

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.60

2014 年(平成 26 年)6 月発行

赤松、川崎、斉藤、松隈

目次

幹事長退任挨拶 幹事長退任にあたって	東京大学	寺嶋 和夫	1
幹事長就任挨拶 幹事長就任にあたって	名古屋大学	豊田 浩孝	2

寄稿

科学で魅了し未来技術を創る P E 分科会への期待	東北大学	畠山 力三	3
---------------------------	------	-------	---

第 12 回プラズマエレクトロニクス賞

第 12 回プラズマエレクトロニクス賞について	東京大学	寺嶋 和夫	7
プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	東北大学	加藤 俊顕	9
プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	ソニー株式会社	久保井 信行	11

研究室紹介 (その 55)

大阪市立大	白藤 立	14
-------	------	----

研究紹介 (その 9)

東京大学	占部 継一郎	18
------	--------	----

海外の研究事情 (その 37)

University of Texas at Dallas	Christina Estrada	21
----------------------------------	----------------------	----

学生のためのページすぐに役立つプラズマエレクトロニクス

放電基礎過程のシミュレーション	室蘭工業大学	佐藤 孝紀	26
-----------------	--------	-------	----

国際会議報告

9th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing	大阪大学	浜口 智志	35
8th International Conference on Reactive Plasmas			
31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8 / SPP-31)	九州大学	白谷 正治	36
6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials			
7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014 / IC-PLANTS2014)	名城大学	平松 美根男	38

国内会議報告

第7回 プラズマエレクトロニクスインキュベーション ホール	佐賀大学	三沢 達也	42
第15回プラズマ新領域研究会	九州大学	堤井 君元	43
第16回プラズマ新領域研究会	鶴岡高専	吉木 宏之	44
第17回プラズマ新領域研究会	横浜国立大学	鷹尾 祥典	46
シリコンテクノロジー研究会	東京大学	一木 隆範	48
2014年第61回応用物理学会春季学術講演会 第12回分科会内招待講演	東京エレクトロン	松隈 正明	49
2014年第61回応用物理学会春季学術講演会 第6回海外研究者招待講演	九州大学	古閑 一憲	51
2014年第61回応用物理学会春季学術講演会 チュートリアル講演	大阪市立大学	白藤 立	52
2014年第61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企画シンポジウム	産業技術総合研究 所	金 載浩	53
第28回光源物性とその応用研究会報告	岩手大学	向川 政治	55

行事案内

International Union of Materials Research Societies - International Conference in Asia (IUMRS-ICA2014)	名古屋大学	石川 健治	56
14th international Conference on Plasma Surface Engineering (PSE2014)	大阪大学	節原 裕一	58
2014年第75回応用物理学会秋季学術講演会 分科会企画(分科会内招待講演・シンポジウム)	首都大学東京	栃久保 文嘉	60
第8回プラズマエレクトロニクスインキュベーション ホール	名古屋大学	石川 健治	62
67th Gaseous Electronics Conference	名古屋大学	豊田 浩孝	64
American Vacuum Society 61st International Symposium & Exhibition	大阪大学	浜口 智志	65
PLASMA CONFERENCE 2014/第32回プラズマプロセッシ ング研究会	名古屋大学	豊田 浩孝	66
第25回プラズマエレクトロニクス講習会	日立ハイテクノロ ジーズ	伊澤 勝	67
第36回ドライプロセス国際シンポジウム	防衛大学校	中野 俊樹	68
第9回反応性プラズマ国際会議/第68回気体電子会議 合同会議	名古屋大学	豊田 浩孝	71

掲示板

平成26年度プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿	72
平成26年度分科会幹事役割分担	74
平成26年度分科会関連の各種世話人・委員	75
平成25年度後期および平成26年度前期活動報告	77
第13回プラズマエレクトロニクス賞受賞候補論文の募集	85
プラズマエレクトロニクス関連会議日程	87
広告掲載企業一覧	89
編集後記	90

幹事長退任にあたって

東京大学 寺嶋和夫

2012年4月よりこの3月までの2年間に渡り、本プラズマエレクトロニクス分科会の幹事長を務めさせて戴きました。本職務を無事に全うできたこと、ただただ、幹事団の豊田副幹事長、辰巳副幹事長、野崎副幹事長、庶務の先生方をはじめとする幹事の皆さま、諮問委員の皆さま、応用物理学会本部の上村さまなどの事務局の皆さま、そしてなにより、定常的に530名（最大時期の秋の学会直後には570名余り）に達するまでに発展しました本分科会の会員の皆さまからの暖かいバックアップのお蔭であり、ここにお礼申し上げます。

この2年間、本分科会では、我が国が抱える3つの大きな問題、すなわち、構造改革、グローバル化、少子化対策、と全く同じ本分科会の課題に対して、バラエティーに富む各種の取り組みを継続的に進めて参りました。医療、バイオ分野などの新規かつ発展性に富む重点的な応用分野に関しての各種のシンポジウム、新領域研究会の開催、MRS との共同シンポジウム、応用物理学会の本大会での外国人招待講演、英語セッションなどの開催を通じた分科会の国際化、そして、産学における本分野の次世代を担う若手の育成を目指した、プラズマエレクトロニクス講習会、インキュベーションホールの充実化、などなど。これらの研究会、講習会の多くにおいて、参加者数が、従来のものと比べて、数十%増になっております。また、分科会の会員の皆様のニーズを丁寧に汲み上げ、工夫を凝らしたそれらの内容に対して、大多数の参加者の皆様から、非常に高い評価の声を戴いております。これらの活動もまた、活性度の非常に高い応用物理学会の中において、さらに1、2を

争うとの評判の高い本分科会の担当幹事の皆様の自発的な使命感、充実感に裏づけされた尽力のお陰と、重ね重ね感謝いたします。

さて、前幹事長の堀先生、元幹事長の白谷先生などの皆さまのご尽力により、2012年から文部科学省の科学研究費などの公的研究資金申請における、申請研究分野の中の“応用物理学”分科の細目の一つとして“プラズマエレクトロニクス”が設定されました。さらにまた、“応用物理学”分科自身が、従来までの”理工系“の中の3つの構成分野の中の一つである”工学系”（他の2分野は、“数物系科学”、“化学”）のカテゴリーから、4分野に拡充された“理工系”の中の新たに加えられた“総合系”（他の3分野は、従来の“数物系科学”、“化学”、“工学”）へ、所属分類が変更されました。以上のことは、単に科学研究費申請時の事務的な学問の分類についての話にとどまらず、他の細目、すなわち、“応用物性”、“結晶工学”、“薄膜・表面界面物性”、“光工学・光量子科学”、“応用物理学一般”と並んで、“プラズマエレクトロニクス”が、電気電子工学、機械工学、材料工学などの各種の“工学”、そして、物理、化学、などとの“理学”、を総合した学問である“応用物理学”の中の基本的な6つの大きな柱の中の一つであることが、国民の皆さまにも認知されたことを意味しています。このようなエポックメイキングな時期に幹事長の職務を務めさせて戴けたこと、たいへん嬉しく思っております。

今後、豊田新幹事長の下、本分科会が、国内外でのプレゼンスを益々高め、継続的な発展を遂げることを心より願い、退任の挨拶といたします。

幹事長就任にあたって

名古屋大学 豊田 浩孝

この4月より2年間、プラズマエレクトロニクス分科会幹事長を務めさせていただきます名古屋大学豊田浩孝でございます。応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会は前身のプラズマエレクトロニクス研究会の発足を含めて本年で23年となります。本分科会を設立し発展させて来られた諸先生方のご尽力により、本分科会は日本におけるプラズマの応用に向けた研究を推進する中心的な研究グループとして確固たる地位を築いてきたといっても過言ではないと思います。このたびこのような分科会の幹事長の大役を仰せつかり非常に緊張をしております。微力でございますが分科会の会員皆様の研究活動にお役に立つことのできるよう精一杯務めさせていただきます。なにとぞよろしくお願い申し上げます。

さて、分科会として重要な活動のひとつは、春および秋の応用物理学会学術講演会、分科会主催研究会であるプラズマプロセッシング研究会等の研究会活動です。春・秋の応用物理学会学術講演会においては本分科会の中心となるプラズマエレクトロニクス大分類が発足した後、研究分野にもさらなる広がりが進んでおります。また同時に、近年は学会の国際化の動向が顕著になっております。プラズマエレクトロニクスではこれまで応用物理学会内でも最も早く英語セッションに着手し、MRS (Materials Research Society) とのジョイントシンポジウムも開催しております。講演会においてより活発な議論をおこなうとともに分科会活動を国際的にすることのできるような環境づくりに向けて、会員各位のご意見・ご希望を基として、中分類の検討や英語セッションの活性化を進めて

まいりたいと存じます。また、プラズマエレクトロニクス分科会の主催研究会であるプラズマプロセッシング研究会は2014年は物理学会、プラズマ・核融合学会と合同の会議であるPlasma Conference2014として、さらに2015年は反応性プラズマ国際会議としてアメリカの著名な会議である (GEC) Gaseous Electronics Conference と合同で開催されます。プラズマエレクトロニクス分科会はアメリカ・ヨーロッパ・アジアの3極のうちのアジアにおける中心的存在となっており、来年のICRP/GEC合同会議は分科会としても大変重要な意義がございます。分科会の国際的活動を進めるうえでもこの合同会議の成功に向けて尽力してまいりたいと存じます。

一方、分科会の今後を見据えた活動も重要です。分科会開設時期から続いている、プラズマエレクトロニクスを学ぶ若手に向けたサマースクールであるプラズマインキュベーションホールは、プラズマエレクトロニクスの基礎を学ぶとともに、今後のプラズマエレクトロニクス分野を担う若手の横のつながりを形成する場としても重要です。さらにプラズマ新領域研究会はプラズマエレクトロニクスの新しい研究分野を拓くとともに本分野の研究者のつながりを広げることのできる研究会と考えています。本分科会の柱となるこれらの活動をしっかりと進めてまいりたいと思います。

分科会としておこなうべき活動や課題は山積しております。今後とも会員の皆様のお力添えをいただきながら、分科会活動を進めてまいりたいと存じます。なにとぞご指導ご鞭撻のほどお願い申し上げます。

科学で魅了し未来技術を創る P E 分科会への期待

東北大学 畠山力三

恐らく当初は造語的に捻出されたであろう用語のプラズマエレクトロニクス (PE) は、PE 分科会会員のご努力により今や学術用語的に確立されていると言って良いであろう。昨今盛んに要請されているグリーン、ライフ、及びセキュリティイノベーションに根幹的に関わるエレクトロニクスは来る世界的 (少子) 超高齢化の背景下で、持続的発展かつ健康で感性豊かな社会実現の重要な基盤を成すということには異論はないものと思われる。エネルギー・環境技術、ICT(情報通信技術)、センサ・ロボット技術、バイオ・医療技術、農業・食料技術、宇宙航空技術等あらゆる分野はエレクトロニクスの発展に、まさにスーパーエレクトロニクスに依拠していると言えよう。そこで、真摯一徹にプラズマを駆使してエレクトロニクス基盤の新しい、独自のあるいは他分野との融合” 科学技術” を創出し、昨今頃に騒々しい世界政治情勢及びヒッグス粒子発見を逆撫でするような国内研究倫理問題に襟を正して、究極的には安全安心豊かな国際社会創成に貢献しようとするのが PE 分科会の意気込みと信じている。ここにおいて、筆者が比較的近年に携わってきた「プラズマ応用ナノカーボンナノエレクトロニクス」研究の絡みで、学術用語の” 科学技術” に拘ってみたい。

フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェン、ナノダイヤモンド等の総称であるナノカーボンに関する研究の発端は、1947 年 (筆者の誕生年) におけるナノスケールカーボンの論文、すなわち今日グラフェンと呼ばれている単層のグラファイト

の理論研究に遡る[1]。1960 年には 3 次元グラファイトの電子構造が発見され、その後の層間複合グラファイトの研究を経て少しずつ発刊論文数が増えていった (図 1) [2]。ナノカーボンの現代科学技術創成の引き金となったのは、1985 年における 0 次元構造のナノ球状物質であるフラーレンの発見である。これを契機に論文数が急増し、その後 1991 年に 1 次元構造の単層カーボンナノチューブが発見されてからは、当該分野への興味がさらに集中していった。それから 10 年以上経過した 2004 年には、2 次元構造の 1 枚のグラファイトシート、すなわちグラフェンが単離され、ナ

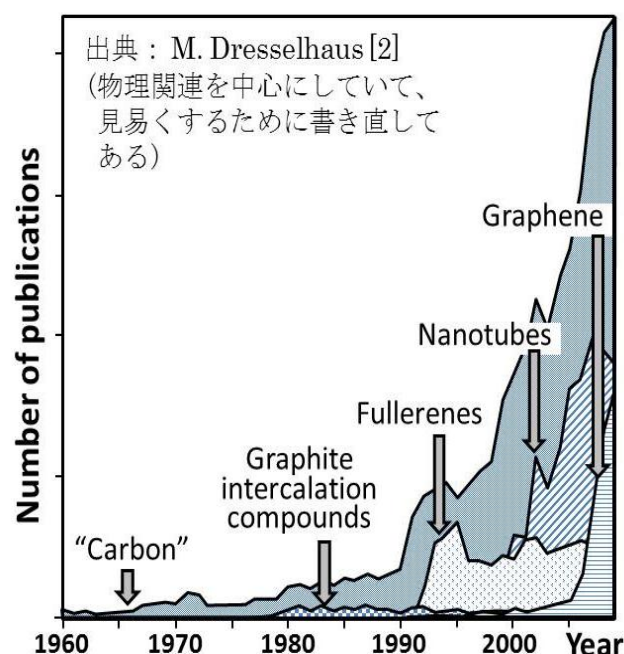


図 1：過去約50年間におけるナノカーボンの論文発表数の推移

ノカーボン分野における研究活動がさらに一層活発になってきている(図1、2)。また、これらの潮流の中で、派生ナノ物質である空洞に異原子を含む原子内包フラーレン、ナノチューブの先端が円錐状になっているカーボンナノホーン、垂直グラフェンとも呼ばれるカーボンナノウォールの合成と応用研究も盛んに展開されてきた(図2)[3]。この2次元から低次元に向かった研究動向に加えて、逆にナノダイヤモンドのような3次元ナノカーボンの新物質開拓も最近2013年に報告され、

グラフェンの平面性が歪められたワープド・ナノグラフェン($C_{80}H_{36}$)として登場している(図2)[4]。

以上のようにナノカーボンは、過半世紀に亘ってヒーロー(人及び物)が次々に出現し広範な科学技術分野の研究者達の真理探求心を炊き付けてきた。まさに、科学技術の一説表現である、科学の定義「自然や人間、社会の法則性を探求する学問」・技術の定義「人間生活に役立てる技(わざ)」[5]において、現在までに既に2度のノーベル賞受賞歴も相俟って前者の”科学”としての魅力を十

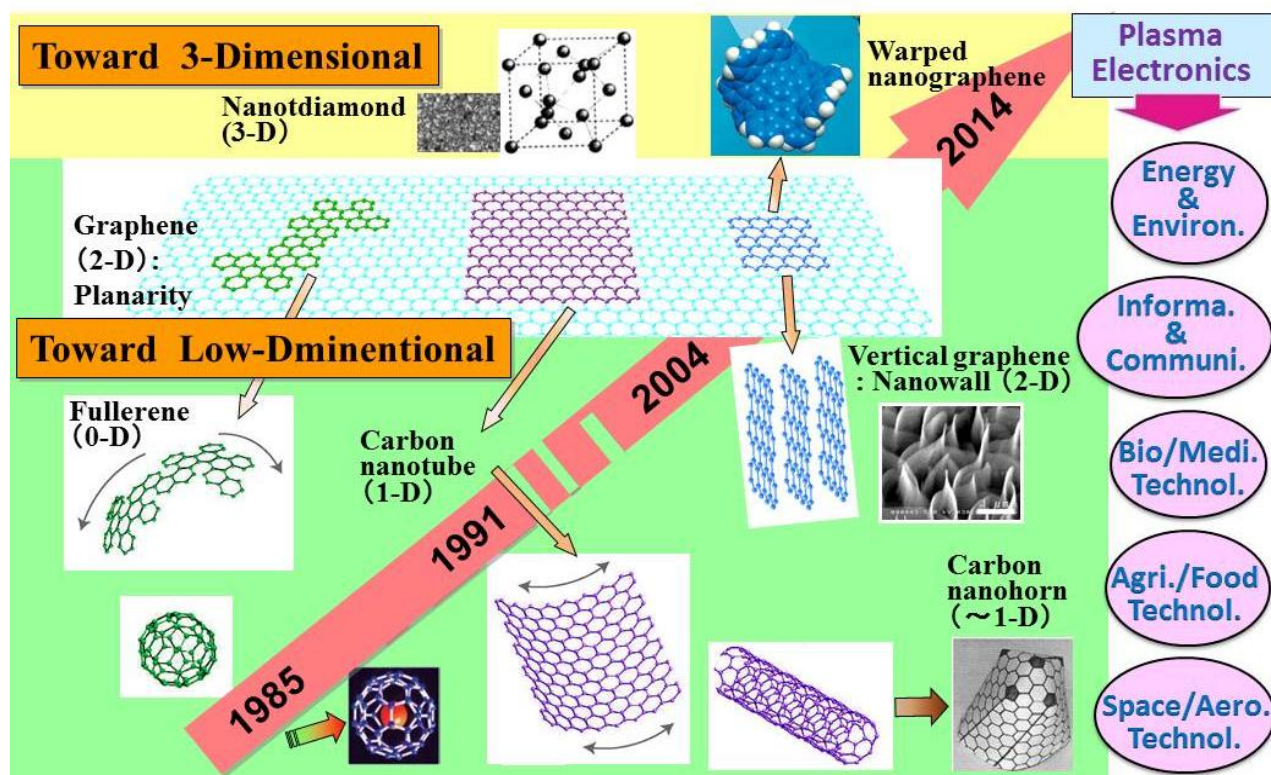


図2：形態と歴史的観点からのナノカーボンの多様性と拡がり

二分にアピールしてきたと言って良いであろう。さらに付け加えるならば、2次元電子系のグラフェンがそのままではバンドギャップが存在しないことにおける相補関係にある、同じ2次元系他物質でバンドギャップを有するカルコゲナイド系層状物質(MoS_2 、 WS_2 、 WSe_2 等)[6]研究が

ごく近年に誘発されたという、新たな分野創生への波及効果にも言及したい。

しかしながら、後者の”技術”としての視点論点からはどうであろうか。確かにシリコン等のIV族系半導体デバイス研究歴史において見られるように、その萌芽的発見から実用に至るまでに

死の谷を経て 30 年近くも要している事実から、そう輕輕に論じてはならないことは重々に資承知致している。期待を込めてエレクトロニクスに限定した場合に、Si を凌ぐ極めて大きい電子移動度、光透明な導電性、化学的安定性、圧倒的に強靱で柔軟な機械特性等の多くの優れた物性が科学的に実証されているナノカーボンではあるが、例えば超超高速・高集積・小型・低消費電力ナノデバイスシステム、あるいは新概念超高効率オールカーボン低価格太陽電池システム、革新的遺伝子・細胞ナノエンジニアリング等における実用的貢献は未だ不明で、今後の挑戦的課題であると言えようか。当該ノーベル賞等で称賛されている科学の魅力のみで終わらせるのは、本当に勿体ないことではないでしょうか。

さてここで、プラズマとナノカーボンの双方に纏わる話題に繋げよう。ナノカーボンの中でフラーレンとカーボンナノチューブの発見にはプラズマ現象が関与していた（グラフェンの変形であるカーボンナノウォールにおいても）。すなわち、レーザー蒸発法とアーク放電法（RF 等放電法）におけるプラズマ発生がそれらを誕生せしめた。しかしながら誠に残念ながら、図 1 及び図 2 におけるナノカーボンの主要なブレイクスルーには PE 分科会の会員のプラズマ研究者は何の関与もなく、他分野の物理学者、化学者等が新しいナノカーボンを次々と発見した。それでも必要なプラズマ生成・制御法を持っているあるいは開発できるので、第一段階の新物質の誕生・創製には先陣を切ることができなくても、第二段階の次の手、すなわちプラズマでその新物質の構造を制御し新材料として機能化する道がある。そこで、プラズマで構造制御された物質の材料物性を測定し、エレクトロニクス的新機能性を実証することを目指す。さらには第三段階として、その新機能性に基づいた上記のような未踏ナノデバイス

を作製し、企業研究者が多士済々同居している PE 分科会の特長を踏まえて共同研究により実用まで漕ぎ付ける努力を続ける。本ナノカーボンは一例に過ぎないが、他の多くのより興味深く重要な課題が山積する PE 分科において、このようにして科学技術の精神を全うするという研究のホップ、ステップ、ジャンプに一貫して挑むことを自戒の筆者を含めた PE 分科会会員に期待を込めている。

なお補足的ながら、科学としての醍醐味である上記第一段階のプラズマによる新物質誕生・創製については、それが稀少物質でしか存在しない場合には、プラズマでしかできないという意味で実用化に向けたその大量合成法を世に提供するという重要な道もある。実際に、原子内包フラーレンに関しては、電荷活用アルカリ金属内包 C_{60} 、スピン活用窒素内包 C_{60} の多量合成はプラズマを用いた打ち込み法でしか実現されていない。また、ナノカーボンハイブリッド新物質の発見・大量合成にも興味が湧く。さらに、第二段階のプラズマによる機能化についても、超精密構造制御すなわちカイラリティ完全制御されたカーボンナノチューブの大量合成や半導体性ナノグラフェンの低温超高集積化合成等のプラズマならではの挑戦的な道に期待が持たれる。

最後に、今後将来の PE 分科の拡大的進化には、次の二つのタイプの研究者群の適切な相補的信頼関係の構築が有効な手立ての一つかもしれない。1 つは、PE 分科内においてある種の成熟した関係と状況の下にじっくりと取り組み、虎視眈眈とブレイクスルーを目指す「メインロード開拓型」研究である。もう 1 つは PE 分科を軸足にしながらも異分野に果敢に突入して、そこで批判を浴び鍛えられて PE 分科にフィードバックする「異分野突入未熟型」研究であると思われるが。末尾ながら、本寄稿執筆をお勧め戴いたことに

心より御礼を申し述べますと共に、PE 分科会及び会員皆様の益々のご発展とご活躍を期待申し上げます。

参考文献

- [1] P. R. Wallace : Phys. Rev. **71**, 622 (1947).
- [2] M. Dresselhaus : Abst. 14th Int. Conf. on the Science and Applications of Nanotubes, Espoo, Finland, p.38 (2013).
- [3] R. Hatakeyama : Proc. 8th Int. Conf. on Reactive Plasmas and 31st Symp. on

Plasma Processing, Fukuoka, Japan, 3C-WS-01 (2014).

- [4] K. Kawasumi *et al.* : Nature Chem. **5**, 739 (2013).
- [5] 21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト技術専門部会報告書, p.25 (2008).
- [6] Q. H. Wang *et al.* : Nature Nanotech. **7**, 699 (2012).

第 12 回プラズマエレクトロニクス賞

第 12 回プラズマエレクトロニクス賞について

東京大学 寺嶋和夫

本年度は 9 件の応募があり、7 名の審査委員で選考を行った。すべて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った。厳正な審査の結果、次の優れた 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：Site- and alignment-controlled growth of graphene nanoribbons from nickel nanobars,

著者名：T. Kato and R. Hatakeyama

雑誌名：Nature Nanotechnol. **7**, 651 (2012)

受賞者(現所属)：加藤俊顕(東北大学)
畠山力三(東北大学)

受賞理由

本論文は、先進的な駆使したグラフェンナノリボンの作製および特性の測定に関する、極めて独創性の高い研究である。本論文で述べられている Rapid-Heating Plasma CVD では、急速昇温したプラズマ CVD により、グラフェンナノリボンをソース・ドレイン電極間に位置を選択しつつ直接形成し、トランジスタを作製する、という新規かつ独創的な手法がとられている。また、論文の中では、その作製法の詳細、ならびに、グラフェンの構造解析の詳細データを示すとともに、動作するトランジスタの作製に成功し、電子輸送特性の評価結果も示されている。

以上のことから、本論文は、工業的にも学術的にも、極めて価値のある論文であり、プラズマエレクトロニクス賞に値する。

受賞論文(2)

論文名：Modeling and simulation of plasma-induced damage distribution during hole etching of SiO₂ over Si substrate by fluorocarbon plasma,

著者名：N. Kuboi, T. Tatsumi, S. Kobayashi, T. Kinoshita, J. Komachi, M. Fukasawa, and H. Ansai

雑誌名：Appl. Phys. Express **5**, 126201 (2012)

受賞者(現所属)：久保井信行(ソニー(株))
辰巳哲也(ソニー(株))
小林正治(ソニー(株))
木下隆(ソニー(株))
小町潤(ソニー(株))
深沢正永(ソニー(株))
安斎久浩(ソニー(株))

受賞理由

本論文では、プラズマエッチングにおける加工形状進展を従来の string model と slab model の組み合わせによって再現するとともに、ダメージ形成のモデルをインプリメントすることによって、ダメージに関する実測データをも再現可能な定量的な結果を示している。従って、本論文は、今後の半導体プラズマプロセスの予測・制御技術の向上に大きく貢献する工業的に価値の高い研究成果であるといえる。学術的には、イオン衝撃によるダングリングボンド生成をダメージとする仮定の妥当性の検討が必要であるが、産業応用分野において大きく貢献していることが高く評価される。

以上のことから、本論文は産業応用分野において価値のある論文であり、プラズマエレクトロニ

クス賞に値する。

第12回プラズマエレクトロニクス賞 選考委員会

石垣 隆正 (法政大学)
一木 隆範 (東京大学)
斧 高一 (京都大学)
木下 啓蔵 (東北大学)
白藤 立 (大阪市立大学)(委員長)
永津 雅章 (静岡大学)
八田 章光 (高知工科大学)

毎年12月25日にプラズマエレクトロニクス賞への応募の締め切りがございます。関連する講演会にて、本分野に関しての多数の優れた発表が。企業、公的研究機関、および、大学の皆さまからなされています。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、本賞の応募規約の詳細につきましては、本会報の掲示板、および、分科会のホームページに記載しています。熟読されたうえで、ご応募戴ければ幸いです。

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

東北大学 加藤 俊顕
(東北大学 畠山 カ三)

この度は、第 12 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誠にありがとうございました。ご推薦下さいました方々及び、選考委員の方々に、心より感謝申し上げます。今回受賞の対象となりました論文「Site- and alignment-controlled growth of graphene nanoribbons from nickel nanobars」(加藤俊顕, 畠山カ三) [1] に関しまして、その研究背景と内容の一部を以下に簡単にご紹介させていただきます。

グラフェンは炭素原子 1 層の厚みから構成される究極の 2 次元シート材料として大きな注目を集めています。特に非常に高いキャリアの移動度($\sim 200,000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$) を有することからエレクトロニクスへの応用が期待されております。一方で、グラフェンにはバンドギャップが存在しないため、半導体素子としての利用には大きな問題が残されておりました。これに対し、近年グラフェンを 1 次元短冊形状 (幅数 nm, 長さ数 μm) にすることでバンドギャップが発現することが理論・実験の両方で実証され大きな注目を集めております。この物質はグラフェンナノリボンと呼ばれ、バンドギャップが幅の逆数で決定される特徴を有します。このため、グラフェン半導体の実用化に向けリボン幅を制御した合成手法の確立が急務な課題として、世界中で活発な研究が展開されております。しかしながら、数 nm 程度の構造を制御して合成し、さらに集積する技術は全く開発されていませんでした。そこで、我々はこれまで同様のナノカーボン物質であるカーボンナノチューブの合成で培った先進マイルドプラズマプロセス [2-6] を積極的に活用し、グラフ

ェンナノリボンの構造制御、及び集積化合成に取り組みました。

一般に触媒金属を高温 ($900\sim 1000^\circ\text{C}$) に加熱し炭化水素ガスを供給することで金属表面にグラフェンが合成されることは広く知られております。そこで我々は触媒自体をナノスケール (ナノバー) 化し、その表面にグラフェンを合成することで、グラフェンナノリボン合成を試みました (図 1)。一般的な熱 CVD では、構造的に不安定な触媒ナノバーをグラフェン合成に必要な高温状態まで加熱することは困難で、適正温度に到達する前にナノバー構造が崩壊し、ナノバー触媒からグラフェンを合成することはできません。これに対し、我々はプラズマにより乖離した高密度炭化水素物質を高効率で触媒ナノバーに供給することで、触媒ナノバーの沸点がバルク金属に比べて上昇し、グラフェン合成が可能な高温状態においても触媒ナノバー構造を安定に

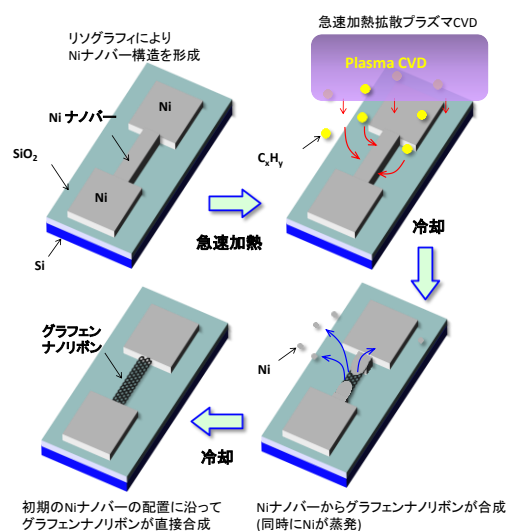


図 1 グラフェンナノリボン合成プロセス概略図。

保持可能であることを見出しました。この結果、触媒ナノバー表面にグラフェンが合成され、必然的にそれらは触媒ナノバー以下の幅をもつ 1 次元グラフェン構造、つまりグラフェンナノリボンとなりました (図 2)。さらに、興味深いことに条件を最適化することで、グラフェンナノリボン合成と同時あるいはその後に、触媒ナノバーが蒸発し、グラフェンナノリボンが電極間を架橋する構造をとることが観測されました。詳細な合成メカニズムは未だ解明されていませんが、グラフェンナノリボンの下部に触媒金属が残留せず、絶縁基板上に直接合成される形状は、電子デバイスとして理想的な形状と言えます。実際、電気伝導特性評価からグラフェンナノリボン特有の極めて高い電流オンオフ比 ($> 10,000$) と明確な伝導ギャップ ($> 58 \text{ meV}$) を観測することができました。さらに、今回我々が開発した手法の最大の特徴は、あらかじめ金属ナノバーを基板の上にリソグラフィ技術を用いてデザインすることで、基板上の任意の場所に、任意の配向度でグラフェンナノリボンを合成できるという極めて高い集積化能力にあります。これまで同様の一次元ナノ材料としてカーボンナノチューブが有名ですが、ナノチューブの場合は、基板上に一本一本の場所と配向度を完全に制御して合成あるいは塗布する技術は現時点では開発されていません。このため、優れた基礎特性を有していながら、実用化には至っていないのが現状です。これに対し本手法を用いることで、カーボンナノチューブと同等の微小スケールを持つグラフェンナノリボンを電極間に等間隔に完全配列配向合成させることも可能です (図 2)。この様に、今回我々が開発した手法を用いることで、個々の高いポテンシャルを有する炭素ナノ材料の次世代高性能電子デバイスとしての実用化に大きな貢献が期待できます。

最後になりましたが、今回の受賞を励みに今後ますますプラズマ科学の発展のために尽力して

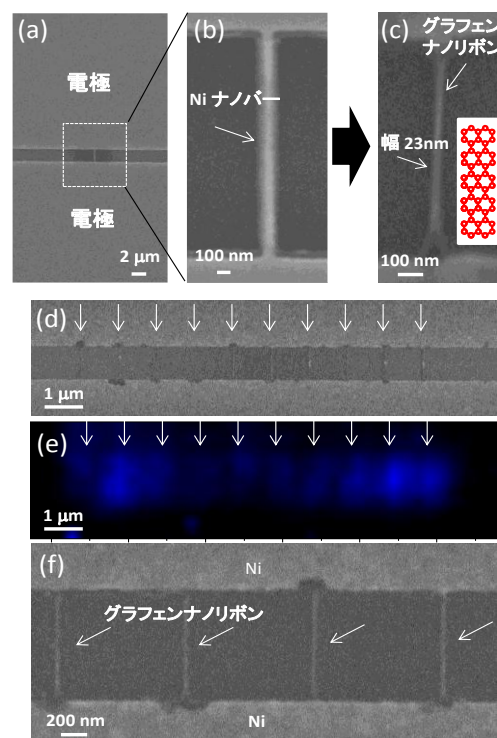


図 2 (a)(b) プラズマ CVD 前 Ni ナノバーの走査型電子顕微鏡 (SEM) 像. (c) グラフェンナノリボンの SEM 像. グラフェンナノリボン集積化合成の (d,f) SEM 像と (e) G-バンドラマンマッピング像.

