、本講習会が実施されたことが報告された。参加者60名のうち、9割が企業関係者であった。

5. 第24回・第25回プラズマ新領域研究会報告（平松先生）

24回の研究会は「プラズマ合成材料のトライボロジー応用／摩擦現象とプラズマ」と題して、12月26日にウインク愛知において実施された。参加者は48名。取りまとめは上坂先生。

25回の研究会は「フレキシブルデバイスのためのプラズマプロセス」と題して、2月23日に東京都千代田区（高橋ビル会議室）において実施された。参加者は26名（時期が悪かったとのコメントあり）。取りまとめは島田先生。

6. 第31回光源物性とその応用研究会報告（布村先生）

報告：照明学会と応物PE分科会の共催で、2016年12月16日に北とびあ（東京都北区施設）において実施された。

審議：最近の研究会の講演件数が非常に少ない。これは両学会にまたがる研究が行われなくなってきていることを反映している。この状況下で、「ひとまず、次回（第32回）研究会への共催を行わずに、今後のあり方を照明学会担当者と継続審議していく。それに伴い、プラエ側からの新規担当者は置かない」との提案がな

され、異議なく了承された。

7. 第 34 回プラズマプロセッシング研究会 報告 (佐々木先生)

資料に基づき報告があり、発表論文数 126 件、参加者 177 名であったとのこと (4 年前に比べて減少しており、開催時期 (センター試験の翌日) にやや難があったとのこと)。また、今回から SPP 講演奨励賞を新設しており、2 名に贈呈された。

8. 今後の SPP、ICRP の予定

- ・次回 SPP は SPSM と共同で、2019 年 1 月に高知で実施される。
- ・次回 ICRP は ICPIG と共同で、2019 年夏に札幌で実施される。

9. Plasma Conference2017 の準備状況 (平松先生)

2017 年 11 月に姫路にて開催予定の Plasma Conference2017 の準備状況について、資料に基づき詳細な説明があった。

10. 会報について (朽久保先生)

今回は報告なし。4 月 8 日の幹事会で検討する。

11. 2016 年度 会計報告 (須田先生)

別紙「プラズマエレクトロニクス分科会 2016 年度 (2016 年 1 月～12 月) 決算報告書」に基づき、収入と支出に関する報告があった。

12. 2017 年度 分科会新幹事について (朽久保先生)

2017 年 4 月から分科会幹事に就任予定であった日本 ASM の久保田智広様につき、昨年末の段階で、都合により幹事就任が難しい旨の連絡があった。その後、副幹事長の皆様と相談しながら、可能であれば企業から幹事をお願いするという方向で、林副幹事長に検討いただき、SanDisk 株式会社の吉元諒様から就任の内諾を得た。異議または意見のある人は 3 月 21 日までに幹事長にメールを送ること (3 月 22 日に異議なく了承されたとの報告あり)。

13. その他

名城大の伊藤先生より ISPlasma2108 の後、高山にて 2nd International Workshop On Plasma Agriculture (IWOPA2) が開催されるとの案内があった。

(書記： 前原 常弘 (愛媛大学))

活動報告

2017年度 第1回プラズマエレクトロニクス分科会幹事会 議事録

開催日時：2017年4月8日 13:30～16:30

開催場所：

東京工業大学 田町キャンパス CIC 2階 多目的室3

1. はじめに (朽久保先生)

プラズマエレクトロニクス分科会の位置付け、活動内容、会員数推移について説明した。続いて、幹事会アジェンダを説明し、幹事の紹介・挨拶及び役割説明が行われた。

2. 2017年春季応用物理学会 チュートリアル講演報告 (中川先生)

大阪大学浜口先生より「プラズマプロセス制御のためのプラズマシミュレーション基礎～表面反応の理解を中心に～」について講演をいただいた。参加者は企業・学生を中心に約70名であった。アンケートからは一定の満足度が得られたことが確認された。

3. 2017年春季応用物理学会 PE 分科会シンポジウム報告 (神原先生)

「エネルギー材料開発に資するプラズマ技術最前線」と題し、プラズマプロセスが関与するエネルギー関連材料に焦点を絞り、当該分野のプロセスとデバイスの関連性及び今後の展望について議論することを目的に企画・実施された。