いく所存でございますので、今後ともご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

参考文献

- [1] T. Kato and R. Hatakeyama, Nat. Nanotechnol. **7** (2012) 651.
- [2] T. Kato and R. Hatakeyama, J. Am. Chem. Soc. **130** (2008) 8101.
- [3] T. Kato and R. Hatakeyama, ACS Nano **4** (2010) 7395.
- [4] Z. Ghorannevis, T. Kato, T. Kaneko, and R. Hatakeyama, J. Am. Chem. Soc. **132** (2010) 9570.
- [5] T. Kato, L. Jiao, X. Wang, H. Wang, X. Li, L. Zhang, R. Hatakeyama, and H. Dai, Small **7** (2011) 574.
- [6] T. Kato and R. Hatakeyama, ACS Nano **6** (2012) 8508.

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

ソニー（株） 久保井 信行

辰巳 哲也、小林 正治、木下 隆、小町 潤、深沢 正永、安斎 久浩

【はじめに】

大変名誉ある第 12 回プラズマエレクトロニクス賞を APEX 論文「Modeling and Simulation of Plasma-Induced Damage Distribution during Hole Etching of SiO₂ over Si Substrate by Fluorocarbon Plasma」[1]に賜りましたこと、共著者共々、誠に光栄に存じます。また、ご推薦・ご選考していただいた先生方に対しまして、心より感謝申し上げます。2011 年に、チャンバ壁との相互作用を考慮したプラズマシミュレーションで第 2 回 Si テクノロジー分科会研究奨励賞を頂きましたが[2]、それに続く今回の受賞ということで、今後とも応用物理への更なる貢献をしないでという身の引き締まる思いでございます。以下に、本受賞論文の研究背景と内容について紹介させていただきます。

【論文内容説明】

本論文は、フルオロカーボンプラズマによる SiO₂ エッチングの表面反応のモデル化、それを用いた 2 次元の形状・ダメージシミュレーションに関するものです。近年、プラズマエッチングシミュレーションのトレンドは、モンテカルロ法を用いて、原子レベルのより詳細なモデル化の方向に進んでいますが、一方で、精密なゆえに、必要とする計算機の高性能化と計算時間といった計算コストが大幅に増大してきています。半導体メーカーとしては、半導体製造分野でのシミュレーション活用を考えた場合、この計算コストの急騰は、

短期間で開発が望まれる半導体デバイスにおいて非常にネックであり、実際の開発への活用の足かせとなります。そういった現状を踏まえてソニー社内で開発したシミュレーション技術が、本論文で述べてあります、String-Slab モデルです。名前のごとく、ポリマー層と反応層からなる加工表面の表面反応を Slab モデルと呼ばれるオリジナルの計算手法で解き、得られるエッチレートを用いて String 法で形状進展させます。SiO₂ エッチングでは、1000 eV 以上もの高エネルギーのイオンによるイオンアシスト反応を利用するので、実際の反応層も数 nm から 10 nm ほどのある程度深いものになっていると考えられます。そのため、低エネルギーでエッチングする Si ゲートのようなく表層をモデル化する手法では不十分であり、深さ方向に対しての物理・化学反応をきちんと考慮する必要があります。そこで、反応層を 0.1 nm オーダーの複数の薄い板”Slab”に分割し、その各々の Slab に対して、物理・化学反応を解くというモデルを開発しました（図 1）。

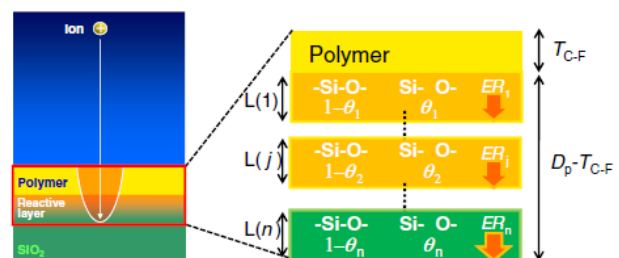


図 1: Slab モデルの概念図[3]

また、ダメージのない綺麗な結晶領域と、イオン衝撃によってダメージ（ダングリングボンド）が発生した領域を考え、それらの領域をマクロパラメータ化してイオンとラジカル作用による生成・消滅のバランスを計算することで、深さ方向に分布するダメージの表現を行いました。これにより、形状進展とダメージの両方をマクロ的に同時に解くことを可能にしました。

Slab モデルの発想は、著者が東京大学で宇宙物理の修士・博士・研究員時代に専門としていた PDR（Photo-dissociation Region）モデルにあります。宇宙には、星形成の源となる星間ガスと呼ばれる極低温（ ~ 10 K）のガスが存在します。それが、周囲の星からの紫外線に照らされながら化学反応（Photo-dissociation, Photo-ionization, ion-ion, neutral-ion, neutral-neutral 反応, ダスト吸着・脱離反応）を起こして表層がイオン化内部は中性ガスとしてガス組成を変化させながら、重力収縮しつつ $10^5 \sim 10^6$ 年かけて星が形成されていきます。よく知られている Orion 大星雲が良い例です（半導体加工チャンバとの対比を考えると、空間スケールは大きく異なりますが、物理素過程は非常に良く似ており、いわば、半導体加工チャンバは、小宇宙とも言えます）。紫外線に照らされている領域のガス進化モデルが PDR モデルと呼ばれており、そのモデルの 1 つの計算手法として、ガスの深さ方向に Slab を切り、各 Slab を通過する際の紫外線の減衰効果も加味しながら化学反応を解いていきます。PDR のモデル化、シミュレーションを行っていたので、この概念をエッチングに応用・拡張することで、本論文の Slab モデルを構築しました。

本モデルで考慮しているポリマー層および反応層での反応自体は、原子レベルの表現ではなく、反応のエッセンスを抽出して、それを反応確率とフラックスを用いた簡便なマクロ的な表現に落と

し込んだモデル化[4]を行っているのが特徴です。これにより、実際のポリマー膜厚やエッチレート、さらには SiO_2/Si 選択比の流量依存に見られる特徴的な挙動をトレースすることができるモデルに仕上がっています（図 2）。

また、本モデルにおけるガス輸送では、モンテカルロ法ではなく、フラックスとしての取扱いを行っています。この部分にも計算コストを下げる工夫をしており、加工パターンのアスペクト比に依存した形で直接入射フラックスおよび間接入射フラックスを表現しています。さらに、イオン散乱に関しては、あらかじめモンテカルロ法によって、ホール径とアスペクト比に依存させた定式化を行い、そこから計算されるフラックス分布の重みを各格子点へのイオンフラックスに加味して、イオン散乱の効果を模擬しています。これによって、ホール底部のサブトレんチの再現も可能になっています（図 2）。

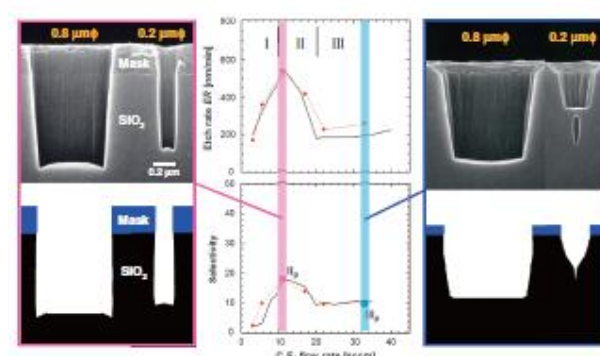


図 2: エッチレート、選択比、形状の比較[1]

初期のエッチフロントに格子点を配置し、その各々の格子点に関して、上記のフラックス計算、およびそれを用いて Slab モデルを解くことでエッチレートを導出し、String モデルとして、設定した時間ステップでエッチフロントを進展させていきます。今回は、形状進展に String モデルを採用しましたが、Slab モデルの特性上、いわゆる

Cell-removable 法との親和性が高いため、より精度の高い 3 次元の形状計算への拡張も可能です。

ダメージ分布計算に関しては、基板 Si にメッシュを配置し、Slab モデルで計算されるダメージ分布をエッチフロントを起点に各格子点の持つ法線方向へのメッシュに配置することで、Si 基板内でのダメージ分布の時間発展の可視化を可能にしました (図 3)。

以上述べてきたようなモデルを実装した本シミュレーション技術は、実際のデバイス開発活用により適したソリューションを生み出すものと考えています。

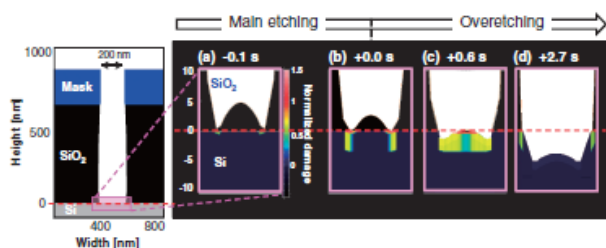


図 3 : Si 基板のダメージ分布の時間依存[1]

【今後】

本論文では、形状進展には 2 次元 String モデルを用いましたが、加工パターンのウェハ開口率や周囲のパターン配置の形状・ダメージ変動への影響まで考えると[5]、やはり 2 次元計算では限界があり、3 次元のモデル化が必要となります。その場合、String モデルでは形状表現の柔軟性に限界があるため、Level-set 法や Cell-removable 法といったより安定した手法と Slab モデルを融合した計算手法の開発を今後進めていく必要があると感じています。さらに、プロセスの変動予測・制御という意味では、エッチング中でのチャンバ壁表面状態やエッチング反応生成物の再堆積も形状やダメージに影響を及ぼすので、これらをリアル

タイムにモニタリングする技術が必要です。これに加えて、プラズマ、シース、表面を連成させかつ装置実装可能なシミュレーションも必要であり、接続に必要なモデル化も含め、大学・研究機関・装置ベンダーと連携しながら今後開発を進めていければと考えております。シミュレーションの更なる高精度化にはプラズマデータベースの構築も不可欠であり、これらの課題を乗り越えながら技術のブレイクスルーを達成し応用物理に貢献していければと考えております。

【おわりに】

研究員からソニーに入社して今年で 9 年目となりますが、プラズマエレクトロニクスは非常に奥が深いため、まだまだ勉強の日々が続いております。これからも皆様の一層のご指導、ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。また、今年度から 2 年間、プラズマエレクトロニクス分科会の幹事としても活動させていただきます。どうぞよろしくお願いいたします。

参考文献

- [1] N. Kuboi et al; Appl. Phys. Express 5 (2012) 126201.
- [2] N. Kuboi et al; Jpn J Appl. Phys. 49 (2010) 08JD01.
- [3] N. Kuboi et al; Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 116501.
- [4] T. Tatsumi et al; J. Vac. Sci. Technol B18 (2000) 1897.
- [5] N. Kuboi et al; J. Vac. Sci Technol. A31 (2013) 061304.

研究室紹介

大阪市立大学大学院工学研究科

材料計測工学研究室 白藤 立

1. はじめに

著者は、2010 年 10 月 1 日より大阪市立大学（大阪市大）工学研究科に着任し、材料計測工学研究室にて研究活動を開始致しました。本稿では、着任後の研究室の状況を報告させていただきます。

著者が薄膜の研究をしていたことから、ホットワイヤーCVD でベンチャー企業を立ち上げられた中山弘先生がおられる大学であることは着任前から知っておりましたが、実は当該研究室の前身がどのような研究室であったのかは全く知らずに応募しました。

材料計測工学研究室は、着任後に筆者が調べた範囲では、平井平八郎教授、安藤慶一教授、青笹正夫教授等によって引き継がれてきた電気電子材料系の研究室です。平井先生は、電気電子材料の教科書の編著者としてご存じの方も多いかと思います[1]。かく言う著者も、京都工芸

繊維大学の学生時代にこの教科書で勉強しており、今はこの教科書で講義をする立場になっております。安藤先生もこの教科書の執筆者の一人です。

青笹先生は早稲田大学から来られ、 $a\text{-Si:H}$ 薄膜のプラズマ CVD が黎明期であった頃に、DC 放電に第三電極を設けた「トライオード型」成膜装置を提案され、基板へのバイアス電圧を制御した成膜をされていました[2]。その後、プラズマ重合膜や EL 薄膜等への研究を展開され、現在は大阪物療大学に所属されています。

材料計測工学研究室以外のプラズマ関係の先生としては、著者の着任当時、同じ所属学科（電気工学科）に宇宙関係のプラズマを扱っておられる南繁行教授がおられました（2011 年 3 月にご退職され、現在は特任教授）。また、大阪市大には、かつて原子力基礎研究所（1969~1989 年）があり、核融合プラズマ関係の方であれば勝俣



図 1. 2013 年度材料計測工学研究室追いコン時の集合写真。

五男先生の「勝俣プローブ」をご存じの方もおられるかと思います[3].

2. 現在の研究室体制

着任時の 2010 年 10 月の時点では、電子情報系は電気工学科、情報工学科、応用物理学科の 3 学科体制であり、材料計測工学研究室は電気工学科に属していました。翌々年度の 2012 年 4 月に、電子情報系が情報工学科と電子・物理工学科の 2 学科体制に改組され、材料計測工学研究室は、電子・物理工学科に属する研究室となりました。改組に伴い、酵母非線形誘電応答等の研究をされている講師の先生が材料計測工学研究室に所属することになり、現在は教員 3 人の体制で活動しています。また、昨年度まで 2 年間の契約で、企業から 1 名の若手客員研究員が大気圧プラズマ関係の勉強をするために来て頂いておりました。産業界からこられた若手の方が研究室に在るということは、先輩がいない研究室の兄貴分として、その活性化に大きな寄与をして頂きました。

着任時には、プラズマ重合による有機系太陽電池薄膜やエレクトロクロミック膜の成膜をされている助教の先生と M2 が 3 名、M1 が 1 名の体制でしたが、現在は大所帯になりました (図 1)。

3. 研究環境

大阪市大に着任した後は、主として液体中のプラズマ「ソリューションプラズマ(SP)」に関する研究を実施して来ました。着任当初は、前任の准教授の方が使っておられた一室を頂き、そこが居室兼実験室となりました (図 2)。自分のデスクの隣が実験場所でしたので、思いついたらまずやってみる、でした。また、学生が実験するときも、その状況を常に見ることになりましたので、狭くはありましたが研究を推進する上ではよい環境であったと思います。ただ、来客の時や非公開マターを扱うときは多少問題でしたので、昨年度、主任を仰せつかるに当たり教授室を頂きました。

液体が関与するプラズマについては、前々任



図 2. 実験室の様子. (a) 作業系, (b) ジェット系, (c) 概観, (d) 液プラ系, (e) FTIR

地の京都大学にて橘教授の下で少し着手しておりましたが、前任地の名古屋大学（名大）にて高井治教授、齋藤永広教授の下で本格的に勉強させて頂き、そのときの経験がベースになっています。実験装置は、大面積を専有する減圧プラズマ装置と比較すると、机上で実験できるほどコンパクトですので、狭い環境でも有意義な研究を実施することができたと思います。

コンパクトとはいうものの、電源、オシロスコープ、電圧・電流プローブ、分光器、高感度検出器等を揃えるためには、それなりにお金が必要でした。幸いにも高井教授、齋藤教授のCREST、白谷教授の新学術領域研究、数社との共同研究のお陰で、基本的な実験が出来る環境を整えることができました。関係各位には、心より感謝致します。

4. 研究課題

着任直後の研究課題は、既に名大時代に始ま

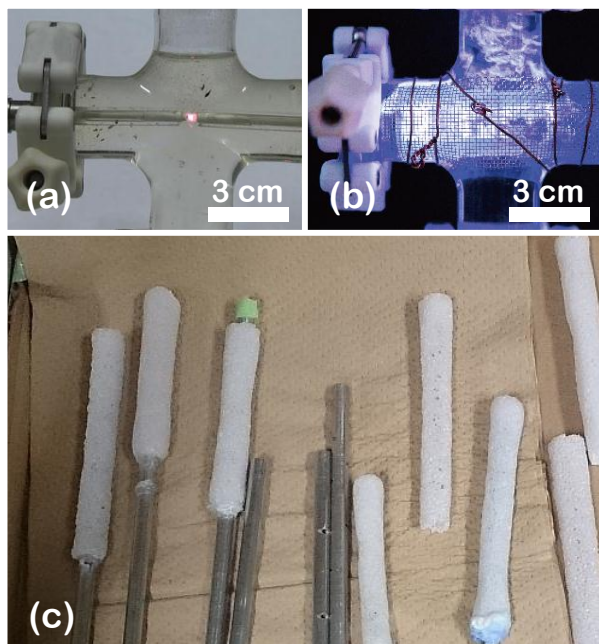


図 3. (a) 元祖 SP, (b) 三次元集積化マイクロ SP, (c) 三次元集積化マイクロ SP 用の多孔質誘電体被覆電極 (1/4 インチのステンレスチューブ). 来客の方より「きりたんぽみたいやなあ」の一言...

っておりました新学術領域研究における「プラズマナノ界面」、並びに、高井先生、齋藤先生から頂いた「SP の大容量対応」でした。元祖 SP は、液体中で対向させた電極間の微小ギャップでグロー状の放電をさせるものでした [4]。しかし、液体容量に対してプラズマが小さいため (図 3(a))、高井・齋藤研究室の中でも「線香花火」と揶揄することもあり、大容量対応が課題の一つでした。

この課題をクリアするために研究室で編み出された方法が、連続多孔質誘電体に気液混合媒質を流してパルス電圧を印加する、という「三次元集積化マイクロ SP (図 3(b))」でした。名前は格好良いですが、要するに「軽石プラズマ」です。

この方法を編み出すきっかけとなったのは、リサイクルショップで妻が見つめてきた軽石でした。この軽石は柱骨内部のような構造をしており、中に流体を流すことができました。ガラス管にこの軽石を入れて Ar と水を流し、中心とガラス外壁の間にパルス電圧を印加して見事に放電した夜のことは忘れられません。

しかし、Ar を入れているのに、発光スペクトルには N_2 のスペクトルしか観測されませんでした。結構な数の独立した N_2 を含む空孔が製造時に含まれており、それらが放電していたのです。意図していなかった事態に「どないしょ～」と悩んでいたとき、学生の一人が、空孔連結の最大長よりも薄くしてやればトポロジカルに端から端まで連結すると考え、薄く削りました (図 3(c))。これが大成功し、導入した Ar の発光スペクトルがようやく観測できるようになりました [5]。これができなかつたら胃に穴が開く思いで新学術の報告書を書いていたことでしょう。

SP の反応解析では、商用ソルバー COMSOL を用いており、液面上のプラズマ気相反応や液

面直下の電気化学的な現象を研究しています。

また、名大で SP に携わっていたころから、歯科治療用 Er:YAG レーザで SP が生成されたりしませんか、という問い合わせを頂き、そちらの方も着手しています。滅菌効果があることは歯医者さんとの共同で見いだせているのですが、残念ながら、まだ明確なプラズマ生成は確認されていません。やはり波長 3 μm の光ではプラズマの生成はどう頑張っても無理なのでしょうか。しかし、こうしたチャレンジングな課題にも興味を持って取り組んでくれた学生に感謝したいと思います。最近では、他学科である化学バイオの先生から連携のお誘いを頂き、遅ればせながらプラズマバイオ応用にも着手しつつあります。

5. 最後に

大阪市大に着任し、早くも 3 年が経ちました。固体と違い、ダイナミックに変化する液体表面と接するプラズマによる材料プロセスは、産業的にも学問的にも新たな領域を拓くのでは、と

期待しています。今後ともどうぞよろしくお願いします。

研究推進に携わってくれた研究室のメンバー全員に感謝するとともに、研究推進に協力して頂いている学内外の先生方、企業の方々、そして絶妙な軽石を見つけてくれた妻に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 平井平八郎, 犬石嘉雄, 成田賢二, 安藤慶一, 家田正之, 浜川圭弘 編: 大学課程電気電子材料 (オーム社, 1969).
- [2] K. Ando, M. Aozasa, and R. G. Pyon: Appl. Phys. Lett. **44**, 413 (1984).
- [3] I. Katsumata and M. Okazaki: Jpn. J. Appl. Phys. **6**, 123 (1967).
- [4] 齋藤永宏, 稗田純子, C. Milon, 高井治: 表面技術, **58**, 810 (2007).
- [5] T. Shirafuji and Y. Himeno: Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 11NE03 (2013).

研究紹介

レーザー干渉計を用いた高気圧非平衡プラズマ診断

日本学術振興会特別研究員 (PD) 占部 継一郎
東京大学 物質系専攻 寺嶋研究室

1. はじめに

レーザー光もしくは電磁波をプローブとする干渉計は、プラズマ電子密度計測手法として、低気圧プロセスプラズマにはマイクロ波、核融合プラズマには遠赤外レーザーなど、様々な光源を用いて幅広く活用されてきた[1]. 本記事では、近年プラズマエレクトロニクス分野で研究の進展が著しい高気圧非平衡プラズマ源に対し、レーザー干渉計を用いた電子密度計測を行う際に必要となる理論的検討や実際の計測例、課題を紹介する.

2. プラズマ電子密度のレーザー干渉計測

プラズマ中の電子密度をレーザー干渉計を用いて計測する場合、測定されるプローブ光 (電磁波) のプラズマ発生による位相変化 $\Delta\theta$ と、プラズマ屈折率 N_p 、電子密度 n_e との関係式

$$\Delta\theta = \frac{\omega}{c} \int (N_p - 1) dl = -\frac{e^2 \lambda}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2} \int n_e dl \dots\dots(1)$$

により電子密度を比較的簡便に計算できる[1,2]. 式(1)を利用するには、測定対象のプラズマ源が以下の3条件を満たさなければならない.

- ① 屈折率変化の空間スケールがプローブ光 (電磁波) の波長よりも十分大きい (WKB 近似)
- ② 電子プラズマ角周波数がプローブ光 (電磁波) の角周波数よりも十分小さい [$\omega_{pe}^2 \ll (2\pi f)^2$]
- ③ 電子衝突周波数がプローブ光 (電磁波) の角周波数よりも十分小さい [$\nu_m^2 \ll (2\pi f)^2$]

ここで、②と③はプローブ光 (電磁波) の角周波数 ($2\pi f$) と各プラズマパラメータとの比較である点に留意する必要がある. これらの条件により、

高気圧プラズマ計測の場合には、一般的に低気圧の場合より適切なプローブ光 (電磁波) の周波数が大きく (波長が短く) なる[3,4]. また、電子密度分解能も合わせて考慮すると、干渉計のプローブ光 (電磁波) は測定対象のプラズマ源に対し、①～③の条件を満たしつつ、かつその範囲で波長ができるだけ長いことが望ましい. そのため、大気圧プラズマ研究では波長 $10.6 \mu\text{m}$ の炭酸ガス (CO_2) レーザー干渉計が主に用いられてきた[5-7]. さらに、大気雰囲気より高密度な媒質条件下 (液体や超臨界流体) での計測において式(1)を用いるには、より波長が短い近赤外領域のレーザー光源が必要であり、筆者が所属する寺嶋研究室では超臨界流体プラズマを含む高気圧非平衡プラズマ中の電子密度計測を目的とした近赤外半導体レーザー干渉計の開発を進めている[8].

干渉計の位相変化検出手法にも様々な形式があり、光路はマイケルソン型かマッハ・ツェンダー型か、位相検波はホモダインかヘテロダインか、各々の条件に合わせて最適な手法を選択する必要がある. 筆者は、これまでマッハ・ツェンダー光学系と音響光学変調器 (AOM) を用いたレーザーヘテロダイン干渉計を一貫して利用し、光源には CO_2 レーザーと半導体レーザーを用いてきた.

図1に CO_2 レーザーヘテロダイン干渉計の装置構成を示す. この装置では、参照光とプローブ光の重ね合わせにより AOM でのレーザー周波数変化分のビート (40 MHz) が発生し、このビート信号と AOM ドライバから得られる参照信号間の位相差をロックインアンプで計測する. これによ

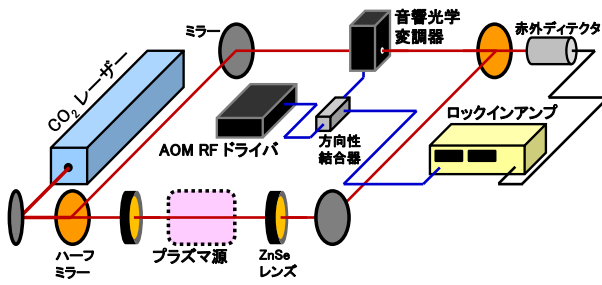


図1：CO₂ レーザー干渉計の装置構成 [6,7]

り、プラズマ発生によるプローブ光位相変化をロックイン測定が可能なAOMドライバ周波数の信号の位相変化として検出する、ヘテロダイン検波を行っている。ロックインアンプから出力される位相差の時間変化と式(1)より、電子密度のプローブレーザー光路上の線積分値を算出できる。また、測定対象のプラズマの空間的構造が軸対称であれば、測定点のスキャンで得られる電子の線密度分布を逆アーベル変換し電子密度の2次元構造を再現できる[5,6] が、構造が複雑かつ不明な場合は干渉計単独で電子密度分布を得ることは難しい。

3. 高気圧非平衡プラズマへの応用

レーザー干渉計を高気圧熱非平衡プラズマ計測に応用する場合には、前頁①～③の条件に加え、プラズマ内と周囲のガス密度変化 Δn_g に伴う屈折率変化 ΔN_g [9] に対応する必要がある。

$$\Delta N_g = A \left(1 + \frac{B}{\lambda^2} \right) \frac{\Delta n_g}{n_{g0}} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 A と B はガス種毎の定数、 n_{g0} は標準状態のガス密度である。低圧ガス媒質中のプラズマでは、ガス密度が小さいため、プラズマ生成の前後でガス温度が大きく変化する場合でもガス媒質そのものの屈折率は殆ど変化しない。しかし、高気圧プラズマでは、放電開始時のガス温度上昇によりガス密度が大きく減少し、媒質の屈折率が減少する。この屈折率変化の向きは電子密度増加による屈折率変化 [式(1)] と同じであり、何らかの方

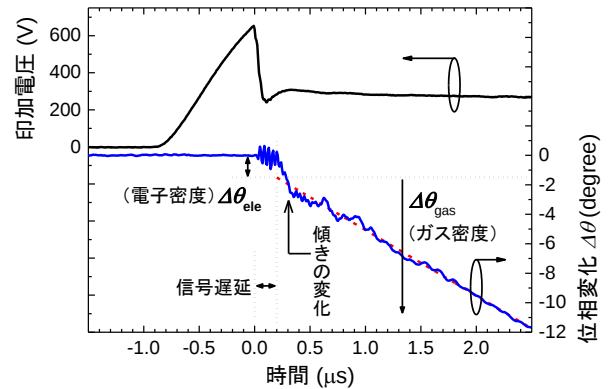


図2：大気圧短パルス放電計測時に近赤外半導体レーザーヘテロダイン干渉計で検出された位相変化と電子・ガス密度成分の分離 [8]

法で2種の現象による屈折率変化分を分離する必要がある。

これまでに報告されているレーザー干渉計を用いた高気圧プラズマ診断研究では、電子密度変化（高速）とガス密度変化（低速）の2現象の時定数の差を利用した放電開始時での信号分離が主流であり[5-8]、図2に位相変化波形と分離結果の一例を示す[8]。これはメインの放電が50 ns という短時間で終了するパルス放電の計測結果であり、放電開始後200 ns（信号遅延）で位相変化が始まり、約100 ns 後傾きが小さくなる。この傾きの変化が位相変化成分分離の鍵になっており、放電開始後100 ns でガス密度減少は減速・終了しないため[10]、ここまでの位相変化の傾き増加分が電子発生によるプローブ光位相変化分を表していると考えられる。この電子密度発生による位相変化 $\Delta\theta_{ele}$ と式(1)から、プラズマ中の電子密度 n_e は $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ と算出された。

図2を例として議論した位相変化の電子・ガス密度成分の分離はレーザー干渉計を用いた高気圧プラズマ診断における重要なポイントであり、正確かつ簡便な分離法の確立が求められる。本研究紹介にて説明したヘテロダイン干渉計よりも直接的な分離が可能となる手法として、現在までに2

波長干渉計[11] や位相変調 2 倍高調波干渉計[12] という屈折率の分散を利用した計測が試みられており、今後の研究開発によって干渉計の電子密度計測能力のさらなる向上が期待される。

4. おわりに

本記事では、高気圧非平衡プラズマ中の電子密度をレーザー干渉計で計測する際に留意すべき適切なプローブ光波長選択の指針や、実際の計測例などについて紹介した。筆者は、光源や位相変化の検波方式の工夫を重ねることにより、レーザー干渉計の電子密度・時間・空間分解能のさらなる向上が可能であると考え、現在も研究開発を進めている。本記事の読者の皆様が、高気圧プラズマ電子密度計測法の選択肢の1つとしてレーザー干渉計に興味を抱き、高気圧プラズマ診断に幅広く利用されるとともに、干渉計の性能にも発展がもたらされることを心より期待している。

謝辞

本記事にて紹介させて頂いた研究内容は、京都大学 橘 邦英 名誉教授（現 大阪電気通信大学）、同 酒井 道 准教授、東京大学 寺嶋 和夫 教授の指導の下で、京都大学プラズマ物性工学研究室の高野 信彦 博士、崔 竣榮 博士、東京大学寺嶋研究室の Stauss Sven 助教、宗岡 均 氏らと共に遂行して参りました。位相変調 2 倍高調波干渉計に関する研究は核融合科学研究所の秋山 毅志 准教授との共同研究によるものです。また、各研究内容は科研費補助金（日本学術振興会、文部科学省）の助成を受けて行いました。京都大学在籍時より応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会の諸先生方や学生の皆様には大変お世話になり、議論・交流を通じ刺激を受け、自分の成長の原動力になったと感じております。関係する皆様にこの場をお借りして深く感謝申し上げますとともに、今後の変わらぬご指導ご鞭撻をお願いし、研究紹介

の結びとさせていただきます。

参考文献

- [1] プラズマ・核融合学会 編；“プラズマ診断の基礎と応用”，（コロナ社，2006 年）
- [2] I. H. Hutchinson 著；“*Principles of Plasma Diagnostics, Second Edition*”，（Cambridge Univ. Press, 2002 年）
- [3] 日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会 編；“*大気圧プラズマ 基礎と応用*”，（オーム社，2009 年）
- [4] K. H. Becker, U. Kogelschatz, K. H. Schoenbach, and R. J. Barker 編；“*Non-Equilibrium Air Plasmas at Atmospheric Pressure*”，（IOP Publishing, 2005 年）
- [5] F. Leipold, R. H. Stark, A. El-Habachi, and K. H. Schoenbach; J. Phys. D, **33** (2000) 2268.
- [6] J.-Y. Choi, N. Takano, K. Urabe, and K. Tachibana; Plasma Sources Sci. Technol., **18** (2009) 035013.
- [7] K. Urabe, O. Sakai, and K. Tachibana; J. Phys. D, **44** (2011) 115203.
- [8] K. Urabe, H. Muneoka, S. Stauss, and K. Terashima; Appl. Phys. Express, **6** (2013) 126101.
- [9] C. W. Allen 著；“*Astrophysical Quantities*”，（The Athlon Press, 1973 年）
- [10] F. Tholin and A. Bourdon; J. Phys. D, **46** (2013) 365205.
- [11] F. Adler and E. Kindel; “*Proc. XXXVI Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases*”，（Greifswald, Germany, 2003 年）
- [12] K. Urabe, T. Akiyama, and K. Terashima; J. Phys. D, **47** (2014) accepted.

Plasma chemistry projects at the International Center for Advanced Materials Processing at the University of Texas at Dallas

I.C. Estrada-Raygoza, P.L.S. Thamban, D. Ogawa, G. Padron Wells, L. J. Overzet and M. J. Goeckner,
University of Texas at Dallas

800 W Campbell Rd, Richardson, TX 75080

Introduction

In recent years, the field of plasma chemistry has emerged because of multiple technological applications on several fields, especially in the medical area. There are several applications such as surface modification of both organic and inorganic films and of course the production of plasma polymers [1-7].

The International Center for Advanced Materials Processing at the University of Texas at Dallas has projects in several areas which include semiconductor processing, advanced biomaterials and bio-devices, as well as diagnostics for processing tools. The research in our center focuses on making use of both experimental and computational simulations to gain better understanding of interactions of the gas phase species in plasma (plasma chemistry) and the surfaces they interact with (walls, films). The experimental techniques that we primarily use for plasma chemistry studies are in situ Fourier Transform Spectroscopy (FTIR), optical emission spectroscopy (OES) and a novel OES e-beam tool [8-15].

In the following paper we will focus only on the work done with Chloro-p-xylene (ClpX) plasmas. Chloro-p-xylene is a precursor to produce plasma Parylene C polymer films. The first section will discuss the properties of plasma polymers in general and then contrast with those of Plasma Assisted Chemical Vapor deposited (PACVD) Parylene C. In the second section we will discuss the use of FTIR, OES and OES e-beam for the characterization of ClpX plasmas.

Plasma polymers

The deposition of plasma polymers has been reported since the 19th century [1]. However, it was not until the last fifty years that plasma polymers have been studied more intensively because of their applications as a dielectric film in the microelectronic industry and also as a biocompatible layer for medical devices [1-4,16-19].

Plasma polymers have some advantages over traditional polymers. The plasma polymerization technique is able to produce coatings that are pinhole free, conformable and strongly adhered to a wide variety of substrates. However, some of the disadvantages is the loss of the original functionality of the film and also

the degradation of film properties due to the reaction of multiple radicals in the film with the surrounding environment [1,2,4]. Figure 1 illustrates the structural differences between conventional (a) and plasma (b) polymers. Conventional CVD polymer are regular and with a high molecular weight while plasma polymers present cross-linked structures as well as some loss of the original chemical functionality groups.

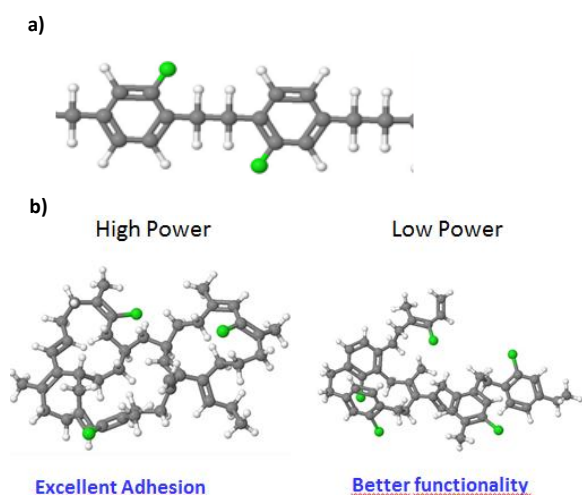


Fig. 1 a) Structure of conventional CVD parylene C polymer. b) Examples of structures for high and low power plasma polymers.

Our group decided to produce plasma parylene C because conventional CVD parylene C presents excellent properties as a barrier to humidity and reactive gases. Also is ranked among the highest biocompatible materials according to the USP (United States Pharmacopeia)[20-26].

Plasma parylene C is a polymer which presents unique properties such as a degree of crystallinity and ion enhanced polymerization. In Figure 2 we show a diagram of an experiment done to evaluate the effect of ion bombardment on film growth. As can be seen, only the areas exposed to ion bombardment deposited a film. This could allow technological

applications such as selective area deposition of the polymer.

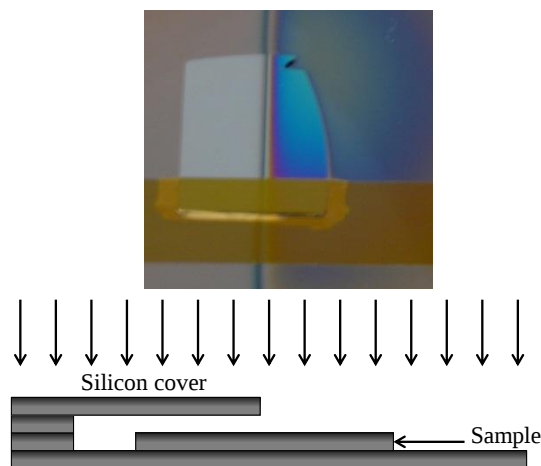


Fig. 2 Ion enhanced deposition of plasma Parylene C.

Another unique property of plasma parylene C is that molecular weight and X-Ray diffraction can be measured. To the best of our knowledge, no other plasma polymer has reported such measurements. The molecular weight measurements for plasma parylene C indicated that the average number of monomer units being linked per chain length is between 7 and 198 units, depending of the plasma conditions. This number is very small when compared to CVD parylene C which corresponds to 200-400 units per chain length. Plasma polymerization environments are more reactive due to the higher amount of radicals that can terminate the polymerization of the polymer. In Figure 3 we show the X-Ray diffraction pattern for two different conditions of plasma parylene C contrasted with those of the conventional CVD polymer. CVD parylene C presents the characteristic bands for β phase (14, 20 degrees) and α phase (36 degrees) according to the JCPDS card number 21-1832. PACVD parylene C polymer presents different ratios of α and β phase depending of the plasma conditions used for deposition.

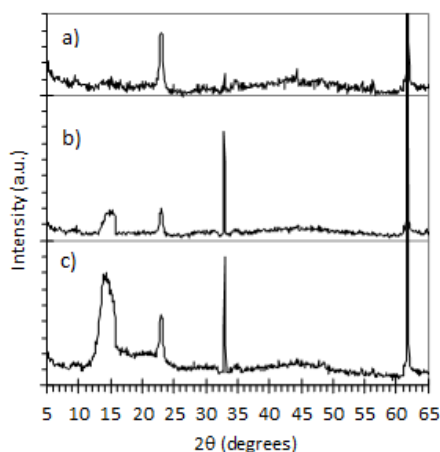


Fig. 3 X-Ray diffraction for PACVD parylene C, 7.5 mtorr a) 2W and b) 100 W and finally c) CVD Parylene C.

Our group studied the chloro-p-xylene (ClpX) discharge in order to understand the effect of ClpX plasma chemistry on film growth. We measured with in situ FTIR the densities of the species in the plasma and were able to relate the partial pressure of the monomer on the plasma with the type of film obtained. The phase diagram is shown in Figure 4.

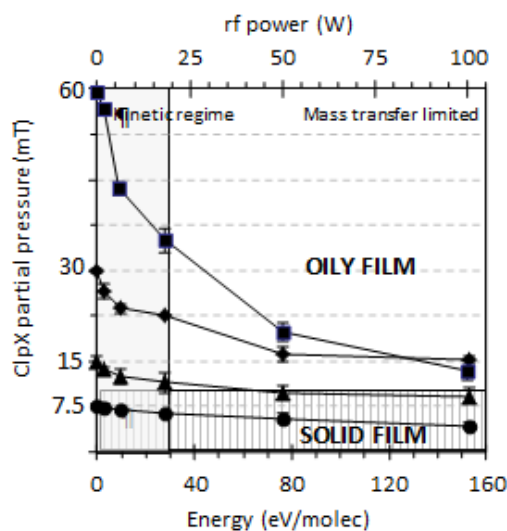


Fig. 4 Phase diagram relating the partial pressure of monomer on the plasma discharge and the type of film obtained.

Characterization of organic plasmas

Plasma polymers have been extensively studied due multiple biomedical applications, but we still are far away from understanding the organic plasmas that produce them [1,2]. One of the main reasons could be that the structure of organic molecules and their decomposition pathways are more complicated than inorganic molecules.

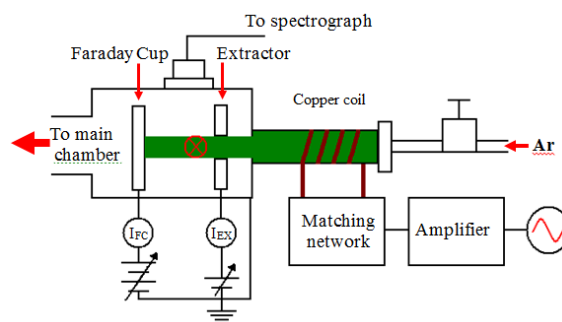


Fig. 5 Diagram of OES e-beam system.

P.L.S. Thamban et al. [14] at UT Dallas developed a novel OES e-beam diagnostic tool that can withstand heavy deposition on the electrodes while measuring electron excitation cross sections for dissociated products from an organic discharge. The experimental set up is shown in Figure 5. The e-beam system is attached to the exhaust line of the reactor with the ultimate goal of calculating absolute densities of excited species in the plasma by using the following relations:

$$I(\lambda) = n_g K_D(\lambda) \int_0^{\infty} Q \sigma_{\lambda}(\nu) v f_e(\nu) 4\pi \nu^2 d\nu$$

$$I(\lambda) = [k_D(\lambda) Q \sigma(\epsilon)] n_g n_e v_e$$

$$I(\lambda) = C(\epsilon) n_g n_e v_e = C(\epsilon) n_g \Gamma_e$$

Where n_g , $K_D(\lambda)$, Q , σ_{λ} , f_e , C , n_e , v_e and Γ_e are the gas density, detector response, emission quantum yield, energy dependent cross section for emission, electron energy distribution function, proportionality constant, electron density, electron drift velocity and electron flux, respectively.

The OES e-beam has the possibility to determine the cross section and/or density of species in the reactor. Thus, by maintaining constant energy of the electron beam while measuring the electron flux on the electrodes, we can find the relationship of signal intensity with the concentration of excited species on the plasma. Our experiments did not allow us to measure absolute densities, but we could observe a relationship between the emission intensities and the power supplied to the main plasma reactor (GEC) as seen in Figure 6. Note that HCl^+ shows a different behavior from the other species.

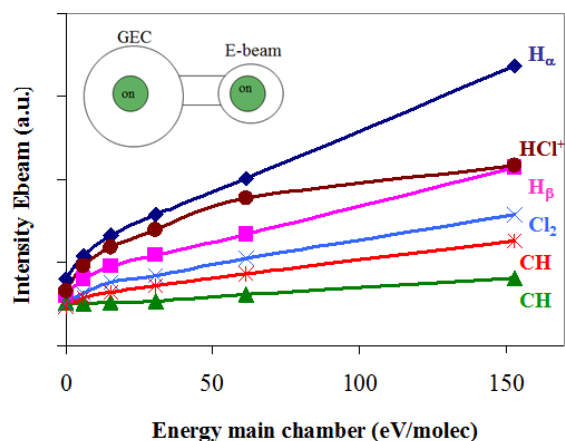


Fig. 6 Optical emission intensity from the ebeam source using a constant extractor energy of 190 V.

Another characterization tool for organic plasmas is in situ FTIR. The system used in our study is shown in Figure 7. FTIR spectroscopy is a noninvasive technique that allows the quantitative detection of dissociation products of the discharge. Our system is a single pass infrared beam that travels across the reactor towards a Mercury-Cadmium-Telluride (MCT) IR detector. Figure 4 ClpX densities were measured using FTIR spectroscopy.

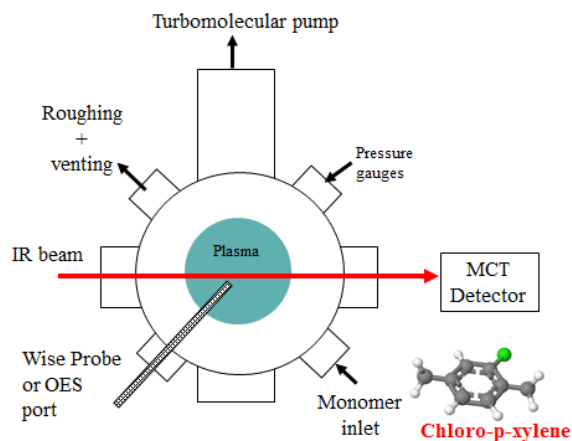


Fig. 7 Diagram of GEC reactor used for FTIR spectroscopy studies.

Deposition systems

Another interesting system that can be used for deposition of organic films is shown in Figure 8. The system was developed by Ogawa et al [27]. It uses a liquid injector that allows the injection of droplets directly into low pressure plasmas. The plasma is formed by a capacitive coupling rf power. We have formed films with different monomers and research is ongoing to evaluate the quality of such films.

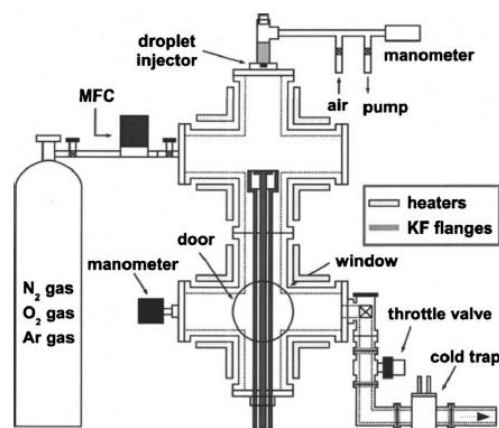


Fig. 8 Diagram of liquid injector apparatus. Taken from [27].

DISCUSSION

The International Center for Advanced Materials Processing at the University of Texas at Dallas has many research interests. However, in this paper we focused on work that has been

done with the plasma chemistry of ClpX monomer to produce PACVD parylene C. Our group is starting to evaluate organic plasmas using more complex reactor systems such as monomer liquid injection. We expect plasma polymerization to be more widely studied due its application to produce high quality plasma polymers for the biomedical field.

ACKNOWLEDGEMENTS

We want to acknowledge the economic support of CONACYT-UT Dallas scholarship 303255 and NSF Grant CBET- 0922962.

REFERENCES

- [1] **H. Biederman**, "Plasma Polymer Films", Imperial College Press (2004).
- [2] **R. Förch , A. N. Chifen, A. Bousquet, H. L. Khor, M. Jungblut, L. Chu, Z. Zhang, I. Osey-Mensah, E. Sinner and W. Knoll**, Chem. Vap. Deposition, **13**, 280 (2007).
- [3] **F. S. Denes, S. Manolache**, Prog. Polym. Sci., **29**, 815 (2004).
- [4] **H. Yasuda**, "Plasma polymerization", Academic Press (1985).
- [5] **S. Lerouge, M. R. Wertheimer, L'H. Yahia**, Plasmas and Polymers, **6**, 175 (2001).
- [6] **E. M. Liston, L. Martinu, M. R. Wertheimer**, J. Adhesion Sci. Technol., **7**, 1091 (1993).
- [7] **J. Chang**, Sci. Technol. Adv. Mater., **2**, 571 (2001).
- [8] **A. K Jindal, A. J. Prengler, L. J. Overzet, M. J. Goeckner**, Journal of Vacuum Science & Technology, A: Vacuum, Surfaces, and Films **24**, 126 (2006).
- [9] **G. Padron-Wells, Brandon. C. Jarvis, A.K. Jindal, M.J Goeckner**, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, **68**, 163 (2009).
- [10] **E.A. Joseph, B.S. Zhou, S.P. Sant, L.J. Overzet, M.J. Goeckner**, J. Vac. Sci. Technol. A **26**, 545 (2008).
- [11] **B. Zhou, E.A. Joseph, S.P. Sant, Y. Liu, A. Radhakrishnan, L.J. Overzet, M.J. Goeckner**, J. Vac. Sci. Technol. A **23**, 1657 (2005).
- [12] **E.A. Joseph, B. Zhou, S.P. Sant, L.J. Overzet, M.J. Goeckner**, J. Vac. Sci. Technol. A **22**, 689 (2004).
- [13] **C.T. Nelson, S.P. Sant, L.J. Overzet, M.J. Goeckner**, Plasma Sources Sci. Technol. **16**, 813 (2007).
- [14] **P.L.S. Thamban, J. Hosch, M.J. Goeckner**, Rev. Sci. Instrum. **81**, 013502 (2010).
- [15] **G. Padron Wells, I. C. Estrada-Raygoza, P.L.S. Thamban, C. T. Nelson, Chin-Wook Chung, L. J. Overzet and M. J. Goeckner**, Plasma Processes Polym., **10**, 119 (2013).
- [16] **A. M. Mearns**, Thin Solid Films, **3**, 201 (1969).
- [17] **L. V. Gregor**, IBM Journal, **March**, 140 (1968).
- [18] **L. Martinu, D. Poitras**, J. Vac. Sci. Technol. A, **18**, 2619 (2000).
- [19] **R. Moren, N. De Geyther, T. Desmet, P. Dubruel, C. Leys**, Plasma Processes Polym., **8**, 171 (2011).
- [20] **Q. Yu, J. Deffeyes, H. Yasuda**, Prog. Org. Coat. **41**, 247 (2001).
- [21] **J.J. Licari**, Coating Materials for Electronic Applications: Polymers, Process, Reliability, Testing, William Andrew, p. 547 (2003).
- [22] **E.M. Schmidt, J.S. McIntosh, M.J. Bak,** Med. Biol. Eng. Comput. **26**, 96 (1988).
- [23] **S.G. Eskin, C.D. Armeniades, J.T. Lie, L. Trevino, J.H. Kennedy**, J. Biomed. Mater. Res. **10**, 113 (1976).
- [24] **L. Wolgemuth** Med. Plast. Biomater. **22**, 42 (2000).
- [25] **N. Stark**, Med. Plast. Biomater. **3**, 30 (1996).
- [26] **D.C., Rodger, J.D. Weiland, M.S. Humayun, Y-C. Tai**, Sensors and Actuators **117**, 107 (2006).
- [27] **D. Ogawa, I. Saraf, A. Sra, R. Timmons, M. Goeckner, L. Overzet**, J. Vac. Sci. Technol. A, **27**, 342 (2009).