参加者は約200名であり、当該分野に対する関心の高さが感じられた。また、活発な議論がなされ、盛況であった。

4. 2017年春季応用物理学会 招待講演報告 (神原先生)

名古屋大学の林先生より「計算化学を用いたプラズマプロセス中における気相・表面反応解析」と題して講演をいただいた。講演では特に気相中のプロセスガスが表面に輸送されるまでの解離過程について概観された。

計算機・ソフトウェアの進歩によりより大きな分子の状態計算が可能となっており、さらに多くの研究者の方が当該分野に参画することを期待され、講演の結びとされた。

5. 2017年春季応用物理学会 分科内招待講演について (神原先生)

学会2日目 9/6(火)午前に予定している。講演者及び講演題目の幹事案として、SUMCO 創業者 辻氏による「プラズマによる社会貢献」を提示した。

その他講演者について推薦を募集している。コメント:2年位前までは大学教員に依頼していた。近年は企業の人間に依頼している。(朽久保)

6. 2017年春季応用物理学会 海外招待講演について (神原先生)

学会2日目 9/6(火)午後に予定している。応用物理学会からの要望で秋季には2件の講演設定を予定している。幹事案として Prof. V. Mildaziene 氏らを提示した。講演者には旅費サポートもあるため、是非とも講演者の推薦をお願いしたい。

7. 2017年春季応用物理学会 シンポジウム案 (千葉先生)

学会2日目 9/6(火)午後に予定している。

「先進農業に向けたプラズマ応用最前線」を案として提示した。当該分野の技術者・研究者による基礎から応用までの講演を予定している。

8. 新領域研究会 (平松先生)

研究会の補助額は15万円とする。近年は他学会との共催が多い。3テーマを予定しており、内容を募集している。応募要項・用紙が配布された。

9. 第11回PEインキュベーションホールの準備状況 (平松先生)

インキュベーションホールは例年通り静岡で開催する。期間は8/24~26とする。基礎、Emerging、産業応用、特別講義及び英語学習方法の構成を予定している。

来年のとりまとめは東北大の加藤先生とする(場所は同じ)。
コメント: 学生が多い。企業の方も是非参加を頂ければと思います。

10. 第28回PE講習会について (林先生)

11/15(水)、東京大学 本郷キャンパス 武田ホールにて開催予定である。メインのターゲットは企業関係者だが、学生の参加も歓迎する。今後は、講演者・プログラムを確定させ、テキスト準備等実施を予定する。

11. Plasma Conference 2017 準備状況 (平松先生)

応用物理学会(PE分科会)、プラズマ・核融合学会等複数の学会により3年ごとに開催される学会である Plasma Conference 2017 (11/20(月)-24(木))の準備状況報告を行った。

12. 今後のSPPについて (朽久保先生)

SPP34はSPSMと合同で開始した。SPPの主体性を損なわれることは無く、分野も近いことから合同実施するニーズは有る。また、費用面でのメリットもある。これらを考慮すると当面は合同で開催しても良いと考え、覚書を交わし、合同開催を継続する。

今後のSPP35, 36及び37の予定を示した。SPP37はICRP10(国際学会)として開催する。

13. 光源物性とその応用研究会の今後について (小田先生)

照明学会との共催である当研究会の第31回目が終了した。両学会をまたがる研究が減少し、近年は講演者が減少している。次回32回は実施せず、当面休止とする。その後の進め方は照明学会と議論し、決定する。これらについては Informal Meeting にて報告済みである。また、担当幹事は置かない。

14. 第15回プラズマエレクトロニクス賞 選考結果についての報告 (朽久保先生)

6件の応募があった。選考委員会にて先行し、2件を受賞とした。選考対象となる学会・研究会・論文誌の範囲について議論がなされた。学会・研究会については分科会が運営等に強く関与しているものとし、広めの定義とする。これら研究会・学会で発表されたテーマについての論文であれば、掲載論文誌は不問とする。

コメント: その旨を告知してほしい
(赤松先生)

15. プラズマエレクトロニクス分科会が制定する賞について (柘久保先生)