放電基礎過程のシミュレーション

室蘭工業大学大学院工学研究科 佐藤 孝紀

1. はじめに

気体放電の産業応用において、放電の性質が作製される素子や機器の性質に大きな影響を及ぼすため、放電の性質を把握し、用途にあわせて放電を適切に制御することが重要である。このため、放電中に存在する各粒子のふるまいを明らかにすることが必要となる。

気体放電を微視的に見ると、相互に衝突を繰り返す多数の電子、中性気体分子、イオン、励起種、光子などで成り立っている。なかでも電子は、移動度が大きく電荷輸送の主体であるとともに、電界によって加速されて高エネルギーになりやすく、気体分子と衝突することによって、放電の産業応用で重要な役割を担う励起種、解離種、イオンなどを生成する主役を演じている。したがって、気体放電の性質を明らかにするうえで、電界が印加された気体中の電子スオーム（群）の特性（放電基礎過程）を理解することが重要である。

電子スオームの特性は、電子輸送係数（スオームパラメータ）によって記述される。また、これを用いて放電の予測および解析が可能となるとともに、電界、気体分子数密度と並んで放電中の電子のふるまいを決定する要素の一つである電子衝突断面積の導出[1-3]も可能となる。したがって、定義に基づいて電子輸送係数を正しく算出する、あるいは測定することが重要である。

電子スオームのふるまいは、位置 $\mathbf{r}(x, y, z)$ および速度 $\mathbf{v}(v_x, v_y, v_z)$ の6つの次元をもつ電子速度分布 $f(\mathbf{r}, \mathbf{v})$ の変化を表す Boltzmann 方程式によって記述される。

$$\frac{\partial f}{\partial t} = -\mathbf{v} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{r}} - \boldsymbol{\alpha} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{v}} + \left(\frac{\partial f}{\partial t} \right)_{\text{coll}} \quad (1)$$

ここで、 $\boldsymbol{\alpha}$ は加速度、 $\left(\frac{\partial f}{\partial t} \right)_{\text{coll}}$ は衝突項を表わす。

電子輸送係数は分布関数 $f(\mathbf{r}, \mathbf{v})$ を用いて記述されるので、(1)式を解いて $f(\mathbf{r}, \mathbf{v})$ を求めることで電子輸送係数の算出が可能となる。一様電界下の気体中の電子輸送係数を計算するツールとして知られている BOLSIG[4]は、分布関数 $f(\mathbf{r}, \mathbf{v})$ を Legendre 級数で表わすとともに、その第2項目までを考慮した”2 項近似 Boltzmann 方程式解析”を用いたものである。比較的安定に電子輸送係数が得られ、また、計算時間もきわめて短い。しかし、電子エネルギー分布の非等方性が大きくなる場合（例えば、弾性衝突よりも非弾性衝突が多くなる場合）においては、必ずしも正しい電子輸送係数を得られるとは限らないことも知られている。ここでは、近年の放電シミュレーション技術の向上・高精度化にともない、使用される電子輸送係数にも精度が求められていることに鑑み、現段階において電子輸送係数の計算を最も正確に行うことができるモンテカルロシミュレーションについて述べる。

2. モンテカルロ法による電子輸送解析の小史

モンテカルロ法による電子輸送解析は Yarnold によって 1945 年にはじめて行われた[5]。電界下にある完全剛体球モデルガス中を移動する電子に対して乱数表を用いて計算を行ない、速度分布がドリユベスティン分布とならないことを指摘している。Itoh and Musha[6]は 1960 年に電界下の電

子運動をデジタル計算機を用いて計算した。He ガス中の電子の運動を1個の電子の運動によって代表し、その時間平均から電子ドリフト速度などを算出している。1962年に Thomas and Thomas[7]は、電離衝突により電子増倍を伴う場合には、電子スオーム中の全電子を追跡する必要があることを示し、1977年に Sakai *et al.*[8]は、電離による電子増倍がある場合には、スオームの観測方法の違いによって電子ドリフト速度の値が異なることを示している。その後、モンテカルロシミュレーションを用いた電子輸送解析に関する報告が多くなされているが、シミュレーションの原型は Sakai *et al.*の報告の時点ではほぼ確立されたといえる。

3. 電子スオームの観測方法

電子スオームの特徴を表す電子輸送係数は、観測すべき対象となる物理量がたとえ同じであっても、スオームの観測（実験）方法によってその値が異なることがある。特に、電子ドリフト速度は、電離あるいは電子付着によって電子数が非保存となる場合に、観測方法の違いによって一般に異なる値となるため、電子スオームの観測方法をしっかりと把握しておく必要がある。ここでは、電子スオームの代表的な3種類の観測方法について述べる。

3.1 定常タウンゼント法 (Steady State Townsend : SST)

図1のような回路において、平行平板ギャップに直流電圧を印加する。温度は室温、気圧は 0.1～

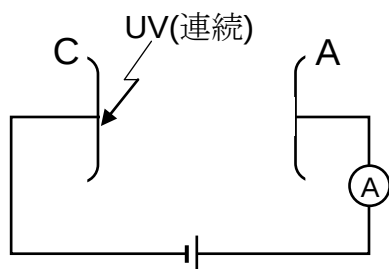


図1 SST 実験回路

10 Torr 程度とする。なお、温度および気圧の条件は他の2つの方法においても同様である。陰極に連続的に紫外線を照射して初期電子を定常的に供給し、ギャップ間に電子の定常流をつくる。このとき外部回路に流れる電流 $I(d)$ を電流計で測定する。このとき、ギャップ間の電離電流 $I(d)$ は(2)式で表わされる。

$$I(d) = I_0 \exp(\alpha d) \quad (2)$$

ここで、 I_0 は陰極に供給される初期電子電流、 α はタウンゼントの第一電離係数、 d はギャップ長である。また、電離増倍によって生じる正イオンが陰極に衝突し電子を発生させる二次電離作用も考慮すると、 $I(d)$ は(3)式で表される。ここで、 γ_i は正イオンによる二次電子放出係数である。

$$I(d) = \frac{I_0 \exp(\alpha d)}{1 - \gamma_i \{\exp(\alpha d) - 1\}} \quad (3)$$

3.2 パルスタウンゼント法 (Pulsed Townsend: PT)

図2ように、平行平板ギャップに直流電圧を印加した状態で、陰極に紫外線フラッシュを照射して孤立した電子スオームを発生させる。このとき、外部回路に接続された無誘導抵抗の両端の電圧をストレージ型オシロスコープで測定し、流れる電流の時間変化を得る。このときの電離電流 $I(t)$ は次のように表わされる。

$$I(t) = I_0 \exp(R_i t) \quad (4)$$

ここで、 R_i は電離周波数、および I_0 は初期電子電流である。

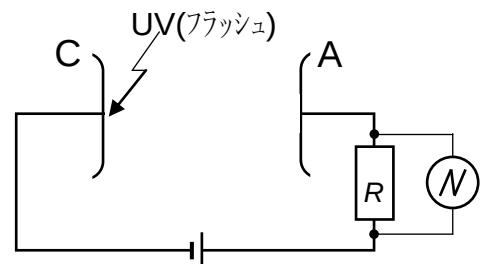


図2 PT 実験回路

3.3 タイムオブフライト法 (Time of Flight : TOF)

PT 法と同様に、平行平板ギャップの陰極に紫外線フラッシュなどを照射して初期電子を発生させ、それが形成する孤立した電子スオームの電子数密度を、電極間の位置と時刻の両方の関数、すなわち、 $n(x, t)$ として観測する方法である。TOF 法には、空間における位置 (スタートとゴール) を定めてその空間を電子スオームが移動する時間に基づいて定義されるパラメータと、2 つの時刻の間に電子スオームが移動する距離に基いて定義されるパラメータがある。前者はタイムオブフライトの定義にそのまま合致するが、後者はディスタンスオブフライト (Distance of Flight : DOF) と呼ぶ方が適切であるが、現状では両者を併せて TOF 法と呼ばれている。

4. モンテカルロ法によるシミュレーション

モンテカルロ法は、現象の素過程が確率現象であるものに対して、乱数を用いてその素過程をコンピュータ内で表現するとともに、サンプリングによって情報を得る方法の総称である。電界が印加されている気体中に電子群が注入されると、個々の電子は電界からエネルギーを得て電界と逆方向に加速されるとともに、気体分子と衝突してエネルギーを失う (気体分子にエネルギーを移行させる) という過程を繰り返し、電子スオーム (群) 全体としては、拡散しながら電界と逆方向にドリフト (移動) していく。このような電子スオーム中において、個々の電子と気体分子との衝突・散乱という過程は全くランダムな現象であり、確率的に取り扱うことが可能であるので、モンテカルロ法を適用することができる。

モンテカルロ法を用いた電子スオームの解析では、

- ・ ミクロな尺度から個々の電子を追跡しているので、その運動を容易に知ることができる。

- ・ 電子の飛行する放電空間内の環境を自由に設定することが可能であるので、電極等の境界条件の設定が容易である。
- ・ ボルツマン方程式を用いた解析では、一般に、6 次元位相空間で定義される速度分布を、ルジャンドル展開したときの第2項目あるいは第3項目などで打ち切って計算する方法、すなわち、2 項近似あるいは3 項近似が用いられるが、モンテカルロシミュレーションではそのような近似を含まない。
- ・ ボルツマン方程式解析では解析が困難である非平衡領域にも容易に適用できる。
- ・ 実験では測定が困難である量、あるいは直接測定できない量もサンプリングにより容易に得ることができる。

などの長所があり、電極等の境界を含む条件下での解析も含め、電子スオームの解析では、現段階で定量的に最も正確な方法である。しかし、その反面、本質的にシミュレーション結果に統計変動が含まれるため、それを抑制するためには電子数を多くする必要がある。このため、計算に要する時間が非常に長くなるという欠点も持っている。ここでは、電子スオームを構成する個々の電子の運動をコンピュータ内に再現しながら追跡を行なう方法、および電子輸送係数の物理的意義とサンプリング方法について述べる。

4.1 モンテカルロ法による電子の運動の追跡

電界が印加された気体中を飛行する個々の電子の運動は、「飛行」、「衝突」および「散乱」という3つの素過程で記述される。モンテカルロ法でそれをシミュレートするには以下の5つの計算・判定を行う。

- (1) 飛行時間の決定 (衝突の判定)
- (2) 飛行軌道の計算
- (3) 衝突の種類の判定

- (4) 衝突後の散乱方向の決定
 (5) 衝突後のエネルギーおよび速度の決定

(1) 電子の飛行時間の決定

電子が気体分子と衝突してから、次の衝突を起こすまでの時間を飛行時間または自由時間 τ という。飛行時間の決定すなわち衝突時刻の判定は、電子の追跡を正確に行なう上で最も重要である。時刻 $t=0$ で運動を開始した電子が、時刻 t までに気体分子と衝突する確率を $P(t)$ とすると、 $t = t + \Delta t$ までに衝突する確率 $P(t+\Delta t)$ は、次のように表わされる。

$$P(t + \Delta t) = P(t) + \{1 - P(t)\}\nu(t)\Delta t \quad (5)$$

ここで、 $\nu(t) = Nq_T(v)v(t)$ 、 N ：気体分子数密度 ($=3.535 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ at 0°C & 1 Torr)、 $q_T(v)$ ：速さ v の電子に対する全衝突断面積である。(5)式の右辺第2項目は、 $t=t$ までは衝突せずに飛行し、次の Δt で衝突する確率を示しており

$$\{1 - P(t)\}\nu(t) = \frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t} \quad (6)$$

と書くことができる。ここで、 $\Delta t \rightarrow 0$ とすると $\frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t} = \frac{dP(t)}{dt}$ となるので、(6)式を積分することで $t=t$ までに電子が気体分子と衝突する確率 $P(t)$ は (7) 式で表すことができる。

$$P(t) = 1 - \exp\left\{-\int_0^t \nu(\chi) d\chi\right\} \quad (7)$$

次に、確率密度関数 $\hat{P}(t)$ を導入すると、 $t \sim (t + \Delta t)$

間で電子が衝突する確率は、 $\hat{P}(t)$ と Δt の積で表され、これは $t = t + \Delta t$ までに衝突する確率 $P(t + \Delta t)$ と $t = t$ までに衝突する確率 $P(t)$ の差に等しいので

$$\begin{aligned} \hat{P}(t)\Delta t &= P(t + \Delta t) - P(t) \\ &= \frac{dP(t)}{dt} \Delta t \end{aligned} \quad (8)$$

となる。よって、確率密度関数 $\hat{P}(t)$ は(9)式となり、(7)式および(9)式を用いることで $t = 0 \sim t$ で電子が衝突する確率は(10)式で表わされる。

$$\hat{P}(t) = \frac{dP(t)}{dt} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \int_0^t \hat{P}(\chi) d\chi &= P(t) - P(0) \\ &= 1 - \exp\left\{-\int_0^t \nu(\chi) d\chi\right\} \end{aligned} \quad (10)$$

ここで、(10)式は、 $t \rightarrow \infty$ のとき 1 で規格化されていることがわかる。

図3に示すように、 $\hat{P}(t)\Delta t$ に比例するように $[0, 1]$ で一様に発生させた乱数の区間幅 $d\xi$ を $\hat{P}(t)dt$ に対応させ ($d\xi = \hat{P}(t)dt$)、両辺を積分すると

$$\xi_1 = \int \hat{P}(t) dt \quad (11)$$

となる。ここで(11)式の右辺は、(10)式の右辺で表されるので、

$$\xi_1 = 1 - \exp\left\{-\int_0^t \nu(\chi) d\chi\right\} \quad (12)$$

と書くことができ、対数をとると以下のようなになる。

$$-\ln(1 - \xi_1) = \int_0^t \nu(\chi) d\chi \quad (13)$$

したがって、(13)式において一様乱数 ξ_1 を発生させることによって左辺の値が決定され、この値と右辺の値が等しくなる t の値が電子の飛行時間 τ となる。しかし、一般には $\nu(\chi)$ は必ずしも数式で表わされるとは限らないので、(13)式の右辺の積分を解いて τ を求めることは必ずしも可能ではな

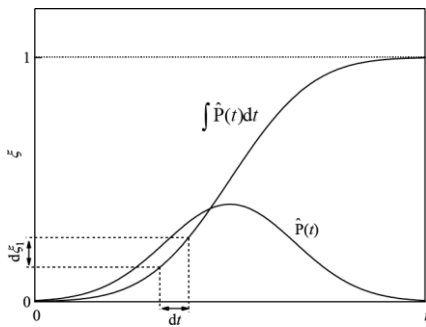


図3 確率密度関数と乱数の対応

い。そこで、適当な微小時間 Δt ごとに(12)式右辺の積分を数値的に求め、左辺の値と等しくなった時間を τ とする。その他、飛行時間を決定する方法としては null collision 法があるが、これについては文献[9]を参照頂きたい。

(2) 電子の飛行軌道の計算

電子が衝突から衝突の間に電界 $\mathbf{E}(-E, 0, 0)$ から力を受けて飛行するとき、その軌道は一般に放物線となる。衝突直後に速度 $\mathbf{v}'(v'_x, v'_y, v'_z)$ 、位置 $\mathbf{r}'(x', y', z')$ の電子が τ 秒間飛行し、次の衝突直前に速度 $\mathbf{v}(v_x, v_y, v_z)$ 、位置 $\mathbf{r}(x, y, z)$ となったとすると、速度および位置の各方向成分は以下のように表わされる。ただし e は電荷素量、 m は電子の質量である。

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v'_x + \frac{eE}{m} \tau \\ v_y &= v'_y \\ v_z &= v'_z \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} x &= x' + v'_x \tau + \frac{eE}{2m} \tau^2 \\ y &= y' + v'_y \tau \\ z &= z' + v'_z \tau \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

(3) 衝突の種類の判定

電子と気体分子との衝突は、衝突の前後で両者の運動エネルギーの総和が変化しない弾性衝突と、電子の運動エネルギーの一部が気体分子の内部状態の変化(励起、電離、電子付着など)に使われる非弾性衝突に分類できる。それぞれの衝突の起こり易やすさは、衝突時の電子のエネルギーによって変化し、衝突断面積 q によって記述される。ここでは、電子と気体分子との衝突が起こったとき、それがどのような種類の衝突であるのかを判定

する方法について述べる。

衝突直前の電子の運動エネルギーが ε であり各種の衝突が起こる場合を考える。このときの全衝突断面積 $q_T(\varepsilon)$ は、

$$q_T(\varepsilon) = q_m(\varepsilon) + q_{ex}(\varepsilon) + q_i(\varepsilon) + q_a(\varepsilon) \quad (16)$$

と表される。ここで、

$q_m(\varepsilon)$: 運動量移行断面積

$q_{ex}(\varepsilon)$: 励起衝突断面積

$q_i(\varepsilon)$: 電離衝突断面積

$q_a(\varepsilon)$: 電子付着衝突断面積

である。また、運動量移行、励起、電離および電子付着衝突が起こる確率は、全衝突断面積に対する各衝突断面積の比で表され、これと $[0, 1]$ 間の一様乱数 ξ_2 の値を対応させることによって、衝突の種類を決定する。図 4 は衝突判定の一例を示し、励起衝突と判定される場合である。

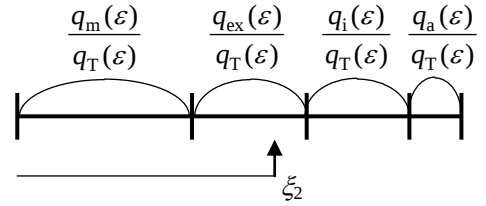


図 4 衝突の種類の判定

(4) 衝突後の散乱方向の決定

気体分子との衝突後の電子の散乱方向は微分断面積によって決定できるが、微分断面積の報告は少ない。ここでは、散乱方向が入射方向に依存しない等方散乱について示す。

(i) 電界方向と散乱方向がなす角 θ

電子が衝突後に $[\theta, \theta + d\theta]$ の方向に散乱される確率は、その方向の立体角の大きさに比例する。半径 1 の球において、 $[\theta, \theta + d\theta]$ で決定される面積を dS 、球の表面積を S とすると、 $[\theta, \theta + d\theta]$ 方向に散乱される確率は、

$$P(\theta)d\theta = \frac{1}{2} \sin \theta d\theta \quad (17)$$

と表わされる。ここで、 $P(\theta)d\theta$ の大きさと比例するように、 $[0, 1]$ 間に一様に分布する乱数 ξ_3 の微小区間を対応させ、その両辺を積分して整理すると(18)式が得られる。

$$\cos\theta = 1 - 2\xi_3 \quad (18)$$

(ii) 散乱方向を電界と垂直面内に射影した角度 ϕ 電界方向と垂直な方向に対し、電子のふるまいの対称性を考慮すると、 ϕ はどの方向に対して等しい確率を有するので、 ϕ は一様乱数 ξ_4 を用いた(19)式で得られる。

$$\phi = 2\pi\xi_4 \quad (19)$$

(5) 衝突後の電子の速度とエネルギーの決定
速度 $\mathbf{v}(v_x, v_y, v_z)$ の電子が、気体分子と衝突して θ と ϕ で決定される方向に散乱され、新しい速度 $\mathbf{v}'(v'_x, v'_y, v'_z)$ で飛行をスタートさせる。ここでは $\mathbf{v}$ と $\mathbf{v}'$ の関係について述べる。

(i) 弾性衝突の場合

電子の速さは気体分子よりも十分に大きいので、気体分子は静止していると仮定し、運動量保存則、エネルギー保存則を考慮すると、衝突後の速度 $\mathbf{v}'$ の各方向成分は、以下のように表わされる。ここで、 M は気体分子の質量である。

$$\left. \begin{aligned} v'_x &= \frac{m}{m+M}v_x + \frac{M}{m+M}v \cdot \cos\theta \\ v'_y &= \frac{m}{m+M}v_y + \frac{M}{m+M}v \cdot \sin\theta \cos\phi \\ v'_z &= \frac{m}{m+M}v_z + \frac{M}{m+M}v \cdot \sin\theta \sin\phi \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

ここで、 $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ である。また、衝突後の電子の運動エネルギー ε' は(21)式で求められる。

$$\varepsilon' = \frac{1}{2}m(v_x'^2 + v_y'^2 + v_z'^2) \quad (21)$$

(ii) 非弾性衝突の場合

非弾性衝突では、電子は持っていた運動エネルギー ε から気体分子の内部状態を変化させる（励起、電離など）ために必要なしきい値のエネルギー ε^*

を失い、残存エネルギー ε' で新しい飛行を開始する。このとき次式が成り立つ。

$$\varepsilon' = \varepsilon - \varepsilon^*$$

さらに、衝突後の電子の速度 $\mathbf{v}'$ およびその各方向成分は次式で計算される。

$$\left. \begin{aligned} v' &= \sqrt{\frac{2e}{m}}\sqrt{\varepsilon'} \\ v'_x &= v' \cos\theta \\ v'_y &= v' \sin\theta \cos\phi \\ v'_z &= v' \sin\theta \sin\phi \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

電離衝突の場合には、衝突を引き起こした電子（親電子：scattered electron）と電離によって発生した電子（子電子：ejected electron）に残存エネルギー ε を乱数 ξ_5 を用いて $\xi_5 : (1 - \xi_5)$ に分配する。電子付着衝突の場合には、電子付着が起こった時点で電子が消滅するので、衝突後の追跡を行なう必要はない。

4.2 電子輸送係数とモンテカルロシミュレーションにおけるサンプリング方法

(1) SST 実験

SST 実験では電子群の定常流を発生させて輸送係数を求めるが、シミュレーションにおいて定常流を実現するのは、コンピュータの性能が高く記憶容量が増えた現在においても、必ずしも容易ではない。電極間のある微小領域において電子の定常流を微視的にみると、ある時刻 t に陰極を出発した孤立した電子スオームの中央部、 t より前に陰極を出発した電子スオームの後尾部、および、 t よりも後に出発した電子スオームの先頭部、の重ね合わせとして観測される。したがって、電極間の微小領域において、そこを通過する孤立したスオームに含まれるすべての電子をサンプリングすることで、SST 実験と等価なサンプリングが可能である。

空間中の微小領域 $x_i \sim x_i + \Delta x$ （以後 Δx_i と記す）

に存在するスオーム中の電子の持つ物理量を ζ とすると、その平均値 $\langle \zeta \rangle$ は次式で求められる。

$$\langle \zeta(\Delta x_i) \rangle = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} \zeta_j(\Delta x_i) \cdot \Delta t_{x_i}}{\sum_{j=1}^{N_i} \Delta t_{x_i}} \quad (23)$$

ここで、 N_i は領域 Δx_i 内を通過する電子の総数であり、 Δt_{x_i} はサンプリングされた1個の電子が微小領域 Δx_i 内に滞在する時間である。また、電子が微小領域内で十分に多くサンプリングされる場合には、次式でも SST 実験に即したサンプリングができる。

$$\langle \zeta(\Delta x_i) \rangle = \frac{1}{N'_i} \sum_{j=1}^{N'_i} \zeta_j(\Delta x_i) \quad (24)$$

ここで、 N'_i は領域 Δx_i 内でサンプリングされる総電子数であり通過電子数とは異なる。また、この方法では、 Δx_i 内における1つの電子のサンプリング回数が通常10～20回必要となる。

SST サンプリングで得られる平均量 $\langle \zeta(\Delta x_i) \rangle$ はサンプリングを行う位置 Δx_i の関数であり、 $\langle \zeta(\Delta x_i) \rangle$ が Δx_i に依存しなくなった部分の平均値を SST パラメータの平衡値とする。

電子の平均運動エネルギー $\langle \varepsilon \rangle$ および電界方向の平均速度（拡散を考慮した速度） v_d は、(23)あるいは(24)式において、それぞれ ζ_j を $\frac{1}{2}mv_j^2$ および $v_j \cos \theta_j$ と置き換えることでサンプリングされる。電離係数 α および電子付着係数 η はそれぞれ (25) および (26) 式により求められる。

$$\alpha(\Delta x_i) = \frac{R_{is}(\Delta x_i)}{v_d(\Delta x_i)} \quad (25)$$

$$\eta(\Delta x_i) = \frac{R_{as}(\Delta x_i)}{v_d(\Delta x_i)} \quad (26)$$

ここで、 R_{is} および R_{as} は、それぞれ SST 実験で得られる電離および電子付着周波数であり、(23)お

よび (24) 式において ζ_j を $Nq_i(v_j)v_j$ および $Nq_a(v_j)v_j$ と置き換えることでサンプリングされる。実効電離係数 $\bar{\alpha} (= \alpha - \eta)$ は見かけ上の電離係数であり、電子数 n のサンプリング結果から次式によっても求ことができる。

$$\bar{\alpha} = \frac{d}{dx} \ln \frac{n(\Delta x)}{n_0} \quad (27)$$

ここで n_0 は初期電子数である

(2) PT 実験

PT 実験のシミュレーションでは全空間に存在する電子のもつ量(速度、エネルギーなど)の時刻 t_k ごとの平均量を得ることができる。したがってサンプリングされた量の平均値では時刻 t_k の関数となり、サンプリングされた量が t_k に依存せず一定になるところが平衡状態の値となる。

電子の平均エネルギー $\bar{\varepsilon}(t_k)$ 、電界方向の移動速度 $W_v(t_k)$ 、電離 $R_i(t_k)$ および電子付着周波数 $R_a(t_k)$ の平均値は、以下の式によりサンプリングされる。ここで N_k は時刻 t_k における電子の総数である。

$$\bar{\varepsilon}(t_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} \frac{1}{2} m \{v_j(t_k)\}^2 \quad (28)$$

$$W_v(t_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} v_j(t_k) \cos \theta_j \quad (29)$$

$$R_i(t_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} Nq_i(v_j)v_j \quad (30)$$

$$R_a(t_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} Nq_a(v_j)v_j \quad (31)$$

(3) TOF 実験

TOF 実験では、電子スオームの時空間的進展に関する輸送係数を得ることができる。ここでは、電子スオームの重心のドリフト速度、平均到着時間ドリフト速度および縦・横方向拡散係数について示す。

(i) スオームの重心のドリフト速度 W_r

W_r はスオームの重心の位置 $\bar{x}$ の移動速度として定義され、次式で求められる。

$$W_r(t) = \frac{d\bar{x}(t)}{dt} \quad (32)$$

ここで $\bar{x}(t)$ はスオームの重心の位置であり (33) 式で表わされる。

$$\bar{x}(t) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot n(x, t) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} n(x, t) dx} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot n(x, t) dx}{N(t)} \quad (33)$$

$n(x, t)$ は電子数密度、 $N(t)$ は時刻 t における全電子数である。各時刻 t_k における重心の位置 $\bar{x}(t_k)$ のサンプリングは (34) 式にしたがって行なわれる。

$$\bar{x}(t_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} x_j(t_k) \quad (34)$$

図 5(a) は時間を定めて電子数密度をサンプリングした例であり、図 5(b) は (a) 図の各数密度分布から $\bar{x}$ を求め、時刻に対してプロットしたものである。(b) 図の直線の傾きから W_r が得られる。

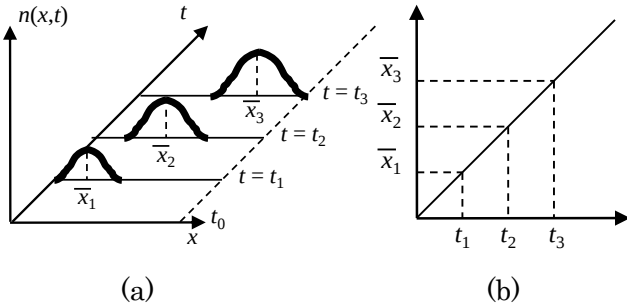


図 5 各時刻における電子スオーム進展と重心の位置

(ii) 平均到着時間ドリフト速度 W_m

W_m は (35) 式のようにスオームの平均到着時間 $\bar{t}$ から求められる。

$$W_m(x) = \frac{dx}{d\bar{t}(x)} = \frac{1}{\left(\frac{d\bar{t}(x)}{dx} \right)} \quad (35)$$

ここで、

$$\bar{t}(x) = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot n(x, t) dt}{\int_0^{\infty} n(x, t) dt} \quad (36)$$

で表わされる。図 6(a) は各位置においてサンプリングした平均到着時間分布であり、(b) 図は (a) 図の分布から求められた $\bar{t}$ を位置に対してプロットしたものである。(b) 図の直線の傾きの逆数から W_m が得られる。

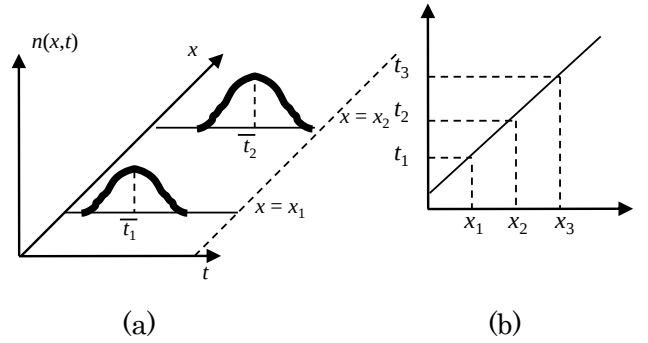


図 6 各位置における電子スオームの到着時間分布と平均到着時間

(iii) 縦方向拡散係数 D_L 、横方向拡散係数 D_T

D_L および D_T は、スオームの実空間における縦方向（電界方向）および横方向（電界に垂直な向き）のそれぞれの方向に対する拡散を表現するパラメータである。これらは縦方向 M_x 、横方向 M_r の位置分散（2 次モーメント）の傾きとして定義される。

$$D_L(t_k) = \frac{1}{2!} \cdot \frac{d}{dt} M_x(t_k) \quad (37)$$

$$D_T(t_k) = \frac{1}{2!} \cdot \frac{d}{dt} M_r(t_k) \quad (38)$$

M_x および M_r のサンプリングは次式によって行なわれる。

$$\begin{aligned} M_x(t_k) &= \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} \{x_j(t_k) - \bar{x}(t_k)\}^2 \\ &= \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} \{x_j(t_k)\}^2 - \{\bar{x}(t_k)\}^2 \end{aligned} \quad (39)$$

$$M_r(t_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} \frac{\{y_j(t_k)\}^2 + \{z_j(t_k)\}^2}{2} \quad (40)$$

4.3 電子スオーム解析のモンテカルロシミュレーションのフローチャート

図 7 にモンテカルロシミュレーションのフローチャートを示す。

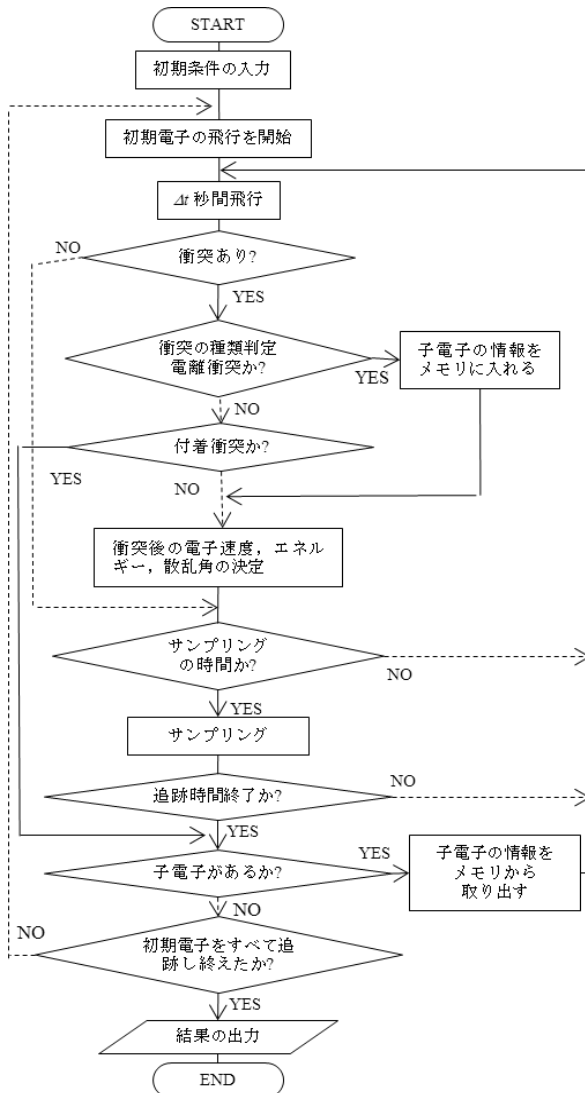


図 7 MCS のフローチャート

5. おわりに

一様電界下における電子スオームふるまいを解析するためのモンテカルロシミュレーションについて述べてきた。様々な放電プラズマ応用にお

いて、電子と気体分子の相互作用からそのメカニズムを検討されるときの一助になれば幸いである。

参考文献

- [1] M. Suzuki, T. Taniguchi, and H. Tagashira: "Momentum transfer cross section of krypton deduced from electron drift velocity data", J. Phys. D, **22**, 1848 (1989)
- [2] M. Kimura and Y. Nakamura: "Electron swarm parameters in CF₃I and a set of electron collision cross sections for the CF₃I molecule", J. Phys. D, **43**, 145202 (2010)
- [3] S. Kawaguchi, K. Satoh, and H. Itoh: "Electron transport in CF₃I and CF₃I-N₂ mixtures", Eur. Phys. J. D, **68**, 100 (2014)
- [4] www.bolsig.laplas.univ-tlse.fr
- [5] G. D. Yarnold: "XXII. The energies of uniformly accelerated particles in a gas", Phil. Mag., **36**, 185 (1945)
- [6] T. Itoh and T. Musha: "Monte Carlo Calculations of Motion of Electrons in Helium", J. Phys. Soc. Japan, **15**, 1675 (1960)
- [7] R. W. L. Thomas, and W. R. L. Thomas: "Monte Carlo simulation of electrical discharges in gases", J. Phys. B, **2**, 562 (1962)
- [8] Y. Sakai, H. Tagashira, and S. Sakamoto: "The development of electron avalanches in argon at high E/N values. I. Monte Carlo simulation", J. Phys. D, **10**, 1035 (1977)
- [9] H. R. Skullerud: "The stochastic computer simulation of ion motion in a gas subjected to a constant electric field", J. Phys. D, **1**, 1567 (1968)

国際会議報告

9th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP2014) 第9回日欧プラズマプロセス共同シンポジウム

大阪大学工学研究科 浜口智志

表記の会議（第9回日欧プラズマプロセス共同シンポジウム:JSPP2014）が、EU COST MP1101 Workshop on Atmospheric Plasma Processes and Sources for Functional Coatings on Biomaterial Surfaces と併せて、去る2014年1月19日（月）から23日（水）の5日間、スロベニアの首都リュブリャナから、車で1時間ほどの距離にあるボヒンスカ・ビストリツァ（Bohinjska Bistrica）の Bohinj Park Hotel で行われた。いずれの会議の運営も、JSPP2014のEU側Chairの Uroš Cvelbar 教授（リュブリャナ大学）が行った。前半21日までがJSPP2014、22日から一日半が、COST ワークショップであった。JSPP2014は、大気圧から低圧、非平衡から熱プラズマまでを含む幅広い低温（低電子温度）プラズマを対象にした会議であった。一方は、COST ワークショップは、プラズマの医療応用をテーマにした会議であった。COST（European Cooperation in Science and Technology）とは、ヨーロッパで長年行われているヨーロッパ域内の研究者の交流助成プログラムであり、その中のMP1101は、名称を「Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology」といい、その名の通り、プラズマ医療研究のヨーロッパ域内共同研究プロジェクトである。ダブリン・シティ大学の Miles Turner 教授がMP1101のChairを務めている。プラズマ医療研究は、JSPP2014においても関心の高い研究分野であり、

両者の会議が合同で開催されたことは、それぞれの参加者にとって、大変有益であった。

さて、JSPP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（スロベニア、2005年）、富士吉田（2006年）、ベオグラード（セルビア、2007年）、沖縄（2008年）、Liblice（チェコ、2009年）、奈良（2012年）と開催されて今日に至っている。例年参加者数を50-60名程度に限り、参加者の間の議論や交流を積極的に奨励している。今回は、COST ワークショップと重なったため、全体の出席者は多かったが、JSPP2014の口頭発表23件、ポスター発表14件という比較的小規模な会議で、ホテル内ですべての食事を参加者全員で一緒に取ることもあり、科学的な議論はもとより、研究者間の交流も大いに深まった。



図：JSPP2014とCOST workshop 合同会議の会場となった Bohinj Park Hotel。スロベニア有数のスキーリゾートだが、本会議が開催された2013-2014の冬は、観測始まって以来の暖冬で、会議中も、一切雪が降らず、暖かい日が続き、Proceedings 表紙にある一面の雪景色の写真がむなし。世界的に有名なスロベニアのスキー・ブランド Elan の本社と工場は、この比較的近く。

開催報告

ICRP-8/SPP-31 開催報告 8th International Conference on Reactive Plasmas / 31st Symposium on Plasma Processing

ICRP-8/SPP-31 組織委員長 九州大学 白谷正治

応用物理学会では International Conference on Reactive Plasmas を主催してきました。これまでに名古屋(1991), 横浜(1994), 奈良(1997), ハワイ(1997, GEC と合同会議), フランス(2002, ESCAMPIG と合同会議), 宮城県松島町(2006), フランスで (2009, GEC と合同会議), 計 7 回の ICRP を成功裏に開催してきました。

ICRP8 は, 2014 年 2 月 3 日 (月) から 7 日 (金) までの日程で福岡国際会議場で開催いたしました。

皆様がよくご存じのように、プラズマは、多くの産業を支える科学技術です。プラズマは、大規模集積回路製造の 70% の工程で駆使されるとともに、太陽電池、白色照明、ディスプレイ、燃料電池、自動車・航空機および環境など多様な産業で必須のツールとして産業イノベーションを先導しています。最近では医学、薬学、農学分野においても新しいプラズマ応用が世界的に勃興し、ライフイノベーションの革新的ツールとして期待されています。本国際会議では、最先端の反応性プラズマに関する基礎と応用について、国内外の第一線の研究者による講演、研究発表、討議を行いました。これにより、この分野の一層の発展を期するとともに、プラズマプロセスに係わる研究者の国際的な連携を深めました。

具体的には、プレナリー講演 2 件, 招待講演 45 件, 一般講演口頭 60 件, ポスター講演 250 件, に加えて, チュートリアル講演 6 件, ナイトセッ

ション 2 件, 4 つのワークショップで講演 72 件, これら全てを合計すると 438 件の講演が行われました。プラズマ医療・バイオ関連の講演が総講演数の 1/4 以上を占め, 現在の研究潮流が色濃く現れたものとなりました。また, プロセス分野で従来主流の低圧非平衡プラズマと大気圧熱平衡プラズマに加えて, 大気圧非平衡プラズマ, 水中放電プラズマ, ミスト含有プラズマ, 超臨界プラズマ等の多様なプラズマによるシーズとその応用展開が図られていることが目立ちました。総参加者数は 632 名でした。国内開催にも関わらず韓国、台湾、中国、ロシア、アメリカ、ドイツ、フランス、ポルトガル、チェコ、スロベニアなど世界 30 ヶ国から講演申し込みがあり, 海外から 222 名もの参加者がありました。海外参加者の比率が高いことは, ICRP8 が国際的に広く認知されていることを示しています。各口頭講演会場, ポスター会場とも熱気のこもった講演と質疑が行われていました。

堀先生 (名古屋大学) のプレナリー講演では, プラズマエッチングにおける先駆的で極めてインパクトの大きな日本の貢献を明示したのちに, 広範なプラズマ応用に関する展望が紹介されました。また, Kushner 先生 (ミシガン大学) のプレナリー講演では, 直感的に分かりやすい動画や図面で, プラズマプロセスに関するシミュレーションの成果を示しながら, 今後はこれまで以上に精緻なプラズマ制御が必要となることを示されました。招



待講演や一般講演につきましては、紙面の関係上紹介できません。詳細が分かる **Proceedings USB** は若干残りがあります。必要な方は、白谷までご連絡下さい。

バンケットは、2014 年 2 月 6 日（木）に、福岡の造り酒屋である博多百年蔵 (<http://www.ishikura-shuzou.co.jp/>) で開催されました。182 名もの参加者を得て大変盛況であした。上に写真を入れておりますが勇壮な和太鼓の演奏(演奏者のうちの 2 名は九大准教授とその秘書)や鏡割りを行い、日本料理と飲み放題の日本酒に加えて、海外の参加者には日本の文化も楽しんで頂けたと思います。博多百年蔵は少人数でも飲食できますので、今回不参加の方も試されてはいかがでしょうか。

138 人以上の対象者から、ICRP Young Award の Gold medal が首都大学東京の白井直樹氏、Silver medal が、東京大学の宗岡均氏、韓国 SKKU の Kim Hay Bum 氏、名古屋大学の竹田圭吾氏に授与されました。当然のことながら、審査員の採点をもとに厳正な議論を行って受賞者を決定しております。

JJAP 特集号には 90 編の論文が投稿され、査読が開始されております。特集号の各論文の被引用件数は、特集号の発刊承認や投稿料金割引と密接に関係しています。積極的にダウンロードして、

引用頂ければ幸いです。

以上簡単にご紹介しましたように、ICRP8 は参加者数、講演数、会議の内容、収支の多角的観点から充実した内容となりました。

招待講演者を含め全ての参加者、組織委員・プログラム委員・現地実行委員等の関連委員、さらには ICRP8 事務局の方々の貢献に心より感謝いたします。特に、国際会議 3 役である実行委員長の豊田浩孝先生、プログラム委員長の金子俊郎先生、出版委員長の佐々木浩一先生には、プログラム掲載の公式行事だけで無く、海外招待講演者を歓待する 2 次会等の非公式行事も含めて多大の御協力を頂きました。

次回の ICRP9 は、GEC と共催で 2015 年 10 月 12 日～16 日まで米国の Hawaii Convention Center で開催予定です。ICRP9 の組織委員長は、プラズマエレクトロニクス分科会幹事長の豊田浩孝先生（名古屋大学）が努められます。日本から 300 人の参加者を得て、参加者数 800 人規模の国際会議となることが期待されています。また、GEC のサイトより会議場周辺のホテルを格安で予約出来る予定です。多数の皆様方のご参加をお待ち申し上げております。また、このハワイ共催の成功のためにも今年の GEC に日本から多くの参加者があることが望まれます。この点も御協力をお願い申し上げます。

最後になりましたが、学会は、さまざまな無償ボランティア活動により支えられています。これにより、会員の発表・意見交換の場が提供され、そこで育てられているわけです。委員としての活動により人脈など得られることも多いものです。恩返しという気持ちで、委員等を打診されました場合は、快く引き受けて積極的に貢献して頂ければ幸いです。

(ICRP8 組織委員長、九州大学 白谷 正治)

国際会議報告

6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014 / IC-PLANTS2014)

名城大学 平松美根男

ISPlasma 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 年から毎年開催されている国際会議である。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、先進プラズマ科学、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広く議論するとともに、最新の研究成果を発表して分野を超えて活発に情報交換を行う場となっており、プラズマを中心とする異分野交流の国際会議として認知されつつある。

一方、IC-PLANTS は、本邦唯一の産業応用プラズマセンターである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の主催の国際会議として 2008 年から毎年開催されており、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。

2014 年からは、この 2 つの国際会議の合同シンポジウムとなり、2014 年 3 月 2 日から 5 日間にわたり名城大学にて開催された。プラズマを中心としてその応用分野の窒化物半導体やナノ材料分野を 1 つの学会で議論できることから、数多く国際会議がある中で、プラズマを中心とする異分野交流の国際会議として認知されつつあり、これまで会議全体の参加者数は年々増加してきたが、

一月前に本分科会主催の ICRP が開催されたことも影響してか、今回の参加者は 600 名程度であった。海外からの参加は全体の 4 分の 1 で、台湾・韓国などのアジアを中心に、海外における本会議の知名度が徐々に高まりつつある。また発表件数は全体で 327 件であり、それらの内、海外からの発表は、全体の 4 割強にあたる 136 件であった。

関連する主な分野は以下の通りである。

- (1) プラズマ科学：プラズマ源、先進プラズマ計測技術、モデリングとシミュレーション、エッチングプロセス、薄膜成膜プロセス、フレキシブルエレクトロニクス、バイオ／医療用プラズマ、クリーンエネルギー用プラズマ、ナノテクノロジープラズマ
- (2) 窒化物半導体：GaN および関連材料の結晶成長、窒化物 MBE 成長、評価技術、デバイスプロセス、光デバイス、電子デバイス
- (3) ナノ材料：ナノカーボン材料、ポーラス材料、表面改質／表面機能化、コンポジット／傾斜機能材料、ナノパーティクル／ナノワイヤ／ナノロッド、エネルギー応用向けナノ材料
- (4) 産学官連携

前回同様、本会議の前日にチュートリアルが実施された。若手への基礎知識の供与というよりも、異分野の理解を深め、分野間融合による新たな価値創造を目的としており、プラズマ科学・窒化物半導体・ナノ材料の各々の分野で活躍する研究者やベテランにも有意義となるよう、基礎から最先

端の動向を含んだ講義が行われた。海外からの参加者・第一線で活躍する研究者も多く聴講していたのは特徴的であった。チュートリアル講師は以下の通りである。プラズマ科学：ルール大ボッフム校・Czarnetzki 教授（ドイツ）および静岡大学・永津教授、窒化物半導体：ローレンス・バークレー国立研究所・Walukiewicz 博士（アメリカ）および名城大学・上山教授、ナノ材料：東京大学島海教授およびコーネル大学・Baker 教授（アメリカ）。

初日午前は、東京工業大学教授小長井応用物理学学会会長による特別講演“Challenges for Developing Innovative Solar Cells - Towards Carbon Free Society”に続き、クイーンズ大学ベルファストのGraham 教授による基調講演“The Physics, Chemistry and Applications of Plasmas Created in Liquids”、産業技術総合研究所の大橋博士による基調講演“Possibility of Future Power Devices toward New Generation Power Electronics”、および東京大学の岡田教授による基調講演“High-Efficiency Quantum Dot Solar Cells: Progress and Challenges”が行われた。

午後の初めにポスター発表が組み込まれ、その後3つの会場にわかれて、プラズマ科学、窒化物半導体およびナノ材料のそれぞれのセッションで、招待講演と一般講演による最新の話題に対して専門性の高い活発な議論が繰り広げられた。パラレルセッション方式の発表とポスター発表は最終日まで行われた。

本会議の特徴は、分野間融合セッションである。まず3月4日（火）午後には、イノベーション創出を促すためには産学連携セッションを開催し、研究開発拠点においてどのような環境構築、教育、産学連携を行うべきかを議論した。前半に4件の基調講演、後半はその講演者を交えてパネルディスカッションを行った。まず、同志社大学大学院総

合政策科学研究科の山口教授による“Why Has Japan Lost International competitiveness? -Effects of Small Business Innovation Research Programs on Creating New Science-based Industries”と題した講演では、価値の創造（Development: Deduction）と知の創造（Research: Abduction）の2軸にTransilienceの第3の軸を加えた山口教授のブレークスルー理論が説明され、イノベーターにはAbductionとTransilienceが重要であることが、iPS細胞の研究などを例に説明された。それに基づく調査結果として、ベンチャー企業経営者のアカデミックバックグラウンドを日米で比較し、日本ではいわゆる文系に著しく偏り、応用工学系がわずかに含まれることに対して、米国では数学・物理・生命科学を含む基礎科学修了者が多く起業していることがはっきりと示された。その背景として、スモールビジネスの起業、発展を促そうとする政策プログラムの運用に日米で大きな差があり、米国ではスモールビジネスの起業とその利益創出を生み出すAbductionとTransilienceを推進するエコシステムができており、日本とは対照的な結果となっていることが指摘された。実例として、新薬の開発と売上の例が示され、日米で差が開くばかりの現状が示された。次に、東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科・研究科長の藤村教授から、“Necessity of Scientific Research in Private Entity”と題する講演が行われ、ナノインプリントの研究論文3322件の著者の構成を調査し、重要なイノベーションがアカデミアと企業の共同研究で成し遂げられている傾向があることが示され、さらに著者の多様性の影響がはっきりとあることがわかったことが報告された。さらに、在日スイス大使館科学技術部長Frey 博士から“Innovation in Switzerland: International Collaboration and Exchange”の講演があり、ス

イスと日本を比較しながら、スイスでのイノベーション創出について紹介された。多言語・多民族と単一言語・単一民族という正反対の特徴があるものの、国の競争力や政策の観点でスイスと日本には多くの共通点もあり、多くの共同プロジェクトが行われ、さらに発展しようとしていることが紹介された。最後に、Nikon and Essilor International Joint Research Centerの代表取締役社長Bosmans博士より“A Unique Example of Research Partnership Between Two Leading Companies in the Optics Industry”について講演された。日、仏の親会社に持つことが研究に特化した会社のイノベーション創出にどのように影響してきているかが、企業文化、コミュニケーション、教育、多様性などの種々の側面から興味深く議論された。

後半のパネルディスカッションでは、上記の基調講演者に韓国成均館大学のHan教授を加えて、パネルディスカッションを行った。山口教授が司会進行を行い、まずHan教授よりショートプレゼンテーションがなされ、イノベーション創出を進めるための要件と成均館大学における取組が紹介された。その後、日本の先端産業の停滞状況を立て直していくためにはどうしていくべきかをイノベーション創出の観点から議論し、特にグローバル化の状況においては人材、環境の多様性の構築の重要性が確認された。また、産学連携については大学教員のリエゾンなど実際の人材交流が日本では欠如しており改善が必要と考えられることなどが議論された。

前述の産学官連携のほか、融合セッションとして5つのトピカルセッション（パネルディスカッションを含む）が企画された。第1のトピカルセッションは「プラズマバイオ・メディシン」であり、名古屋大学の堀教授による“Challenge to Plasma Medical Science towards the Fourth

Treatment of Cancers”と題した基調講演およびKAIST(Korea Advanced Institute of Science and Technology)のShin教授による招待講演“Cellular Property Regulation for Anti-cancer Treatment by Atmospheric Pressure Plasma”が行われ、活発な議論が交わされた。

第2のトピカルセッションおよび第3のパネルディスカッションは、窒化物半導体による固体照明に関してであった。「固体照明」と題したトピカルセッションでは、東京大学の藤岡教授による基調講演がなされ、プラズマプロセスを用いた窒化物半導体発光素子を中心に様々なデバイスに関する詳細な紹介がなされた。その後、サンディア国立研究所のTsao氏、上智大学の板谷教授、Hanyang大学のShim教授、そしてカリフォルニア大学サンタバーバラ校のWeisbuch教授から、固体照明、蛍光体材料、そして窒化物発光ダイオードの効率と多岐にわたる招待講演がなされた。後半の「固体照明の将来展望」と題したパネルディスカッションでは、名城大学の竹内准教授をモデレータに、LED照明 vs. レーザ照明、と焦点を絞って議論が進められた。まず、Tsao氏によるLED照明とレーザ照明の比較がなされ、LED照明の課題とレーザ照明の可能性が議論された。続いて、Weisbuch教授とShim教授による効率ドループの要因と解決策が議論され、そして、東芝アメリカの小野村氏、藤岡教授、板谷教授によってウエハコストと蛍光体コストに関して議論がなされた。最後に、台湾國立交通大学Lu教授から窒化物半導体面発光レーザが紹介され、その固体照明への可能性が議論された。前半および後半のセッションを通じて、細かな点まで議論が及ばなかったものの、固体照明およびその実現に向けたプロセス技術の全体像および今後の方向性が垣間見え、分野を超えた参加者に対して極めて有益なセッションになった。

第4のトピカルセッションは窒化物パワーデバイスであり、経済産業省商務情報政策局デバイス産業戦略室長の宮崎氏からワイドバンドギャップ半導体パワーデバイスによる省エネ化への期待の話に続いて、Panasonic大塚氏によるGaN on Siを用いた高周波デバイスとパワーデバイスの技術の融合、日立金属の乙木氏によるGaN on GaN ダイオードの話、米国AvogyのIsik氏からGaN on GaN縦型デバイスの話があった。乙木氏はインフルエンザのため、パワーポイントによる自動講演であった。何れもGaNデバイスの最近の進捗を示す優れた成果が紹介されたが、特に縦型大電流デバイスに関する米国の進捗は素晴らしく、GaNパワーデバイスに対する米国の強い取り組みが伺えた。

第5のパネルディスカッションは、「Si、SiC及びGaNを用いたパワーデバイスによるエネルギー問題の解決」と題して議論がなされた。パネリストはPanasonicの大塚氏、AvogyのIsik氏に加え、ロームの中村氏、及び豊田中研の加地氏である。モデレータは福井大学の葛原教授である。それぞれのパネリストから、会社の研究開発戦略が紹介された。ロームの中村氏はSiCデバイスの実用化の現状、豊田中研の加地氏からは自動車用GaN縦型デバイスの研究の現状の紹介があった。その後、未だ定義のはっきりしない絶縁破壊電圧の定義についてモデレータから質問があり、顧客の立場からの定義、及びリーク電流を基にした定義という二つの概念がそれぞれのパネリストから説明された。次に現状の最大の問題点について質問があり、コスト、回路における周辺素子などの紹介があった。GaN on Siの開発は進んでいるものの、特に縦型デバイスに関しては米国での開発スピードに対して遅れており、早急の対策が必要であるとの印象を受けた。

最後に、プラズマ科学、窒化物半導体ならびに

ナノ材料のそれぞれの分野における Award 受賞者が発表された。各分野の受賞者は以下の通りである。

Best Presentation Award (Oral)

- Plasma Science

K. Urabe, The University of Tokyo

- Nitride Semiconductors

C.-H. Lin, NTT Basic Research Laboratories

- Nanomaterials

Y.-C. Chen, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

Best Presentation Award (Poster)

- Plasma Science

K. Egashira, Nagoya University

- Nitride Semiconductors

A. Terano, Hitachi, LTD

- Nanomaterials

H. Hayashi, Nagoya University

国内会議報告

第7回プラズマエレクトロニクスインキュベーションホール

佐賀大学 三沢 達也

平成25年9月25日から27日の日程で、国立青少年交流の家（静岡県御殿場）において、第7回プラズマエレクトロニクスインキュベーションホールを開催しました。本会はプラズマエレクトロニクス分野の初学者（学生・若手研究者・社会人技術者）対象として、プラズマの理解を深めて頂くための講習会です。参加者は65名（内受講者52名）でした。今回は、5名の講師の先生方に御講演頂き、プラズマの基礎から応用を網羅する各分野のプラズマエレクトロニクス研究の最前線について、講座を開講しました。以下は、開講した講座と講師の先生方です。

【特別講座】「低圧から高圧までのマイクロ波放電の応用と今後の展開」神藤 正士 先生（静岡大学名誉教授・静岡大学電子工学研究所客員教授）

【専門講座】①「プラズマ生成・制御」 朽久保 文嘉 先生（首都大学東京）②「プラズマ診断計測」 赤塚 洋 先生（東京工業大学）③「プラズマCVDの基礎」 古閑 一憲 先生（九州大学）④「プラズマエッチング」 江利口 浩二 先生（京都大学）

近年、本インキュベーションホールでは、予定定員に近い人数の受講者の方に御参加頂いており、今回も大変活況のある会となりました。また、会期中に開催されましたウォークラリー、ポスターセッションおよび懇親会を通じて、受講者同士に加えて講師の方々、スタッフと活発な交流が図られました。受講者から頂きましたアンケート結果から、概ね好評の回答をいただきました。事情により、昨年までの7コマから、5コマの講義数になり、時間が余ってしまった様に思われます。プログラム編成の検討が必要かと考えられます。

今後、本インキュベーションの受講者からプラズマ研究を切り拓く研究者が輩出されることを期待致します。天候にも恵まれ、富士山麓の過ごしやすい気候の中、無事に開催することが出来ました。本企画の運営、開催にあたり、ご協力頂きました講師の先生方、参加者を派遣頂きました各研究機関および企業の皆様に厚く御礼申し上げます。

最後に、優秀ポスター賞を受賞された受講者を記載致します。おめでとうございます。

優秀ポスター賞：鈴木弘朗さん（東北大学）、西尾祐亮さん（京都大学）

【担当幹事（敬称略）】：

校長：豊田浩孝（名古屋大学）

幹事：明石治朗（防衛大学校）、石川健治（名古屋大学）、石川善恵（産業技術総合研究所）、鷹尾祥典（京都大学）、前田賢治（㈱日立製作所）、本村大成（産業技術総合研究所）、吉木宏之（鶴岡工業高等専門学校）、三沢達也（佐賀大学）



集合写真

（2日目朝は曇天に。3日目は初秋の富士が拝めました。）

国内会議報告

第15回プラズマ新領域研究会/電気学会プラズマ研究会 「ダイヤモンドおよびグラフェン関連物質のプラズマプロセッシング と先進応用」

九州大学 堤井 君元

平成25年11月22日、名城大学名駅サテライト多目的室にて、第15回プラズマ新領域研究会「ダイヤモンドおよびグラフェン関連物質のプラズマプロセッシングと先進応用」を、電気学会プラズマ研究会と合同で開催しました[1]。電気学会プラズマ研究会は、同会場にて11月21～23日の間、開催されており、22日当日は両学会と外部からの参加を含め、合計40名（国内39名、国外1名）の参加者が得られました。

ダイヤモンドの合成には、主としてプラズマが用いられてきたのに対し、グラフェンの合成には、熱CVDなどの比較的穏やかな手法が好ましいと考えられており、プラズマの利用は限られています。また近年、グラフェンとの性質の類似性から、一際注目を浴びている窒化ホウ素も取り上げました。本研究会では、国内の第一線で活躍する6名の方々に講師としてお招きし、これらの材料のプラズマプロセッシングと先進応用について、幅広い観点で議論する場を設けました。

プログラム：

13:00-13:40 平松 美根男（名城大学）

「プラズマを用いたグラフェンのCVD」

13:40-14:20 金 載浩（産業技術総合研究所）

「表面波励起プラズマCVDによるカーボンナノ材料（ナノクリスタルダイヤモンドとグラフェン）の合成」

14:35-15:15 渡邊 賢司、谷口 尚（物質・材料研究機構）

「高圧合成法による高純度窒化ホウ素単結晶研究の現状と新しい応用展開」

15:15-15:55 吾郷 浩樹（九州大学）

「CVDによる高品質グラフェンの成長とその展開」

16:10-16:50 野瀬 健二、光田 好孝（東京大学）

「炭素系薄膜材料のプラズマプロセッシング」

16:50-17:30 加藤 喜峰、堤井 君元（九州大学）

「ナノダイヤモンド膜のプラズマCVD合成と電気電子応用」

平松氏には、各種プラズマを用いたカーボンナノウォールとグラフェンの合成および応用について、ご講演頂きました。金氏には、表面波プラズマを用いたグラフェンとナノ結晶ダイヤモンドの合成について、ご講演頂きました。渡邊氏には、高圧法とプラズマを用いた窒化ホウ素の合成と光物性について、ご講演頂きました。吾郷氏には、熱CVDを用いたグラフェンの合成と電子応用について、ご講演頂きました。野瀬氏には、各種プラズマを用いたダイヤモンド、DLC、窒化ホウ素の合成について、ご講演頂きました。加藤氏には、マイクロ波プラズマを用いたナノ結晶ダイヤモンドの合成と電子応用について、ご講演頂きました。

本研究会では、幅広い観点で活発な議論を行うことができ、大変有意義な研究会となりました。ご多忙の中、ご講演いただいた講師の方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

[1] 平松、金、渡邊、谷口、吾郷、野瀬、光田、加藤、堤井；電気学会研究会資料，PST-13-129 (2013), pp. 21-26.