査問委員より、若手への賞以外に分科会からの大賞を作成すべきとの意見を頂いた。毎年の賞にするか？国際会議を対象とした賞にするのか？国内研究者のみを対象にするか？国外研究者も含めるか？これら事項について議論を進める

コメント：国内に限定すると、国際学会開催時に海外からの発表者への門戸を閉じることになり、問題と考える。(小田先生)

16. 分科会会員数の動向 (柘久保先生)

2015年から2016年にかけて減少している。その理由の一つとしては、2015年のICRP補助にからんで増加したものが減少したことがあげられる。その他、若年層(20-29)の減少が目立つ。これは学生の立場を考えると仕方がない。35歳-39歳が少ないことも懸念事項である。企業人が長期減少傾向となっている。学生が増えているが、上記の様に継続性は期待できない。

書記：三好 康史
(ソニーセミコンダクタソリューションズ(株))

プラズマエレクトロニクス関連会議日程

(国際会議)

2017. 7. 9-14

The International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG 2017)

Lisbon, Portugal

<http://icpig2017.tecnico.ulisboa.pt/>

2017. 7.15-18

The AVS 17th International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD 2017)

The 4th International Atomic Layer Etching Workshop (ALE 2017)

Denver, USA

<https://aldconference.avs.org/>

2017. 7. 30-8. 4

The 23rd International Plasma Chemistry Society (ISPC 23)

Montréal, Canada

<http://ispc23.com/>

2017. 8. 27-9.1

The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017)

京都大学吉田キャンパス

<http://www.iumrs-icam2017.org/index.html/>

2017. 9.11-15

The 11th Asian-European Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2017)

Lotte Hotel, Jeju, Korea

<http://www.aepse2017.org/>

2017. 9. 18-22

The 1st Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP2017)

Chengdu, China

<http://aappsdp.org/AAPPSDPPF/AAPPSDPP2017.html>

2017. 10.31-11. 1

The AVS International Symposium and Exhibition (AVS2017)

Tampa, USA

<https://www.avs.org/Symposium>

2017. 11. 6-10

The 70th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC70)

Pittsburgh, USA

<http://www.apsgec.org/gec2017/>

2017. 11.16-17

The 39th International Symposium on Dry Process (DPS2017)

Tokyo, Japan

<http://www.dry-process.org/2017/index.html>

2017. 12. 4- 7

The 10th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP2017)

Okinawa, Japan

<http://officepolaris.co.jp/JSPP2017/>

(国内会議・会合)

2017. 8.24-26

第 11 回インキュベーションホール

国立中央青少年交流の家、御殿場市、静岡県

http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2017/

2017. 9. 5-8

第 78 回応用物理学会秋季学術講演会

福岡国際会議場、福岡市、福岡県

<https://www.jsap.or.jp/index.html>

2017. 9

日本物理学会秋季大会

[素核宇] 宇都宮大学 峰キャンパス、栃木県(9.12-15)

[物性] 岩手大学 上田キャンパス、岩手県(9.21-24)

岩手大学、岩手県

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/index.php>

2017.11.15

プラズマエレクトロニクス講習会

東京大学 本郷キャンパス 武田ホール、東京都

2017.11.21-24

Plasma Conference 2017 / 第 35 回プラズマプロセッシング研究会

姫路商工会議所、姫路市、兵庫県

<http://www.jspf.or.jp/PLASMA2017/>

2018. 3.17-20

第 79 回応用物理学会春季学術講演会

早稲田大学、東京都

<https://www.jsap.or.jp/index.html>

2018. 3.22-25

日本物理学会第 73 回年次大会

東京理科大学 野田キャンパス、千葉県

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/index.php>

広告掲載企業一覧

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 66 への広告掲載を頂いた企業は下記の通りです。弊分科会会員への最新情報ご提供に厚く感謝の意を表します。

1. 株式会社 エナック

当会報への広告掲載について

応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会では、分科会会員への情報提供を旨とし、会報への広告出展を募集しております。広告の掲載にあたっては下記のような条件としておりますので、是非ご検討の程よろしくお願ひ申し上げます。