国内会議報告

第 16 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会 「無機・有機ナノ構造体の作製・制御とデバイスへの応用に関する研究会」(豊 橋技術科学大学—高専連携教育研究プロジェクト研究会 「グラフェンを用いた電子デバイス開発における基礎的検討」との合同開催)

鶴岡工業高等専門学校 吉木 宏之 (担当幹事)

2013 年 12 月 13 日 (金) の 13 時より神戸市西区学園都市駅ビル内にある大学利用施設 UNITY (ユニティ) において、第 16 回応用物理学会・プラズマエレクトロニクス分科会・新領域研究会が H25 豊橋技術科学大学—高専連携教育研究プロジェクト研究会 (代表者: 須田善行) との共同主催により開催された。

本研究会は、プラズマプロセスのみならずウェットプロセスも含めたナノ構造体の作製・制御技術と、電子デバイスやナノ複合材料作製への応用研究に触れて、若い研究者 (特に高専教員や学生) が新しい融合研究にチャレンジする動機づけとなることを期待して企画された。

当日の「講演プログラム」は次の通りである。【敬称略】
開会の挨拶: 吉木宏之 (鶴岡高専)

【前半】座長 須田善行 (豊橋技術科学大学)

- (1) プラズマを用いた IV 族半導体ナノ粒子膜の堆積とそのデバイス応用: 内田儀一郎 (大阪大学)
- (2) 粉体をターゲットとしたプラズマプロセスによる薄膜機構の解明: 川崎仁晴 (佐世保高専)
- (3) 静電相互作用によるナノアセンブリ技術の確立と新規複合材料の創製: 武藤浩行 (豊橋技術科学大学)

【後半】座長 市川和典 (神戸市立高専)

- (4) 気液界面プラズマ合成ナノバイオ炭素複合物質のデバイス応用: 金子俊郎, 高橋祥平, 青山智成, 加藤俊顕 (東北大学)
- (5) 透過電子顕微鏡と画像処理によるナノカーボン材料の組織・構造の解析: 押田京一 (長野高専)
- (6) 「固体-バイオ」表面を舞台とするナノ構造作製 (ActiveBio 場): 山下一郎 (奈良先端大学院大学)

閉会の挨拶: 吉木宏之 (鶴岡高専)

最初に、大阪大学の内田儀一郎先生からマルチホロー放電プラズマ CVD 法を用いた Si ナノ粒子膜の作製と、その太陽電池への応用に関する講演が行われた。この研究は、九州大学の白谷先生のグループとの共同研究である。マルチホロー放電

SiH₄/H₂ プラズマで Si ナノ粒子を生成してガス流により下流へと輸送すると同時に、別のマルチホロー放電により CH₄ または N₂ プラズマを生成して、基板輸送中に気相中で Si ナノ粒子の表面修飾を行い基板上にナノ粒子薄膜を堆積させるものである。窒化 Si ナノ粒子膜の光導電率の測定では $2E_g$ (E_g : ナノ粒子の光学的バンドギャップ) に相当する 300 nm 近傍で導電率が大きく上昇しており、2 個以上のキャリア生成が可能な多重励起子生成 (MEG) 現象の可能性が示唆された。さらに、Si ナノ粒子膜を用いた Si/PEDOT:PSS ヘテロ接合太陽電池に関しても報告があり、2.8% の光電変換効率と、入射光 430-500 nm の範囲で 80% を超える高い外部量子効率が得られている。

次に、佐世保高専の川崎仁晴先生から Ti 系粉体をターゲットとしたスパッタリング法の開発に関して講演が行われた。一般に、スパッタリング法では固体ターゲットが用いられているが、磁性膜や多元素薄膜の作製には固体ターゲットの調製が困難な場合がある。これを克服する目的で粉体ターゲットが考案された。講演では粉体ターゲットと従来の固体ターゲットを用いた場合でのプラズマパラメーターの投入電力、動作ガス圧力、また粉体の粒径 (1.8 - 500 μm) 依存性の報告がなされた。電子温度は粉体、固体ターゲットでほぼ同じであるのに対して、電子密度は粉体ターゲットの方が 2~5 倍高いことが示された。また、粒径が 10 μm より小さい粉体の場合は固体ターゲットに比べて電子密度が 1/2 以下となり、かつ粉体が容器内に拡散していることが示された。

次に、豊橋技術科学大学の武藤浩行先生から高分子電解質 (ポリアニオン、ポリカチオン) 水溶液を用いて微粒子の表面電荷を制御することによる集積複合粒子の作製に関する講演が行われた。ナノ添加粒子をマトリックス中に均一分散させて複合材料を作製したい時、機械的手法では微細構造制御は不可能である。そこで、マトリックス粒

子、添加微粒子を高分子電解質に浸漬して、片方を正、他方を負に帯電させることで静電相互作用（静電吸着）によりマトリックス粒子表面に添加粒子を吸着させた集積複合粒子が得られる。正・負帯電量は電位により制御が可能となる。直径 $15\mu\text{m}$ のシリカ粒子に $1\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ のシリカ粒子を複合化した結果が示された（図1）。これらの静電吸着手法はウェットプロセスで行われているが、プラズマ気相中の微粒子の帯電過程を制御することでドライプロセス中でも同様の制御が可能になると期待される。

後半は、東北大学の金子俊郎先生から液体と接触したプラズマ（気液界面プラズマ）を用いたナノカーボン物質とナノ粒子、DNA との複合ナノ構造体の作製・制御とそれらの電子デバイスへの応用に関して講演が行われた。減圧状態でも蒸発しないイオン液体に CNT を分散させてプラズマを照射することで、イオン液体の解離で生じる官能基で CNT を修飾した後、金塩化合物を溶解させて CNT 表面に金ナノ粒子を選択的に合成する。この様にして作製した CNT - 金ナノ粒子複合物質が赤外光（ 1300nm ）を活用する太陽電池として有効であることが示された。また、電解質プラズマを利用して DNA を内包した SWNT を創製して FET のチャンネルに応用した例が示された。 $I_{\text{DS}} - V_G$ 特性から、シトシンを内包した SWNT では p 型、グアニンを内包した SWNT では n 型半導体の特性が得られた。また、この FET は 10K 程度の低温で量子効果を発現することが報告された。

次に、長野高専の押田京一先生から高分解能透過電子顕微鏡（HRTEM）、三次元透過電子顕微鏡（3D-TEM）と画像解析技術を組み合わせることで顕微鏡観察を定量化する内容の講演が行われた。この研究は、信州大学の遠藤守信先生および豊橋技術科学大学の須田善行先生のグループとの共同研究である。信州大学との研究では、多極子によるレンズ補正技術を使った Cs コレクタを 2 重に搭載した HRTEM を用いて 80kV の加速電圧で 0.1 nm 程度の分解能を得ることで、カップスタック型カーボンナノチューブ（CSCNT）に担持された Pt 粒子の位置を特定している。また、豊橋技術科学大学との研究では、3D-TEM と画像解析技術を駆使して CSCNT の担持 Pt 粒子数の空間分布を定量化した結果が示された。

最後に、奈良先端大学院大学の山下一郎先生からバイオ分子（タンパク質）と無機材料表面の相互作用を制御するナノ空間（ActiveBio 場）に於けるナノ構造作製プロセスに関する講演が行われた。

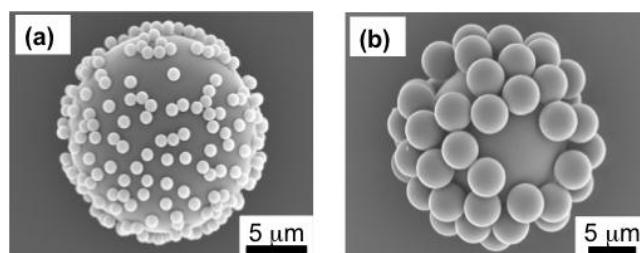


図1 静電吸着で作製されたシリカ複合微粒子

ActiveBio 場（図2）を活用することでバイオ分子表面でのナノ粒子やナノ構造体の作製、それらのフローティングゲートメモリ、単電子トランジスタ、量子太陽電池、ReRAM 等への応用に関する事例が示された。山下先生はパナソニック㈱でバイオナノプロセスによるナノデバイス作製研究を長年主導して来られた先生で、融合研究の重要性を指摘され、さらに環境アイランド（Green Float）等の環境・エネルギー問題にまで言及されたアグレッシブな講演であった。

研究会の参加者は、豊橋技術科学大学一高専連携教育研究プロジェクト研究会構成員の教員、学生が多数を占めていたが、近隣の大手企業からの参加者もあり総勢 19 名であった。研究会の企画、研究ネットワーク作り、アナウンスや根回し等が不慣れだった為に参加者が少なかった点は残念であったが、当日は各講演に対して活発な質疑応答が行われ、参加者からは「興味深い話を聞いた。」「面白い研究会であった。」といった感想も聞くことができた。

最後に、プラズマエレクトロニクス新領域研究会との共催を快諾くださり、プログラムの編成や、会場の設営に協力頂いた豊橋技術科学大学の須田善行先生、神戸市立高専の市川和典先生、また本研究会の企画・運営に関して多くのご助言を頂いたプラズマエレクトロニクス分科会副幹事長の名古屋大学・豊田浩孝先生に深く感謝致します。

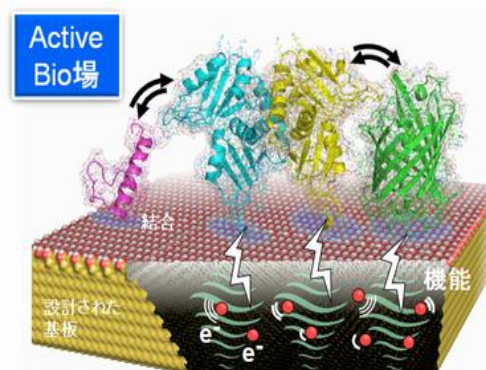


図2 無機材料固体 - バイオ分子が融合された ActiveBio 場

国内会議報告

第 17 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会 「宇宙プラズマ推進と半導体ミニマルファブ用プラズマ源の接点」 — 小型プラズマ源の新展開 — (第 15 回プラズマ技術研究会 講演会 第 5 回ミニマル 3DIC ファブ開発研究会 講演会 第 6 回ミニマルファブ用プラズマプロセス開発 WG 会議 講演会 産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」との共催)

横浜国立大学 鷹尾 祥典

平成 26 年 3 月 10 日（月）の 13 時より、リファレンス駅東ビル（福岡市）にて、第 17 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会が産総研コンソーシアムとの共催により開催された。

ここ数年、半導体製造における無駄を大幅に改善するため、最小の製造単位を持つ半導体集積回路工場を作る国家プロジェクト：ミニマルファブ構想が、産総研コンソーシアム「ファブシステム研究会」を中心に加速している。しかしながら、各要素技術の具体的な開発が進んでいる中で、肝心のプラズマプロセス開発が、装置のサイズ、電力等の制約上、少し遅れている模様である[1]。

一方、小惑星探査機「はやぶさ」に搭載されたイオンエンジンは、サイズ、電力ともに極めて大きな制約のもと、2003 年から 2010 年に渡る期間において、宇宙空間でトータル約 4 万時間の稼働に成功し、60 億 km にもおよぶ地球～小惑星間往復深宇宙航海ミッションを完遂している[2]。

プラズマプロセスと宇宙プラズマ推進はいずれも同様なプラズマ源を利用しているが、そこには共通点と相違点が存在する。本研究会においては、それらを浮き彫りにすることで、双方の分野に発展をもたらすことを目的に、宇宙プラズマ推進側から 3 名、ミニマルファブ側から 2 名の講師をお

招きし、貴重な講演をいただいた。研究会当日は、普段はあまり同じ空間を共有することのない宇宙プラズマ推進と半導体プラズマプロセス双方の関係者から総勢 48 名の参加者があり、小規模な研究会ながらも活発な議論が行われた。

最初に、JAXA 宇宙科学研究所教授／「はやぶさ 2」プロジェクトマネージャーの國中均先生から「小惑星探査機『はやぶさ』搭載イオンエンジン $\mu 10$ 」と題した講演が行われた。イオンエンジン $\mu 10$ は、マイクロ波放電式の無電極プラズマ生成を利用しているため、電極損耗による寿命限界を一掃している点に特徴がある。ホローカソードを電極に用いる米国方式とはこの点で技術的に一線を画している。講演では、開発当初は 1 万 V 以上のイオン生成コストだったものが、最終的には 200 V 程度まで下げることに成功した経緯や、プラズマ中のマイクロ波電磁界をなるべく乱さない、レーザー吸収分光法や EO プローブ等の診断技術について紹介があった。また、「はやぶさ 2」のミッション概要（2014 年 12 月打上予定）の紹介も行われ、観測対象を望遠鏡ではなく現地で観測することで、更に、サンプルを持ち帰ることで初めて分かることの科学的意義についても示された。

次に、東京大学准教授の小泉宏之先生から

「50-kg 衛星用小型イオンスラスタとサブコンポーネント開発」と題した講演が行われた。近年盛んになっている小型衛星の開発においては、ほとんどが推進機を持たず軌道制御ができない状況である。講演においては、先端研究開発支援プログラムにより開発が進められている 50-kg 級超小型衛星「ほどよし 4 号機」(2014 年夏打上予定)に搭載されるイオンスラスタを対象に、コンパクトに収まった推進剤ガス供給系、高電圧・マイクロ波等電力変換系、制御系等のシステム全般について詳しい説明がなされた。また、長寿命、軽量、高エネルギー効率、熱特性といった宇宙機に求められる性能や、各種地上試験の紹介が行われた。

宇宙プラズマ推進側の最後として、九州大学准教授の山本直嗣先生より「超小型衛星搭載用小型イオン/ホールスラスタ」という題目で講演が行われた。「はやぶさ」の中和器をイオン源として使うことで小型のイオンスラスタを開発した経緯から始まり、50 W 未満で 2 mA/cm² 程度の性能を持つイオンビーム源としての紹介も行われた。後半では、イオンスラスタよりも推力密度、推力電力比が大きく、現在最も注目されているホールスラスタに関する説明が行われた。また、イオン源として、薄膜コーティング・緻密化、アッシングやアシスト源として、一般産業用途としての応用例が示された。

続いて、ミニマルファブ側の講演として、長崎大学教授の藤山寛先生から「高効率高密度 ECR 系プラズマの磁束密度と磁場配位の効果」と題する講演が行われた。ECR「系」と題されているように、共鳴的加速で得られる高い運動エネルギー、および、共鳴的閉じ込めによる放電領域内での電子の補足という両方の特徴をバランス良く持っている準共鳴 ECR プラズマに関する詳しい説明が行われ、それを達成する最適な磁場配置例が示された。また、ミニマルファブの背景を下に、電力

を上げられない制約から低電力で高効率であること、また、基板ダメージを抑える観点から、極力熱の発生を抑えるプラズマ源の重要性についても説明された。

最後に、産総研九州センターの本村大成氏から「ミニマルファブ用 TSV エッチング装置の開発」と題して講演が行われた。本講演は東北大学との共同研究となっており、低ガス圧でも高密度プラズマが得られるヘリコンプラズマ源を利用したエッチング装置の開発状況について報告がなされた。高速エッチングを行うためには、ラジカル総量の増加が必要となるが、その手段として、プラズマの高密度化およびガス供給総量の増加を図ることで、物理エッチングとしては驚異的な最大 5 μm/min というエッチング速度の例が示された。

議論の中で印象的だったのは、お互い同じプラズマ源を利用していても、視点の違いは大きいということであった。宇宙プラズマ推進では宇宙空間が真空装置そのものであるため、運用上は真空排気系に気を使う必要がない。一方、プロセスではガス流量コントロールは肝要なパラメータの一つである。双方の視点の相違を認識することができた点では良い機会になったのではと思う。

最後になりましたが、新領域研究会との共催にご快諾いただいた産業技術総合研究所の上杉文彦様、そして、講演だけでなくこの共催に際して間を取り持っていただいた長崎大学の藤山寛先生、また、講演会場や懇親会をご準備・運営いただいた産総研・プラズマ技術研究会事務局の猿渡新水様に深謝いたします。

参考文献

- [1] 藤山寛; プラズマエレクトロニクス分科会会報, No.58, (2013), 3.
- [2] H. Kuninaka; Proc. 32nd Int. Electric Propulsion Conf., 2011, IEPC-2011-328.

シリコンテクノロジー研究会 「微細加工プロセスの最前線 (DPS , AVS 特集)」

東京大学 一木 隆範

去る 2014 年 2 月 14 日 (金)、応用物理学会シリコンテクノロジー分科会が主催し、プラズマエレクトロニクス分科会が協賛する表題の研究集会が東京大学工学部 9 号館大会議室にて開催されました。この研究会では、例年、秋に開催されるプラズマプロセス、ドライエッチング技術に関する主要な国際学会である米国真空学会 (AVS)、ドライプロセス国際シンポジウム (DPS) 等で発表された論文の中から、注目の論文をセレクトし、日本語で講演いただいています。

デバイスプロセスの最新の研究開発の情報・動向をまとめて掴むことのできる絶好の機会となっており、参加者にデバイスメーカー、製造装置メーカーの技術者、研究者が多いことも特徴的です。当日は、関東甲信地方で大雪警報が発表され、参加者が集まるか心配されましたが、30 名を超える参加者で大いに盛り上がりました。国際会議よりも少し長めの講演時間と余裕をもった質疑時間が設けられているため、講師の方々からはプラス α の解説や学会では出てこないデータも示していただき (小規模研究会の醍醐味です)、参加者からの質疑も活発に行われました。

【講演リスト】(敬称略)

■超微細マスク形成

本田昌伸 (東エレ宮城) 「プラズマキュア技術と新レジスト材料による LER/LWR 改善」

今村 翼 (東芝) 「自己組織化(DSA)リソグラフィ向け PMMA 高選択ドライエッチング」

小藤直行 (日立製作所) 「Line-edge-roughness が Wiggling に及ぼす影響」

■Fin FET の加工

江利口浩二 (京大) 「Fin 型トランジスタ加工におけるプラズマ誘起 Si 基板ダメージ形成モデル」

松井 都 (日立製作所) 「パルスマイクロ波プラズマを用いたゲートエッチングの表面解析」

■難エッチ材の加工

木下啓蔵 (東北大) 「スピントロニクスデバイスのエッチングとプロセス誘起ダメージ」

西村栄一 (東エレ宮城) 「STTRAM 加工技術の現状と課題」

夕方過ぎには、根津界限も雪景色に変わり始めましたが、研究会終了後の懇親会まで大いに盛り上がりました。また来年も 2 月に、中身の濃い研究会を企画する予定です。多くの方々のご参加をお待ちしております。



写真. 研究会の様子 (木下啓蔵氏撮影)

国内会議報告

2014 年第 61 回応用物理学会春季学術講演会 第 12 回分科会内招待講演報告

東京エレクトロン株式会社 松隈 正明

第 61 回応用物理学会春季学術講演会の第 2 日目にあたる 3 月 18 日(火)の 10 時から分科会企画の招待講演が行われた。第 12 回目にあたる本招待講演では東海大学進藤春雄先生と京都大学斧高一先生をお招きしてご講演頂いた。

新しいプラズマ源と診断法の研究

東海大学 進藤春雄先生

半導体プロセスへのプラズマ応用の歴史を振り返られ、プラズマ源として CCP→ICP、ECR、SWP、VHF→大面積化、ラダーMICP→大気圧 DBD の流れが紹介された。こうした動向はプロセスプラズマ源として①高密度低温、②大面積化、③大気圧非平衡という要請に答える形で醸成され現在も続いている。進藤先生が開発された 2 つのプラズマ源と新しいプラズマ診断法についてご講演された。大規模直線型マイクロ波プラズマ源について、均一なプラズマ分布を達成するにはパワー吸収分布を均一することが本質的であるとの考えに基づき、マイクロ波矩形導波管内の長波長特性を利用して長さ方向に様な電力放射を実現することで大規模直線型プラズマを生成する方法が紹介された。低圧の場合(200mTorr、Ar プラズマ)では長さ 2m で不均一性 4%、電子密度 $7 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 、大気圧の場合(Ar プラズマ)では長さ 27.5cm の均一なプラズマ生成に成功されたとのこと。表面波アフターグローによる低温高密度プラズマ源について。誘電体放電管表面に励起された表面波プラズマにおいて、誘電体表面とプラズマ界面の電磁波伝搬は放電管の誘電率と周波数

で決まるカットオフ密度をもつ。このカットオフ近傍で低温アフターグローの形成を期待し VHF 帯で酸素アフターグロープラズマの励起を試みたところ 20mTorr の時はフラットだった電子温度分布が 60mTorr では径方向に向かって急激に減少する事を確認された。今後は高誘電率放電管を用いるなど改良を加えた上で新しいプラズマ源としての活用が期待されとのこと。浮遊型プローブによるプラズマ診断装置についてのご講演では表面波アフターグロープラズマのように従来のプローブ診断法が適用できない新しいプラズマに対する診断法として検討されているとのこと。エミッシブプローブ法を拡張し、浮遊電位を測定するが、浮遊電位を測定対象とすることから電氣的に浮いている各種プロセスプラズマへも適用可能。ご講演後の質疑応答でマイクロ波プラズマの魅力を尋ねられ、完全に制御することが出来たら他のプラズマ源では実現できないバリエーションに富んだプロセスへ適用できる可能性があるところにご回答されていたところに進藤先生のマイクロ波プラズマに対する並々ならぬ情熱を感じた。



プラズマ微細加工プロセスのモデリングと体系化：シリコンからメタル・高誘電体材料まで

京都大学 斧高一先生

斧先生は三菱電機に在籍されていた時から京都大学に移られた現在までプラズマエッチングプロセスを対象とした形状シミュレーションに取り組まれてこられた。本講演では主に臭素系プラズマを用いた Si エッチングプロセスの形状シミュレーションに関する研究についてご紹介された。形状シミュレータ内の計算スキームは単純化すると 1) パターン内での粒子輸送、2) 表面反応、3) 形状の時間進展に分けられる。それぞれの計算モデルは連続体モデルと Monte Carlo モデルに大別される。三菱電機時代は String モデルを使われていたが京都大学に移ってからは独自の原子スケールセルモデル(Atomic Scale Cell Model ASCeM)に基づいた 2D・3D の形状シミュレーションを開発された。これは微細化の進展とともにナノスケールの形状進展を String モデルで表現するのが困難になったためとのこと。ASCeM の特徴はセルモデルとしての一セルサイズが非常に小さく、1 原子/1 セル程度となっている点と、入射イオンの表面反射・侵入をイオンと表面数層の原子間相互作用に 2 体ポテンシャルを適用して計算している点に有る。ASCeM を用いることで CD ロス/ゲイン、マイクロレンチ、形状のアスペクト比依存性、鋭い残渣、周期的リップル構造を含む表面ラフネスを表現することが出来た。最近のご研究ではラフネスのイオンエネルギー依存性に関して実験を再現する為にバイプロダクトがプラズマで電離されたイオンが再入社される現象に注目されているとのこと。3D の形状シミュレーションではイオンの入射角・入射エネルギーに応じて、入射方向と平衡な方向の筋状ラフネスから垂直な方向の縞模様状ラフネスへの変化、ドースに応じて縞状ラフネスが動く様子が示された。小職も半導体装置メーカーの中で同じようなシミュレーションに携わっており、

大変興味深くご講演を拝聴した。



末筆ながらご講演いただきました進藤先生、斧先生、そして本招待講演にお集まり頂きました方々にあらためて深く感謝致します。

国内会議報告

2014 年第 61 回応用物理学会春季学術講演会 海外研究者招待講演報告

九州大学 古閑 一憲

第 61 回応用物理学会春季学術講演会において、大会 2 日目にあたる平成 26 年 3 月 18 日(火)、プラズマエレクトロニクス分科会企画の海外研究者招待講演が行われました。第 1 回の Alexander Fridman 先生から数えて第 6 回目にあたる今回は、フランス Orleans 大学の Laifa Boufendi 先生を迎えて”Dusty plasmas in applications”というタイトルで講演して頂きました。

微粒子プラズマ（又は Dusty Plasmas）は、プラズマ物理だけでなく、応用物理の観点からも重要な研究対象です。例えば、半導体作製プロセスで用いられている反応性プラズマでは、気相反応で微粒子が発生成長して基板へ堆積し、膜質や歩留まりの悪化などを起こすことが知られています。そのため、多くの研究者によって発生機構を解明してこれを抑制する努力が続けられてきました。また最近では、プラズマ中で作製したナノ粒子をナノテクノロジーやライフサイエンスに応用する研究もあり、多くの研究者の興味を引いています。これらの研究に顕著な業績をいくつも上げられている先生が講演することもあり約 80 名の聴衆が集まり、活発な議論が行われました。

講演ではまず、主にシランガスを原料とした低圧反応性プラズマ中におけるナノ粒子の発生と、成長について紹介されました。材料ガスから出発して、ナノメートルサイズまで成長する微粒子についての成長機構を説明されました。成長機構を明らかにする上で、ナノ粒子の計測法が重要ですが、その計測例として電子顕微鏡やレーザー散乱法について紹介されました。なかでも印象的だったのは、



図：講演中の Boufendi 先生。

たのは、レーザー散乱法では検出が難しいサイズが数 nm のナノ粒子の成長と、放電電圧波形の高次ハーモニクスに相関があり、これをモニターすることで、ナノ粒子成長を評価できる事を示された点です。特殊な計測装置のない環境においても簡易に計測可能な方法を開発することは、その研究分野を広く発展させる上で重要だと思います。

講演の後半では、プラズマで作製したナノ粒子の応用例について、シランプラズマ中で作製した結晶シリコンナノ粒子及びナノ粒子が分散したシリコン薄膜の太陽電池への応用などが紹介されました。また、ナノ粒子を用いる際、ナノ粒子の組成や形状によって毒性が表れる可能性があり、健康影響を明らかにすることは重要ですが、微粒子プラズマ研究が毒性評価で重要であるという示唆に富んだお話を頂きました。

Boufendi 先生の講演は、微粒子プラズマの応用が今後も発展していくことを予感させる有意義な講演でした

2014 年第 61 回応用物理学会春季学術講演会 チュートリアル講演

大阪市立大学 白藤 立

応用物理学会では「チュートリアル講演」として最新のトピックスに繋がる基礎的内容の講義を実施している。青山学院大学相模原キャンパスで行われた第 61 回応用物理学会春季学術講演会では、プラズマエレクトロニクス分科会企画として講演会初日となる 2014 年 3 月 17 日 (月) 09:00～12:10 に、東京大学の霜垣幸浩先生をお迎えし、「プラズマプロセス速度論解析の基礎と CVD/ALD への展開」というタイトルでご講演頂き、60 名を超える参加者を集める盛況なチュートリアル講演となった。学科長という超多忙の中にも関わらず、非常にわかりやすく解説されている資料もご準備して頂いた。

講義の前半では、「CVD/ALD 法の基礎知識と応用用途」と題して、薄膜の種類と応用、ウェットプロセスとドライプロセスの比較、PVD 法と CVD/ALD 法の長所と短所、CVD/ALD 法の活用事例を紹介された。

LB 膜で有名な Langmuir とその女性の弟子である Brodget の逸話なども交えて、初学者でもわかりやすいように平易に解説された。

後半では、「CVD/ALD 薄膜形成の速度論入門～成膜速度の温度・濃度依存性～」と題して、反応速度論の基礎、CVD 成膜速度の温度依存性、反応律速と拡散律速、CVD 成膜速度の濃度依存性、表面反応機構について講義をされた。

化学工学分野のご出身ということもあり、反応速度論については熱く語っておられた。特に、極めて多数の反応が介在するプラズマプロセスを「えいや」と大胆に一つの反応で代表させてしまう、という考え方は、個人的にも興味深く聴かせて頂いた。

ALD の講義では、ホットワイヤー ALD による Ni 薄膜の成膜に関して具体的な紹介をされた。Ni の原料は選択肢があまり無く、強力な還元剤に関

与させることができれば、メタロセン有機金属である $\text{Ni}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ が安全面においても原料として有効であることが説明された。還元剤としては、 NH_2 が有効であることが説明され、残念ながらプラズマではないが、ホットワイヤーによる NH_3 の分解を利用されていた。良好なステップカバレッジをえるための条件は、後半で述べられた反応速度論を駆使したシミュレーションによって説明された。そこでは、後半で紹介された「大胆に反応メカニズムを簡素化」しても、きちっと実験結果を再現できることが示された。

本講義を終えられるに当たり、霜垣先生がチェアを担当され、6 月 15 日～18 日に京都で開催される国際会議 ALD2014 の紹介がなされた。近年講演件数がうなぎ登りとのことで、多数の方が ALD に関心を持っていると言える。「ちまちまと重ね塗りする ALD はスループットが低い」という認識は既に過去のものであり、ロールツーロール装置に組み込まれた高スループットの ALD がこれからの成膜産業を牽引するのであろう、と感じさせられる講習会であった。



写真 1. ダイナミックに講義される霜垣先生と多数の参加者に恵まれた会場の様子 (写真提供：大阪大学北野勝久先生)。

2014 年春季応用物理学会学術講演会シンポジウム

「21 世紀グラフェン産業を支えるプラズマプロセスの現状と展望」

産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門 金 載浩

プラズマエレクトロニクス分科会企画で、標記シンポジウムが 3 月 18 日に青山学院大学に於いて開催された。近年、カーボンナノ材料の一つであるグラフェンはその驚異的物性が明らかになり 21 世紀産業の根幹材料として注目されている。期待されている応用として透明電極、フレキシブルなトランジスター、高周波トランジスター、ウルトラキャパシタ、高速充電式リチウムイオン電池、水素貯蔵電池、化学・バイオセンサー等が挙げられる。グラフェン産業化の実現に向けて、合成方法を始め、グラフェンに最適なプロセス技術の開発が求められている。現在、グラフェンのプロセス技術と関連して世界的な知的財産獲得競争が激しくなっている。ところが、開発された技術は熱プロセスとウェットプロセスを元に行っていることが多く、高熱、複雑な手法、不純物、長いプロセス時間、環境等の問題を残しており、しばらくはこの分野の技術開拓時代が続くと予定される。このような背景で、ドライプロセスであるプラズマプロセスの飛躍が期待されている。そこで、本シンポジウムでは、21 世紀グラフェン産業を支えるプラズマプロセス技術における現状と展望について話題を提供することを目的し、グラフェンの研究を行っている第一線で活躍する研究者による講演が行われた。

本シンポジウムでは、下記に示すプログラムの通り、イントロダクトリートークと 7 件の招待講演者に加え、一般講演投稿者の中から 1 件の講演が行われた。

- (1) イントロダクション 金載浩 (産総研)
- (2) マイクロ波プラズマ CVD によるグラフェンの合成と応用 梅野正義 (中部大)
- (3) グラフェンナノリボンのプラズマ CVD 合成と応用 加藤俊顕 (東北大)
- (4) SiC 上単結晶グラフェンの成長とその物性評価 永瀬雅夫 (徳島大)
- (5) 酸化グラフェン—官能基と欠陥の機能性— 松本泰道 (熊本大)
- (6) RF プラズマによるグラフェンへの窒素ドーピング 斉木幸一朗 (東大)
- (7) プラズマプロセスによるグラファイト被覆金属ナノ微粒子の表面修飾 永津雅章 (静岡大)
- (8) 液中プラズマで合成したナノグラフェンを用いた燃料電池用電極の安定性 天野智貴 (名大、一般講演)
- (9) グラフェンプラットフォームの戦略 ～グラフェン産業化への現状と展望～ 長谷川正治 (グラフェンプラットフォーム(株))

始めに、金載浩氏により本シンポジウムの企画趣旨が紹介された。

次に梅野正義氏によりマイクロ波プラズマ CVD によるグラフェン合成技術が紹介された。炭素原料としてショウノウ (カンファ; $C_{10}H_{16}O$) を用いて成膜が良いになった、また、プラズマ CVD 中にレーザー光照射をすることにより低温成長と高品質グラフェンを得た実験成果が紹介された。

加藤俊顕氏により、プラズマ技術とナノバー型 Ni の触媒を用いてグラフェンナノリボンを析出合成する研究について講演があった。この手法を用いてグラフェンナノリボンを基板上に直接所望の配位で合成することも成功しており、さらに、高性能半導体デバイスへ応用し動作を実証している。次世代大規模集積回路実現に向け大きな期待が寄せられていることが示された。

永瀬雅夫氏により、SiC 熱分解法を用いてグラフェンをエピタキシャル成長する研究が紹介された。SiC 基板を Ar 雰囲気中で 1600℃以上の高温で熱処理することにより単層グラフェンが得られる。また、グラフェンの測定法や応用について紹介があった。

松本泰道氏から酸化グラフェン (GO) の官能基と欠陥の機能性について講演があった。酸化グラフェンは安価な天然グラファイトがそのまま使用でき、実用的な材料として世界中で活発に研究されており、その重要性について話された。講演では、酸化グラフェンの分析、ドーピング、燃料電池やバッテリーへの応用についても紹介があった。酸化グラフェン関連研究について日本の遅れが指摘された。

斉木幸一郎氏により、プラズマによるグラフェンへの窒素ドーピングについて講演があった。プラズマ CVD 法による窒素ドーピンググラフェンの成長様式の研究結果、および HOPG と GO に対する窒素プラズマ処理による窒素ドーピング位置や電子状態変化 について紹介された。

永津雅章氏により、プラズマを用いたグラファイト被覆金属ナノ微粒子の表面修飾について講演

があった。プラズマ表面修飾技術はグラフェンへの適用も期待される。

次に一般講演として天野智貴氏より、液中プラズマを用いたナノグラフェン合成について講演があった。

最後に、長谷川正治氏よりグラフェンプラットフォーム社の戦略とグラフェン産業化への現状・展望について講演があった。グラフェンは新規材料として幅広い分野で応用が検討されており、熱い関心を受けていると話された。グラフェン関連技術の開発及び産業化において日本の遅れが指摘された。

講演会場では、立ち見が出る程盛況でプラズマ分野以外からの聴講者も多く見られ、グラフェンに対する熱い関心を感じることができた。グラフェンの量産と応用を実現するために各種プロセスの開発が求められており、今後、プラズマによる低温ドライプロセス技術の大活躍が期待される。このシンポジウムが新規プラズマプロセス技術創成のきっかけとなって頂ければ幸いである。



会場の様子

国内会議報告

第28回光源物性とその応用研究会報告

岩手大学 向川政治、防衛大学校 明石治朗

照明システム分科会及び公益社団法人 応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会の主催、社団法人 照明学会 光放射応用分科会、社団法人 照明学会計測・標準分科会の共催で開催された。開催場所は神奈川工科大学ITエクステンションセンター3階303室で行われ、21名が参加した。発表件数は7件であり、無水銀H I Dランプの始動性能改善のための放電メカニズム解明、BSO結晶を用いた自己組織化DBDの表面電荷測定の間解能、マイクロギャップ誘電体バリア放電の自己組織化の数値計算と実験の比較、紫外線LEDを用いた照明器具の線光源化・面光源化の検討、HEMSの最近の動向、ECHONET Liteを用いたブラインド制御やサービスプラットフォームの作製など、バラエティーに富んだ発表内容であった。

自動車用無水銀H I Dランプの始動メカニズムに関する報告では、発光管と外管の間に封入するガス（シュラウドガス）の種類や圧力が微放電の生成を引き起こし、これによる発光管外壁の帯電が始動電圧低減に影響を及ぼしていることが報告された。マイクロギャップ放電の誘電体表面電荷測定に関する報告では、異なる厚さのBSO結晶使用時に観測される放電フィラメント像のぼやけについて報告された。また、同放電の数値計算では、フィラメントの六角配列の生成の反応拡散方程式による計算と、バリア容量と圧力による格子定数の制御について報告された。紫外線LEDに関する報告では、点光源であるLEDを用いた蛍光灯型照明の開発と発光強度に対する蛍光体の幾何形状の最適化について報告された。5件目以降はHEMS (Home Energy Management System)に関する報告であり、通信規格ECHONET Liteの標準化に至る経緯、家電や電力システムへの応用、大学での実践教育や、開発事例について報告された。

今回の研究会実施に当って、会場提供・準備等で多大なるご協力をいただいた神奈川工科大学創造工学部の三栖貴行先生と同研究室の学生諸氏、

神奈川工科大学HEMS認証センター長の一色正男先生に謹んで御礼申し上げたい。

第28 回光源物性とその応用研究会 プログラム

LS-13-04・PE-13-01・AR-13-08・OM-13-07 :
自動車用無水銀H I Dランプの始動メカニズムについて

植月唯夫（津山工業高等専門学校）
志藤雅也，津田俊明，小野田幸央
（株式会社小糸製作所）

LS-13-05・PE-13-02・AR-13-09・OM-13-08 :
自己組織化マイクロギャップバリア放電とBSO結晶を用いた表面電荷分布測定の間解能
高橋諒太，藤田直樹，向川政治，高木浩一
（岩手大学）

LS-13-06・PE-13-03・AR-13-10・OM-13-09 :
DBDマイクロプラズマにおける自己組織化の数値計算と六角構造の制御

向川政治，藤原一延，小田桐諒，佐藤友彦，
亀山拓也，高木浩一，藤原民也（岩手大学）

LS-13-07・PE-13-04・AR-13-11・OM-13-10 :
紫外線LEDを用いた蛍光灯型照明器具の検討
安藤夏生，三栖貴行（神奈川工科大学）

LS-13-08・PE-13-05・AR-13-12・OM-13-11 :
HEMSと今後の照明について
一色正男（神奈川工科大学）

LS-13-09・PE-13-06・AR-13-13・OM-13-12 :
ECHONET Liteによる電動ブラインド制御
呉天，篠崎元希，樋口怜央，横山裕平，岡本健司，
一色正男，三栖貴行（神奈川工科大学）

LS-13-10・PE-13-07・AR-13-14・OM-13-13 :
ECHONET Liteサービスプラットフォームの作成
岡本健司，一色正男（神奈川工科大学）

行事案内

15th IUMRS-ICA 2014: D-2 Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies

名古屋大学 石川健治

プラズマプロセス技術はナノ材料の合成、バイオテクノロジーを牽引し、アジアでの近年の産業の進展を下支えし、目を見張るモノがあります。その継続的な発展の為に、産業を支える包括的な科学研究ソサエティーの確立が望まれます。また、新たな分野への挑戦、特に大気圧非平衡プラズマは表面処理や高速材料合成にとって新しい息吹でしょう。米国、欧州ではなくアジアでの開催を重ねて、今回は環境未来都市として知られる福岡にて、第 15 回国際材料研究学会連合ーアジア国際会議 (International Union of Materials Research Societies-The IUMRS International Conference in Asia 2014) において、シンポジウム「D-2: Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies」が開催されます。世界中からプラズマと材料の専門家が参集し、研究者や技術者に分け隔てなく議論を交わし、情報交換し、先進プラズマ技術によるナノ材料の分野を開拓していく気概に富む会議となりますので、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】2014 年 (平成 26 年) 8 月 24 日～28 日

【会場】福岡大学 七隈キャンパス

〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目 19-1

【交通】地下鉄七隈線「福大前」駅

【主催】日本 MRS

【参加費 (プラエレ分科会会員)】

一般 55,000 円 学生 30,000 円 (6 月 25 日まで)

一般 65,000 円 学生 40,000 円 (6 月 25 日以降)

【トピックス】

- Advanced Plasma Processes for Green Nanotechnologies
- Functional Nanomaterials Fabrications and Nanostructure Control
- Plasma Processes for Energy and Environmental Applications
- Plasma Medicine and Bio-Inspired Nano Processes
- Advanced Plasmas & Surface Diagnostics
- Deposition Processes
- Etching Processes
- Simulation and Database

【参考】

http://iumrs-ica2014.org/symposia/symposia_D-2.php

【問い合わせ先】事務局

e-mail: iumrs-ica2014@mrs-j.org

【プログラム (抜粋)】

8/25

10:40 (Plenary) **C.N.R. RAO** (International Centre for Materials Science, India)

Inorganic Graphene Analogues and Related Materials

11:20 (Plenary) **Richard C. FLAGAN** (California Inst. Technol.)

Hazy Skies – The Changing Nature of Particulate Pollution

13:30 (Keynote) **Jeon G. HAN** (Sungkyunkwan Univ.)

Nano crystalline Film Synthesis in Magnetron Sputtering and PECVD

16:00 (Invited) **Yi-Kang PU** (Tsinghua University)

Investigation of Oxidation of Poly-crystalline Aluminum by X-ray Photoelectron Spectroscopy and Electron Energy Loss Spectroscopy

16:30 (Invited) **Alix GICQUEL** (LSPM - CNRS – Univ.)

On the relationships between plasma parameters and

diamond growth

17:00 **(Invited) Hiroki KONDO** (Nagoya University)

Growth mechanism and controlled synthesis of carbon nanomaterials by plasma-enhanced chemical vapor deposition

17:30 **(Invited) Osamu SAKAI** (Kyoto University)

Extraordinary wave media based on plasmas and metamaterials

8/26

9:00 **(Invited) Daisuke NAGAO** (Tohoku University)

Synthesis of highly monodisperse composite particles in wet processes and their self-assembly induced by external fields

9:30 **(Invited) Vladimir SVRCEK** (AIST Tsukuba)

Colloidal silicon-tin nanocrystals based on confined plasmas applied for quantum dots and hybrid solar cells

10:30 **(Plenary) Yasushi MATSUFUJI** (Fukuoka Univ.)

Technology for Landfill Improvement and International Cooperation by Fukuoka Method

11:10 **(Plenary) Atsushi TERAZONO** (National Institute for Environmental Studies)

E-waste Management in Japan and other Asia: Toward the Appropriate Management of Hazardous and Resource Potential

13:30 **(Invited) Takamichi HIRATA** (Tokyo City University)

Cardiac Disease Treatment by Atmospheric Pressure Plasma Inhalation

14:30 **(Invited) Masahiro YOSHIMURA** (National Cheng Kung University)

Formation of Functionalized Graphene Materials by Submerged Liquid Plasma [SLP]

8/27

9:00 **(Invited) Holger KERSTEN** (University of Kiel)

Diagnostics of process plasmas for nanoparticle formation

and structuring

9:30 **(Invited) Kazunori KOGA** (Kyushu University)

Spatiotemporal Analysis of Nanoparticle Growth in Amplitude Modulated Reactive Plasmas for Understanding Interactions between Plasmas and Nanomaterials

10:30 **(Invited) Uros CVELBAR** (Jozef Stefan Institute)

Plasma synthesized nanowires and their conversions

11:00 **(Invited) SangYul LEE** (Korea Aerospace Univ.)

Bimetallic Pt nanoparticles as catalysts for proton exchange membrane fuel cells

8/28

9:00 **(Keynote) Takayuki WATANABE** (Kyushu Univ.)

Innovative Plasma Processing from Fundamental Research of Plasma Generation

10:30 **(Plenary) Masahiro YOSHIMURA** (National Cheng Kung University)

Feature and Future of Soft Processing (Green Processing) for Advanced Inorganic Materials

13:30 **(Invited) Cheng-che HSU** (National Taiwan Univ.)

Development and Application of Microplasma Generation Devices Fabricated on Foldable Substrates

14:00 **(Invited) Dheerawan BOONYAWAN** (Chiang Mai University)

Influence of Oxygen Plasma Species on Shear Bond Strength of Heat-Cured Acrylic Resin to Denture Teeth via HMDS Layer

15:15 **(Invited) Hiroshi FURUTA** (Kochi Univ. Technol.)

Magnetron sputtering deposition of catalyst nano-particles for the growth control of carbon nanotubes

16:30 **(Invited) Hae June LEE** (Pusan National Univ.)

Particle-in-Cell Simulations for the Control of Plasma Uniformity for Dual Frequency Capacitively Coupled Plasmas

行事案内

第 14 回 プラズマ表面工学国際会議 The 14th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2014)

大阪大学接合科学研究所 節原 裕一

本国際会議は、プラズマ-材料相互作用ならびに薄膜工学の基礎から表面改質をはじめとするプラズマプロセスおよびイオン技術の工業的な応用にわたる幅広い分野を包含しており、2年に一度、ドイツの Garmisch-Partenkirchen で開催され、次回で第 14 回目を迎えます。

参加者はこれまで増加の一途をたどっており、前回の 2012 年は世界から 750 名を超える規模で、世界的にも著名な国際会議となっています。

次回の第 14 回プラズマ表面工学国際会議 (PSE2014) は、2014 年 9 月 15 日から 19 日までの 5 日間にわたって、ドイツのガルミッシュ・パルテンキルヘン (Garmisch-Partenkirchen) の Kongress Haus にて開催されます。また、開催初日の前日である 9 月 14 日に、関連するチュートリアルが併設されています。

本国際会議は、これまでと同様に、European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC / PISE) が主催し、Christian Oehr, Stuttgart (GER) を Conference Chairman に迎え、当分科会からは、International Scientific Committee 委員として下名、Advisory Board 委員として堀 勝 先生が関わっています。

オーストリアとの国境にそびえるドイツの最高峰 Zugspitze の麓に位置するバイエルンの街での「たおやかな時の流れ」も魅力的であり、当分科会からも多数の御参加をお待ち申し上げ、ご案内を差し上げます。

会議名 : The 14th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2014)

会期 : 2014 年 9 月 15 日～19 日

(9 月 14 日 : チュートリアル)

会場 : Kongress haus, Garmisch-Partenkirchen, (ドイツ)

会場がある Garmisch-Partenkirchen は、オーストリアとの国境にそびえるドイツの最高峰 Zugspitze の麓に位置し、バイエルンの牧歌的な風景と共に「たおやかな時の流れ」が魅力的な街です。

詳細は本会議の web サイトをご参照下さい。

<http://www.pse-conferences.net/pse2014.html>

Conference Topics

1. Plasma and ion surface engineering

- Advanced plasma and ion source technologies
 - Pulsed plasmas
 - HiPIMS
 - Atmospheric plasma sources
 - Ion implantation / Plasma immersion ion implantation
 - New ion and plasma sources
 - Industrial device technology
- Properties of technological plasmas
- Plasma diagnostics / process control
 - Plasma modelling
 - Plasma-surface interaction

- *Plasma treatment of polymers*
- *Surface cleaning / plasma etching*
- *Ion and laser treatment*

Powders and Plasmas

- *Nanoparticle synthesis*
- *Particle treatment*
- *Functional nanoparticles*

Atmospheric and in-liquid plasmas

2. Deposition technologies

Physical vapor deposition - PVD

- *Magnetron sputtering*
- *Vacuum arc deposition*
- *Plasma-activated evaporation*
- *Atmospheric plasma deposition*

Plasma-enhanced chemical vapor deposition - PECVD

- *Low pressure plasma CVD*
- *Plasma polymerization*
- *Atmospheric pressure plasma CVD*

Plasma diffusion treatment

- *Plasma nitriding / carburizing*
- *Hybrid and duplex processes*

Ion beam deposition

- *Ion beam deposition*
- *Ion beam sputtering*

Coating of special geometries

- *Large area deposition*
- *Coating of inner walls and complex geometries*

Plasma electrolytic oxidation

3. Coatings properties and applications

Nano films

- *Ultrathin films*

- *Multilayer films*

- *Nanocomposite films*

- *Nanostructures and nanoparticles*

Protective and tribological coatings

- *Tribological coatings*
- *Carbon-based films*
- *Corrosion-resistant coatings*
- *Barrier coatings*

Electrical and magnetic coatings

- *Conductive and photocatalytic oxides*
- *Films for photovoltaics*
- *Films with special electrical functions*
- *Films with special magnetic functions*

Optical coatings

Biomedical applications

Bio-functionalization of material surfaces

- *Plasma sterilization and disinfection*
- *Plasma interaction with living tissue/cells*
(plasma medicine)

4. Characterization of films and modified surfaces

- *Structure and composition*
- *Geometrical characterization* (thickness, roughness)
- *Mechanical properties*
- *Internal stresses*
- *Optical properties*
- *Electric and magnetic properties*
- *In-situ diagnostics of coatings*
- *Computer simulation and modelling of structure, stoichiometry and growth*

行事案内

2014 年第 75 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

首都大学東京 朽久保文嘉

■ はじめに

2014 年 9 月 17～20 日に北海道大学にて開催される第 75 回応用物理学会秋季学術講演会における PE 分科会企画の概要とスケジュールを紹介いたします。なお、詳細は未定の部分も含まれるため、応用物理学会の HP 等で確認をお願いいたします。

■ プラズマエレクトロニクス賞受賞記念講演／ 講演奨励賞授業記念講演

第 12 回プラズマエレクトロニクス賞の 2 件の受賞者による、受賞記念講演が執り行われます。また、2014 年春季の講演奨励賞は、松田和久氏（東芝セミコンダクタ&ストレージ社）、加賀真城氏（東京大学大学院）の 2 名が受賞されました。この場を借りてお祝いを申し上げます。プログラムを確認の上で、これらの受賞記念講演会場までは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 18 日（木）（予定）

会場：未定

受賞者（敬称略）：加藤 俊顕（東北大学）、畠山 力三（東北大学）

選考の対象となった業績：Site- and alignment-controlled growth of graphene nanoribbons from nickel nanobars, *Nature Nanotechnol.* **7**, 651-656 (2012).

受賞者（敬称略）：久保井信行（ソニー(株)）、辰巳哲也（ソニー(株)）、小林正治（ソニー(株)）、木下隆（ソニー(株)）、小町潤（ソニー(株)）、深沢正永（ソニー(株)）、安斎久浩（ソニー(株)）

選考の対象となった業績：Modeling and simulation of plasma-induced damage distribution during hole etching of SiO₂ over Si substrate by fluorocarbon plasma, *Appl. Phys. Express* **5**, 126201 (2012).

講演奨励賞受賞記念講演

日程・会場：未定

受賞者：松田 和久（株式会社東芝セミコンダクター&ストレージ社）

選考対象の発表：LaAlSiO_x のドライエッチング特性

受賞者：加賀 真城（東京大学大学院）

選考対象の発表：次世代 Li イオン電池用 PS-PVD Si 系ナノ複合負極材料特性の Cu 添加による変化

■ 分科内招待講演

恒例となる分科内招待講演が以下の要領で実施されます。第 13 回目となる今回は、静岡大学教授の永津先生、京都工芸繊維大学教授の林先生よりご講演を賜ります。皆様には奮って会場まで足をお運び頂きますよう、お願い申し上げます。

日程：9 月 18 日（木）（予定）

会場（未定）

永津 雅章 先生（静岡大学・教授）

講演タイトル「プラズマ科学技術の医療・バイオ
応用に関する研究に携わって（仮題）」

林 康明 先生（京都工芸繊維大学・教授）

講演タイトル「ナノ・微粒子材料のプラズマプロ
セスとその場観測」

■ 分科会企画シンポジウム

学会 2 日目の 18 日（木）に、分科会企画シン
ポジウム「コンピュータによるプラズマシミュレ
ーションの実際（いま、何をどこまで計算できる
のか）」を実施いたします。大学のみならず、企業
の立場からもシミュレーションの役割について語
っていただきます。また、市販ソフトウェアで何
ができるかについても説明いただきます。なお、
最終確定版のプログラムは、後日に Web でご確認
ください。

日程：9 月 18 日（木）（予定）

会場：未定

プログラム：（案）（タイトルは仮題、敬称略）

1. 「プラズマシミュレーションの現状と課題」
朽久保文嘉（首都大）
2. 「プラズマシミュレーションにおける素過程」
佐藤孝紀（室蘭工大）
3. 「分子軌道法を用いた気相反応のモデリング」
林 俊雄（名大）
4. 「エッチングにおける表面形状進展」
斧 高一（京大）
5. 「市販ソフトウェアによるプラズマシミュレ
ーション」
白藤 立（大阪市大）
6. 「装置メーカーにおけるプラズマシミュレー
ションの活用」
伝宝一樹（東京エレクトロン山梨）
7. 「プラズマエッチングのモデリングと半導体加
工制御への応用」
久保井信行（ソニー）

8. まとめ「プラズマシミュレーションの展望」

朽久保文嘉（首都大）

■ English Session／海外招待講演

2011 年秋に山形大学で開催された第 72 回学術
講演会より、プラズマエレクトロニクス分科会
では English Session と海外招待講演を企画してき
た。今回は、English Session の実施方法を少し
変えて、全ての中分類で英語での講演を募集し、
これらを取りまとめた「8. プラズマエレクトロ
ニクス English Session」のような形態で実施す
るとともに、この中に海外招待講演（原稿執筆時
点で交渉中）を組み込む予定です。また、可能で
あるならば、English Session にはパラレルセッ
ションを配置しないようなプログラム編成を依頼
しております。English Session は学会初日の 17
日（水）に実施の予定です。是非、English Session
に来て、発表して、議論して、この Session を盛
り上げてください。

■ おわりに

本案内を執筆している時点では、プログラムの
詳細は未定ですが、English Session と海外招待
講演は学会初日に、シンポジウムを始めとする他
の分科会企画のほとんどは学会 2 日目に実施され
る予定です。最終プログラムを確認の上で会場ま
でお越しください。

学会 2 日目（予定）には、PE 分科会のインフ
ォーマルミーティングが開催されます。また、同
日夕刻には、恒例の PE 分科会懇親会が企画され
ます。詳細は担当幹事より改めて案内しますので、
参加希望者は事前にご予約をお願いいたします。

その他、不明な点がございましたら、お気軽に
お問合せください。

連絡先：朽久保（首都大学東京）：tochi@tmu.ac.jp

行事案内

第8回インキュベーションホール

名古屋大学 石川健治

プラズマエレクトロニクス研究を始めたばかりの初学者（学生・若手研究者・社会人技術者）を対象として、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講習会・インキュベーションホールを開催いたしますので皆様にご案内申し上げます。

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。講述内容は，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，学生の皆様に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】2014 年(平成 26 年)8 月 31 日～9 月 2 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 番のりばより）（約 20 分）「青少年交流の家」下車

【参加費】(PE:プラエレ分科会)

一般 40,000 円 学生 14,000 円 (応物 PE 会員)

一般 43,000 円 学生 17,000 円 (応物会員)

一般 48,000 円 学生 22,000 円 (協賛団体員)

一般 53,000 円 学生 27,000 円 (その他)

※応用物理学会賛助会社およびプラズマエレクトロニクス分科会賛助会社所属の方はそれぞれの個人会員扱いとさせていただきます。 **遠方からの会員学生(含大学院生)に対して交通費の一部を補助する予定です。 ***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出来ます。 会員には，年 2 回の会報（非売品），過去 26 回の研究会プロシーディングス Web 閲覧，各種スクールへの会員料金での参加などのメリットがあります。 入会手続きは <https://www.jsap.or.jp/> より行って下さい。

【協賛団体（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，日本金属学会，表面技術協会，日本鉄鋼協会，日本オゾン協会，電気化学会，日本表面科学会，原子衝突学会

【講義内容（暫定）】

・菅井秀郎先生（中部大学）

特別講座『プラズマエレクトロニクス』

・佐藤孝紀先生（室蘭工業大学）プラズマ生成

・伊藤剛仁先生（大阪大学）プラズマ診断

・平松美根男先生（名城大学）プラズマ堆積

・栗原一彰先生（東芝）プラズマエッチング

・伊藤昌文先生（名城大学）プラズマバイオ

【ポスターセッション】

参加者間の交流が深まるよう、ポスターセッションを中心とする談話会を行います。なお、優秀なポスター発表者には表彰を行います。発表内容は参加者自身のバックグラウンドに関連したもの、例えば、

□ 学生の場合：現在の研究テーマにまつわるもの、学部での卒業研究など（４年生の場合これから行う研究など）

□ 社会人の場合：仕事まつわるもの、企業・自社製品のPR、入社前の大学での研究など

であれば、内容・分量は一切問いません。幅 0.9m×高さ 1 m 程度のボードが用意されますので、あらかじめポスターのご準備をお願いします。本ポスターセッションは全員の方の発表を原則としますが、発表に支障がある場合は事前参加申込書にその旨をご記入下さい。

【その他】懇親会、レクリエーションを予定しています。本企画 HP に当日の詳細スケジュールを記載しておりますので参考にして下さい。

【参加申込】

本企画ホームページからお申し込みください。ポスター内容を示すキーワードを３つ程度記入いただきます。参加登録の確認を通知しますので、参加費を銀行振込願います。なお、参加費の振込では必ず個人名と「PEIH」という４文字のアルファベットを記載してください（例：木村太郎さんの場合“キムラタロウ PEIH”など）。一旦振り込ま

れた参加費は、原則として返却いたしません。

【定員】 60 名

【申込締切】 7 月 30 日（水）、振込 8 月 8 日（金）迄

【参加申し込み】下記の会合 URL に参加フォームを設置しておりますので、ご覧ください。

【振込先】 三井住友銀行 本店営業部(本店でも可) 口座(普通)3339808 (社)応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会

【問合せ】本村大成 (Taisei Motomura)

〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町 807-1

(独) 産業技術総合研究所(AIST) 九州センター
生産計測技術研究センター プラズマ計測チーム

TEL : +81-(0)942-81-4058 (ext: 292-34058)

e-mail: t.motomura@aist.go.jp

【担当幹事】

校長： 節原 裕一（大阪大学）

幹事： 明石 治朗 （防衛大学）

赤松 浩 （神戸市立高専）

石川 健治 （名古屋大学）

井上 泰志 （千葉工業大学）

大島 多美子 （佐世保高専）

鷹尾 祥典 （横浜国立大学）

松井 信 （静岡大学）

本村 大成 （産総研九州）

【参考】

http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2014/

行事案内

67th Gaseous Electronics Conference

MARIOTT CITY CENTER AND RALEIGH CONVENTION CENTER NORTH CAROLINA, USA

2014 年 11 月 3 日~11 月 7 日

名古屋大学 GEC Executive Committee Member 豊田 浩孝

第 67 回気体電子会議(67th Gaseous Electronics Conference: GEC)が、2014 年 11 月 3 日~11 月 7 日の日程で、アメリカ North Carolina 州 Raleigh の Marriott City Center and Raleigh Convention Center にて開催されます。GEC はプラズマ基礎、素過程、プラズマ応用と広い範囲をカバーする歴史の長い会議で、また本プラズマエレクトロニクス分科会とも関係が深く、当分科会の主催国際会議である反応性プラズマ国際会議 (International Conference on Reactive Plasmas) は 1998 年のハワイ・マウイおよび 2010 年のフランス・パリにおいて GEC との合同で開催されています。