1. 契約の種類

(A) 年間契約コース

1年間にわたる掲載。通常は6月、12月に発行される2号にわたって掲載されます。掲載号ごとに新規原稿に差替えできます。

(B) 単号契約コース

特定の号のみの掲載。

2. 掲載位置

掲載位置は編集後記の後になります。基本五十音順の掲載になりますが、レイアウト等の都合で適宜変更になる可能性があります。何卒ご了承ください。また裏表紙への依頼がない場合には年間契約の中からまわす場合があります。不都合がある場合にはご相談ください。

3. 入稿

原稿はA4版ネガ、もしくは電子ファイル(pdf)とします。これ以外の場合、かかる費用を別途請求させて頂く場合があります。

4. 広告掲載料

掲載料は下表の通りとします。なお、年間契約の場合も申し込み時点で一括請求とさせていただきます。

	(A) 年間契約 コース	(B) 単号契約 コース
半ページ	5万円 (4万円)	4万円 (3万円)
1ページ	8万円 (6万円)	5万円 (4万円)
2ページ (見開き指定可)	12万円 (9万円)	8万円 (6万円)
裏表紙	12万円 (9万円)	8万円 (6万円)

※カッコ内は賛助会員企業

5. 問い合わせ先

〒113-0034 東京都文区湯島 2-31-2

湯島アーバンビル 7階

公益社団法人 応用物理学会

TEL: 03-5802-0863

FAX: 03-5802-6250

Email: division@jsap.or.jp

HP: <https://annex.jsap.or.jp/plasma/>

編集後記

この度、プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.66 を発行することが出来ました。ご多忙の中、原稿をご執筆いただいた方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

本号の巻頭言では、応用物理学会フェロー 静岡大学教授 永津 雅章先生より『プラズマ核融合からプラズマエレクトロニクスへ～人との出会い、そして新たな研究への挑戦～』という題目で寄稿頂きました。巻頭言の中では先生のこれまでの研究の来歴をご紹介頂き、その中で得られた独創的研究を行うに当たって重要と考えられる諸要素を若手研究者の方々に向けての提言として頂きました。

研究室紹介コーナーでは岩手大学の高橋 克幸先生及び高木 浩一先生に研究室の様子を紹介頂きました。大学・研究室の雰囲気及び研究内容に加えて研究活動に基づいた社会貢献活動について分かり易く紹介されており、興味深く読んでいただけるとは思いませんか。

海外の研究事情では、大阪大学の李 虎様にドイツ・カールスルーエ工科大学への留学時の研究概要及びドイツでの生活について、心和むエピソードを交えつつ、ご紹介いただきました。また、研究面のみならず人間性の面でも成長を促す海外への留学を学生及び若手研究者にご推奨頂きました。

学生のためのページでは金沢大学 田中 康規先

生より『熱プラズマ入門』と題して、熱プラズマについての初学的内容を分かり易く紹介して頂きました。近年、プラズマエレクトロニクス分科会の領域は非平衡プラズマのみならず熱プラズマにも広がっており、非平衡プラズマを学習・研究して来た学生の方がこの記事を読み熱プラズマに興味を持っていただければ幸いです。

優れた研究を紹介する欄では、第 14・15 回プラズマエレクトロニクス賞、応用物理学会講演奨励賞及びプラズマプロセッシング研究会 講演奨励賞を受賞された 7 名の方に受賞対象研究の解説をしていただきました。

最後に、本号の原稿執筆を快く引き受けてくださいました著者の皆様、幹事長、副幹事長をはじめとする分科会会員の皆様及び応用物理学会事務局分科会担当の小田様にこの場をお借りして感謝の意を表します。本号を発行することができましたもの、ひとえに皆様のお力添えが有ったことと存じます。心より御礼申し上げます。分科会会報では、各種報告や行事案内を随時募集しております。今後ともプラズマエレクトロニクス分科会会報をどうぞ宜しくお願いいたします。

(平成 29 年度会報編集担当：
前原、内藤、山家、三好)

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.66
2017年 6 月20 日 発行
編集:公益社団法人応用物理学会
プラズマエレクトロニクス分科会
幹事長 朽久保 文嘉
発行:公益社団法人応用物理学会
〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-22
湯島アーバンビル7階
(©2017 無断転載を禁ず)