本会議の歴史ある賞として Allis Prize 賞がありますが、本年の Allis Prize Talk は University of California at Berkeley の **David Graves** 教授による講演 "Future low temperature plasma science and technology: attacking major societal problems by building on a tradition of scientific rigor" が予定されています。また、今年の GEC では 5 つの特別セッションが下記のように計画されています。

Workshop (Monday, 3 November 2014)

- ☐ Plasma Modelling Verification and Validation,
- ☐ Plasma interactions with liquids
- ☐ Plasma Enhanced Chemically Reactive Flow
- ☐ Advanced RF systems for plasma control

その他にもいくつかの半日程度の Workshop が計画されています。

講演申込み締切は、2014 年 6 月 13 日で締切延長はありません。ご注意ください。また、講演申込みは以下からお願いします

<http://abstracts.aps.org/>

(Start Abstract Submission から入っていただき、Gaseous Electronics Conference の欄を選択クリックしてください。なお Submission ページに入れないときは、ブラウザのプライバシー設定のレベルを下げてください)

Deadlines

Receipt of abstracts: June 13, 2014

Nominations for GEC student award for excellence:
June 2, 2014

Requests for student travel assistance: June 2, 2014

Early registration: October 21 2014

Hotel reservations: October 1, 2014

会議の詳細につきましては会議 HP をご覧ください。

<http://go.ncsu.edu/gec>

なお、今回の GEC の次となる来年 2015 年の GEC はプラズマエレクトロニクス分科会の国際会議 ICRP と合同にて 2015 年 10 月 12 日~16 日の日程で、ハワイにて開催されることとなっています。GEC はプラズマの基礎から応用を見通す位置にあり、一方、ICRP はプラズマ基礎の他さまざまなプラズマ応用に関する講演が多いことが特長であることから、GEC と ICRP は相補的な関係にあります。また、この合同会議はプラズマエレクトロニクス分科会が海外の研究グループと連携を密にして開催する点でも重要な意味があり、来年の ICRP/GEC 合同会議にむけて、本年の GEC にも日本側から多数が参加されることを期待しています。

行事案内

American Vacuum Society (AVS) 61st International Symposium & Exhibition 米国真空学会第 61 回国際シンポジウム&展示会

大阪大学 浜口智志

「AVS (米国真空学会) 第 61 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、2014 年 11 月 9 日(日)から 11 月 14 日(金)までの 6 日間、米国メリーランド州ボルチモアの Baltimore 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、10 の分科会(divisions), 2 つの technical group とよばれる、分科会に準ずる組織、および、その時々話題に合わせて形成される 16 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、「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、真空の科学へはこだわらず、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して発展してきている。たとえば、AVS 内のプラズマに関する分科会である「プラズマ科学技術分科会(Plasma Science and Technology Division: PSTD)」においても、半導体微細加工や薄膜堆積技術から発展して、表面・界面のナノスケール構造形成および制御、それらによる細胞培養技術や高効率エネルギーシステムなど、その応用分野は多岐にわたっている。

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 の分科会である PSTD の今年のシンポジウムでは、

この分科会の伝統的なテーマである FEOL/Gate Etching; BEOL/Interconnect Etching; Plasma Surface Interactions; Plasma Diagnostics; Plasma Modeling; Plasma Sources に加え、近年発展著しい分野である Atmospheric Pressure Plasma Processing; Plasma Synthesis of Nanoparticles and Nanostructures; 2D materials のセッションが設けられるが、更に、Plasma Based Ion Implantation; Plasma Assisted Atomic Layer Deposition (ALD); Atomic Layer Etching (ALE) の新しいセッションも設けられる予定である。例年 PSTD は、多くの招待講演を企画するが、本年度の PSTD は、その中で、3 名の日本人の招待講演者を予定している。PSTD の組織委員の一人として、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 61st International Symposium & Exhibition

日時: 2014 年 11 月 9 日(日)から 11 月 14 日

場所: Baltimore, Maryland, USA

主催: American Vacuum Society

詳細情報:

<https://www.avs.org/Meetings-Exhibits/Information>

行事案内

Plasma Conference 2014／第 32 回プラズマプロセッシング研究会

名古屋大学 豊田 浩孝

本分科会の主催研究会であるプラズマプロセッシング研究会は、昭和 59 年に第 1 回が開催されて以来、本分科会の会員を中心とした関係研究者が一堂に会する研究会としてほぼ毎年開催されておりプラズマエレクトロニクス分科会における重要な行事のひとつであります。また、本分科会の国際会議である反応性プラズマ国際会議はほぼ 3 年に 1 回開催されており、その時はプラズマプロセッシング研究会という位置づけともなります。さて、第 32 回プラズマプロセッシング研究会は、本分科会とプラズマ・核融合学会および日本物理学会との共同で開催される Plasma Conference2014 として 2014 年 11 月 18 日（火）-21 日（金）の日程で新潟市の朱鷺メッセ(新潟コンベンションセンター)にて開催されます。本 Plasma Conference は、各学協会等に分散して展開されているプラズマ科学・プラズマ応用の研究活動を総合的に把握し、新しいプラズマ科学・プラズマ応用の発展を目指すことを目的として開催されており、今回が第 2 回目です。今回は日本物理学会が幹事学会となり、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会とプラズマ・核融合学会が協力して開催されます。

前述のとおり本 Plasma Conference はプラズマ

エレクトロニクス分科会の重要な主催研究会であるプラズマプロセッシング研究会でもあり、また日本におけるプラズマ研究者が一堂に会する会でもあることから、参加される方には新しい刺激を得るよい機会にもなると思います。今からスケジュールをご予定いただき、ぜひとも多くの方のお申し込みをいただきますようお願い申し上げます。

【開催期間】2014 年 11 月 18 日（火）-21 日（金）

【開催場所】朱鷺メッセ：

新潟コンベンションセンター

〒950-0078 新潟市中央区万代島6 番1 号

TEL. 025-246-8400、FAX. 025-246-8411

【一般講演締切】2014 年 8 月 1 日（金）

【予稿オンライン登録締切】2014 年 10 月 24 日

【事前参加登録締切】2014 年 10 月 31 日（金）

【若手優秀発表賞】当会議が関与する学術分野の発展に貢献する優秀な一般講演論文を発表（口頭発表またはポスター発表）した若手・学生会員に対して、「若手優秀発表賞」を授与いたします。受賞候補者となるには、一般講演野申し込みの際の申請が必要です。

詳細は会議 HP をご覧ください

<http://www.jspf.or.jp/PLASMA2014/>



行事案内

第 25 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その応用・制御技術～

主催: 応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会

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(一部打診中)

日時: 2014 年 11 月 26 日(水) 9:30～18:00

場所: 東京工業大学 田町キャンパス 国際会議室

東京都港区芝浦 3-3-6

JR 田町駅徒歩 2 分、もしくは都営浅草線三田駅

http://www.titech.ac.jp/about/campus_maps/tamachi.html

内容／プログラム: プラズマプロセスは、エレクトロニクス分野では半導体デバイスやフラットパネルディスプレイの開発・製造を支える技術であると共に、医療やエネルギー・環境応用を始めとする幅広い分野でも欠くことのできない基盤技術となりつつあります。このような背景を踏まえ、本講習会では、産業応用で必要とされるプロセスプラズマの生成、診断・制御、モニタリング技術の基本と、その先端応用技術について各分野にて第一線でご活躍の先生方よりご講義頂きます。今年は、応用技術として大気圧プラズマによる成膜および環境クリーン化技術、半導体製造における極微細エッチングおよびその制御技術にフォーカスしました。初学者から先端の研究開発者まで幅広い皆様のご参加をお待ち申し上げます。

■ 第1部:プラズマプロセスの基礎 9:30～12:30 ■

1. 『プラズマプロセスの基礎と素過程』
大阪大学 浜口 智志 先生
2. 『プラズマ計測と診断』
北海道大学 佐々木 浩一 先生

■ 第2部:プラズマ技術の最前線 13:50～18:00 ■

3. 『大気圧プラズマ技術と成膜応用』
大阪大学 垣内 弘章 先生
4. 『プラズマを用いた環境クリーン化技術』
豊橋技科大 水野 彰 先生

5. 『半導体ドライエッチング技術』

名古屋大学 関根 誠 先生

6. 『統計解析を用いた半導体プロセス制御技術』

(株)日立製作所 田中 潤一 先生

※ 講義題目は、一部仮題です。

参加費: (テキスト代を含む。かっこ内は学生)

- 応物・PE 分科会個人会員 18000 円(4000 円)
- 応物個人会員 ※ 21000 円(5000 円)
- 分科会のみ個人会員 22000 円(6000 円)
- 協賛学協会・応物法人賛助会員 22000 円(6000 円)
- その他 25000 円(9000 円)

※参加申込時に PE 分科会(年会費 3,000 円)に御入会頂ければ、分科会個人会員扱いとさせていただきます。

定員: 99 名

お申込み: プラズマエレクトロニクス分科会ホームページ

<http://annex.jsap.or.jp/plasma/> より

お申し込みの上、下記指定口座へ振込み願います。

(申し込み専用 web ページは 8 月中旬開設予定)

三井住友銀行 本店営業部 普通預金 3339808
(公社) 応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会

※Web 申し込み期限は、11 月上旬の予定です。

お問合せ:

小田 康代 (応物事務局) … 申し込み手続き関連
TEL 03-5802-0863 FAX 03-5802-6250
e-mail: oda@jsap.or.jp

伊澤 勝 (日立ハイテク、担当幹事代表) … 開催内容関連
e-mail: izawa-masaru@sme.hitachi-hitec.com

・担当幹事

大村 光広 (東芝)、久保井 信行 (ソニー)、小林 浩之 (日立)、伝宝 一樹 (TEL)、松隈 正明 (TEL)、和田 昇 (三菱)

行事案内

第 36 回ドライプロセス国際シンポジウム(略称: DPS2014)

36th International Symposium on Dry Process (DPS2014)

防衛大学校 中野 俊樹

高度情報化社会を担うマイクロエレクトロニクス技術の高度化が進むなかで、ドライプロセスの役割はますます大きくなってきております。ドライプロセスにおける様々な物理的・化学的現象の解明は、今後のマイクロエレクトロニクス、マイクロマシンやナノテクノロジー分野を中心とした電気・電子、半導体工学のみならず、医療やバイオを含めた先端技術産業の発展と新たな応用の開拓に大きく寄与すると期待されます。特に、半導体技術を中心とするドライプロセスの基礎および応用に関して、日本は世界のトップレベルにあり、研究者・技術者の数も多数おります。このような背景のもと、ドライプロセスの基礎から応用に携わる世界の研究者が一堂に会して、先端的成果を発表・討論し、相互の理解を深める本国際会議を開催することは、電気分野の基礎・材料の発展のみならず情報システム、マイクロエレクトロニクス、ディスプレイ、半導体デバイス、バイオテクノロジー、マイクロマシン、機能性材料を基盤とする電気・電子・情報・バイオ分野およびナノテクノロジー分野における次世代のブレークスルー的技術の創製に繋がると期待されます。詳細は以下の URL をご覧ください。

URL: <http://www.dry-process.org/2014>

【主催】 応用物理学会

【協賛 (予定)】 電子情報通信学会, 電気化学会, 日本表面科学会, 化学工学会, 日本真空学会, 電気学会, 日本化学会, 表面技術協会, 放電学会, プラズマ・核融合学会, 名古屋大学プラズマナノ工学研究センター

【開催期間】

2014 年 11 月 27 日 (木), 28 日 (金)

【開催場所】

パシフィコ横浜 アネックスホール

〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい 1-1-1

TEL: 045-221-2155

【トピックス・スコープ】

一般講演分野：

- ・ドライエッチング技術
- ・成膜（PVD/CVD/ALD）技術 ・表面反応およびプラズマ誘起ダメージ
- ・プラズマおよび表面のモニタリングと診断技術
- ・モデリングとシミュレーション
- ・プラズマ生成技術 ・プラズマプロセスを用いた製造サイエンス
- ・3次元デバイス，フラットパネルディスプレイ， 太陽電池へのプラズマ応用
- ・新デバイス材料（メモリ，パワー，ロジックデバイス） へのプラズマ応用
- ・医療，薬理作用，マイクロメカニカル エレクトロシステム（MEMS），ナノ科学
- ・大気圧，液体プラズマプロセス
- ・新規のプラズマ応用技術

アレンジセッション：

- ・新世代リソグラフィのためのドライエッチング技術
- ・原子層エッチング／原子層堆積技術

【会議使用言語】

英語

【会議関連スケジュール】

講演申込締切 2014 年 8 月 12 日

講演採択通知 2014 年 9 月中旬

事前参加申込締切 2014 年 10 月 22 日

JJAP 特集号投稿締切 2014 年 11 月 27 日

【講演申込に関して】

申込みの際には所定の書式に従った A4 版 2 頁の英文プロシーディングスを下記の URL から投稿してください。その後の審査の結果，口頭発表，ポスター発表，不採択に分類します。採択された場合は提出された原稿がそのままプロシーディングスとして発刊されます。詳細は HP 参照。

<http://www.dry-process.org/2014>

【JJAP 特集号に関して】

2014 年 11 月 27 日までに JJAP の Website (<http://jjap.jsap.jp/special/>) から投稿してください。特集号の特別編集委員会により通常の JJAP 審査手順を経て掲載を判断します。

【参加費】

一般： 主催協賛学会会員 30,000(35,000)円

非会員 35,000(40,000)円

学生： 8,000(10,000)円

(カッコ内は, 2014 年 10 月 23 日以降)

プロシーディングス代含む, 懇親会費は含まない

【懇親会】

日時：2014 年 11 月 27 日 18 時 30 分～ (開始時間は若干の変更の可能性あり)

開催場所：パシフィコ横浜 展示ホール内 ハーバーラウンジ B

【関連委員】

[組織委員長]：藤原 伸夫 (三菱電機)

[実行委員長]：中野 俊樹 (防衛大学校)

[論文委員長]：林 久貴 (東芝)

[出版委員長]：関根 誠 (名古屋大学)

【問合せ先】

DPS2014 事務局 中野 俊樹

〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

防衛大学校 電気情報学群 電気電子工学科

TEL/FAX：046-841-3810 内 2225

E-Mail: dps2014@nda.ac.jp

行事案内

第9回反応性プラズマ国際会議/第68回気体電子会議合同会議 ICRP-9/68th GEC 9th International Conference on Reactive Plasmas/ 68th Gaseous Electronics Conference

2015 年 10 月 12 日～16 日

名古屋大学 ICRP-9 組織委員長 豊田 浩孝

プラズマエレクトロニクス分科会は毎年「プラズマプロセス研究会」を開催しておりますが、約3年に1回、プラズマエレクトロニクス分科会の主催する国際会議として反応性プラズマ国際会議 (International Conference on Reactive Plasmas: ICRP) を開催しており、これまでに第1回から第8回まで名古屋 (1991年)、横浜 (1994年)、奈良 (1997年)、ハワイ (1998年)、フランスグルノーブル (2002年)、宮城 (2006年)、フランスパリ (2010年)、福岡 (2014年) にて開催してきました。ICRP-8 が本年2月に福岡で開催されたことは皆様のご記憶に新しいことと思います。

これまでの開催履歴を見てもわかりますように ICRP はしばしば海外にて合同会議として開催されておりまして、1998年ハワイおよび2010年フランスパリの ICRP は Gaseous Electronics Conference (GEC) と合同で、また2002年フランスグルノーブルは European Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG) と合同で開催されています。プラズマに関する会議は、放電・プラズマの基礎を中心としたアメリカの会議である GEC やプラズマの基礎過程を中心としたヨーロッパの会議である ESCAMPIG の他、プラズマ化学国際会議

(International Symposium on Plasma Chemistry : ISPC) や電離気体現象国際会議 (International Conference on Phenomena in Ionized Gases: ICPIG) がありますが、ICRP の特徴はプラズマの基礎を軸としつつ、その応用にも視点を広げた会議、というところにあり、アメリカやヨーロッパの会議との共同開催を通して国際的にも知られた著名な会議のひとつとなっております。

そのような中、次回の ICRP-9 は GEC と合同にて来年2015年10月にハワイにて開催される運びとなりました。来年秋開催の会議ということで、まだ早い時期ではございますが、分科会会員の皆様にお知らせをさせていただく次第です。詳細は今後改めましてご案内をさせていただきますが、アメリカ本土と日本の間に位置するハワイにおける会議開催であり、日本からも比較的参加していただきやすい開催場所と思います。ぜひとも多くの方にご参加をいただきますようお願い申し上げます。また、GEC は毎年開催される会議であり、今年は North Carolina にて開催されます。今年は ICRP/GEC 合同会議の前年ということになりますので、こちらにも多数の方にご出席いただきますよう、お願い申し上げます。

2014(平成 26) 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	豊田浩孝	名古屋大学 工学研究科 電子情報システム専攻	〒464-8603 名古屋市中種区不老町 Tel: 052-789-4698 Fax: 052-789-3150	toyoda@nuee.nagoya-u.ac.jp
副幹事長	節原裕一	大阪大学接合科学研究所 加工システム研究部門 エネルギー変換機構学分野	〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 11 番 1 号 Tel: 06-6879-8641	setsuhara@jwri.osaka-u.ac.jp
副幹事長	栢久保文嘉	首都大学東京 理工学研究科 電気電子工学専攻	〒192-0397 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	伊澤 勝	(株)日立ハイテクノロジーズ 笠戸地区プロセス研究開発部	〒744-0002 山口県下松市大字東豊井 794 Tel: 090-4535-9279	izawa-masaru@sme.hitachi-hitec.com
幹事 任期 2015 年 3 月	明石 治朗	防衛大学校 応用科学群応用物理学科	〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 Tel: 046-841-3810 Fax: 046-844-5912	akashi@nda.ac.jp
"	石川 健治	名古屋大学大学院工学研究科 附属プラズマノエ学研究センター	〒464-8603 愛知県名古屋市中種区不老町 Tel/Fax: 052-788-6077	ishikawa@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp
"	伊藤昌文	名城大学理工学部 電気電子工学科	〒468-8502 愛知県名古屋市中白区塩釜口 1-501 Tel/Fax: 052-838-2306	ito@meijo-u.ac.jp
"	川崎 敏之	日本文理大学 工学部機械電気工学科	〒870-0397 大分県大分市一本 1727 Tel: 097-524-2612 Fax: 097-593-2071	kawasaki@nbu.ac.jp
"	古閑一憲	九州大学 大学院システム情報科学研究院 情報エレクトロニクス部門	〒819-0395 福岡市西区元岡 7 4 4 Tel: 092-802-3716 Fax: 092-802-3717	koga@ed.kyushu-u.ac.jp
"	鷹尾 祥典	横浜国立大学 大学院 工学研究院 システムの創生部門	〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 Tel/Fax: 045-339-3889	takao.yoshinori.7a@kyoto-u.ac.jp
"	高橋和生	京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 電子システム工学部門 電子物性工学講座	〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町 Tel: 075-724-7418 Fax: 075-724-7400	takahashikit.jp
"	田中 康規	金沢大学理工研究域 電子情報学系	〒920-1192 石川県金沢市角間町 Tel: 076-234-4846 Fax: 076-234-4870	tanaka@ec.t.kanazawa-u.ac.jp
"	南部英高	ルネサスエレクトロニクス (株) 生産本部 プロセス技術統括部 プロセス加工技術部	〒252-5298 神奈川県相模原市中央区下九沢 1120 Tel: 042-779-9925 Fax: 042-771-0329	hidetaka.nambu.hx@renesas.com
"	西山修輔	北海道大学大学院 工学研究院 量子理工学部 プラズマ理工学分野	〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 Tel: 011-706-6658 Fax: 011-706-6657	shu@eng.hokudai.ac.jp
"	松隈正明	東京エレクトロン (株) 技術開発センター シミュレーショングループ	〒305-0841 茨城県つくば市御幸が丘 17 Tel: 029-860-3632 Fax: 029-860-3607	masaaki.matsukuma@tel.com
"	本村大成	(独)産業技術総合研究所 九州センター 生産計測技術研究センター プラズマ計測チーム	〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町 807-1 Tel: 0942-81-4058 Fax: 0942-81-3690	t.motomura@aist.go.jp
"	和田 昇	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	Wada.Noboru@bx.MitsubishiElectric.co.jp
幹事 任期 2016 年 3 月	赤松 浩	神戸市立工業高等専門学校 電気工学科	〒651-2194 神戸市西区学園東町 8-3 Tel: 078-795-3311 内線: 235 Fax: 078-795-3235	akamatsu@kobe-kosen.ac.jp
"	井上 泰志	千葉工業大学 工学部機械サイエンス学科	〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1 Tel: 047-478-4308	inoue.yasushi@it-chiba.ac.jp
"	大島 多美子	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科	〒857-1193 佐世保市沖新町 1-1 Tel: 0956-34-8479	ohshima@sasebo.ac.jp
"	大村 光広	東芝 S&S 社 半導体研究開発センター ユニットプロセス技術開発部 U P 2	〒512-8550 四日市市山之一色町 800 (四日市工場) Tel: 059-390-7327	mitsuhiro.omura@toshiba.co.jp

幹事 任期 2016年3月	岡田 健	東北大学流体科学研究所	〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 流体科学研究所 2 号館 510 号室 Tel: 022-217-5318	okada@sammy.ifs.tohoku.ac.jp
"	久保井 信行	ソニー（株）R&D プラットフォーム STDD デバイス設計部 シミュレーション設計 2 課	〒243-0014 厚木市旭町 4-14-1 Tel: 050-3141-4305	Nobuyuki.Kuboi@jp.sony.com
"	小林 浩之	（株）日立製作所中央研究所 ナノプロセス研究部	〒185-8601 国分寺市東恋ヶ窪 1-280 Tel: 042-323-1111 内線: 2403	hiroyuki.kobayashi.sy@hitachi.com
"	斉藤 和美	ルネサスエレクトロニクス（株） 生産本部 プロセス技術統括部 プロセス加工技術部	〒252-5298 神奈川県相模原市中央区下九沢 1120 Tel: 042-779-9925 Fax: 042-771-0329	kazumi.saitou.ub@renesas.com
"	寺本 慶之	（独）産業技術総合研究所 環境管理技術研究部門 環境負荷制御研究グループ	〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1 Tel: 029-861-3084 Fax: 029-861-8866	yoshiyuki-teramoto@aist.go.jp
"	伝宝 一樹	東京エレクトロン山梨（株） 技術開発センター プラズマ要素技術グループ	〒407-0192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 650 Tel: 0551-23-2327 Fax: 0551-23-4462	kazuki.denpoh@tel.com
"	松井 信	静岡大学 大学院工学研究科 機械工学専攻	〒432-8561 浜松市中区城北 3-5-1 総合研究 棟 R503 Tel/Fax: 053-478-1064	tmmatui@ipc.shizuoka.ac.jp
"	本村 英樹	愛媛大学 大学院理工学研究科 電子情報工学専攻	〒790-8577 松山市文京町 3 Tel: 089-927-8577	hmoto@mayu.ee.ehime-u.ac.jp
"	渡辺 隆行	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/Fax: 092-802-2745	watanabe@chem-eng.kyushu-u.ac.jp

2014(平成 26) 年度分科会幹事役割分担

役割分担	新任		留任	
幹事長	豊田浩孝	名古屋大学		
副幹事長	節原裕一	大阪大学		
	枋久保文嘉	首都大学東京		
	伊澤勝	(株) 日立ハイテクノロジーズ		
1. 庶務・分科会ミーティング	寺本慶之	産業技術総合研究所	本村大成	(独) 産業技術総合研究所
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	枋久保文嘉	首都大学東京	古関一憲	九州大学
	渡辺隆行	九州大学	高橋和生	京都工芸繊維大学
	井上泰志	千葉工業大学	松隈正明	東京エレクトロン (株)
	小林浩之	(株) 日立製作所	伊藤昌文	名城大学
	伝宝一樹	東京エレクトロン (株)		
3. プラズマプロセッシング研究会 H26 年度：プラズマコンファレンス H27 年度：ICRP/GEC	節原裕一	大阪大学	古関一憲	九州大学
	岡田健	東北大学	和田昇	三菱電機 (株)
	松井信	静岡大学	石川健治	名古屋大学
	伝宝一樹	東京エレクトロン (株)	高橋和生	京都工芸繊維大学
	大村光広	(株) 東芝	川崎敏之	大分大学
	斉藤和美	ルネサスエレクトロニクス (株)	田中康則	金沢大学
	大島多美子	佐世保高専		
4. 光源物性とその応用研究会	本村英樹	愛媛大学	明石治朗	防衛大学
5. プラズマ新領域研究会	節原裕一	大阪大学	田中康則	金沢大学
	井上泰志	千葉工業大学	鷹尾祥典	京都大学
	渡辺隆行	九州大学	伊藤昌文	名城大学
	本村英樹	愛媛大学		
6. インキュベーションホール	節原裕一	大阪大学	石川健治	名古屋大学
	井上泰志	千葉工業大学	本村大成	(独) 産業技術総合研究所
	松井信	静岡大学	鷹尾祥典	京都大学
	大島多美子	佐世保高専	明石 治朗	防衛大学
	赤松浩	神戸市立高専		
7. プラズマエレクトロニクス講習会	伊澤勝	(株) 日立ハイテクノロジーズ	松隈正明	東京エレクトロン (株)
	大村光広	(株) 東芝	和田昇	三菱電機 (株)
	久保井信行	ソニー (株)		
	小林浩之	(株) 日立製作所		
	伝宝一樹	東京エレクトロン (株)		
8. 会誌編集・書記	斉藤和美	ルネサスエレクトロニクス (株)	川崎敏之	日本文理大
	赤松浩	神戸市立高専	松隈正明	東京エレクトロン (株)
9. ホームページ	本村英樹	愛媛大学	西山修輔	北海道大学
10. 会計	大島多美子	佐世保高専	高橋和生	京都工芸繊維大学
11. プラズマエレクトロニクス賞	豊田浩孝	名古屋大学		
12. アカデミックロードマップ (戦略企画室)	枋久保文嘉	首都大学東京		
	豊田浩孝	名古屋大学		
13. PE 懇親会	岡田健	東北大学	鷹尾祥典	京都大学
秋：北海道大学、春：東海大(平塚)	久保井信行	ソニー (株)	西山修輔	北海道大学
GEC 委員 (オブザーバー)	豊田浩孝	名古屋大学		

2014(平成 26) 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 | | |
| 8.1 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 | (大阪大) |
| 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 | 前田 賢治 | (日立中研) |
| 8.5 プラズマナノテクノロジー <u>(代表)</u> | 佐藤 孝紀 | (室蘭工大) |
| | 金子 俊郎 | (東北大) |
| 8.6 プラズマ現象・新応用・融合分野 | 小田 昭紀 | (千葉工大) |
| | 山田 英明 | (産総研) |
| 2. 応用物理・編集委員 | 野崎 智洋 | (東工大) |
| 3. 応用物理学会代議員 | 斧 高一 | (京都大) |
| | 酒井 道 | (京都大) |
| | 白谷 正治 | (九州大) |
| | 豊田 浩孝 | (名古屋大) |
| | 野崎 智洋 | (東工大) |
| | 平松 美根男 | (名城大) |
| 4. GEC 組織委員会委員 | 豊田 浩孝 | (名古屋大) |
| 5. その他：本部理事 | 斧 高一 | (京都大) |
| | 白谷 正治 | (九州大) |
| | 平松 美根男 | (名城大) |
| 6. 諮問委員 | 寺嶋 和夫 | (東京大学) |
| 7. フェロー | 岡本 幸雄 | (東洋大) |
| | 斧 高一 | (京都大) |
| | 河野 明廣 | (名古屋大) |
| | 寒川 誠二 | (東北大) |
| | 白谷 正治 | (九州大) |
| | 菅井 秀郎 | (中部大) |
| | 高井 治 | (名古屋大) |
| | 橘 邦英 | (愛媛大) |
| | 中山 喜萬 | (大阪大) |
| | 畠山 力三 | (東北大) |
| | 藤山 寛 | (長崎大) |

8. 名誉会員

堀 勝	(名古屋大)
真壁 利明	(慶應大)
渡辺 征夫	(九州電気専門学校)
後藤 俊夫	(中部大)

平成 25 年度後期および平成 26 年度前期活動報告

第 69 回プラズマエレクトロニクス分科会 ミーティング／平成 25 年度第 3 回幹事会議 事録

日時:平成 26 年 2 月 5 日(水)12:30～13:30

場所:福岡コンベンションセンター4 階
(402 室)

1. プラズマカンファレンス 2014

・田中和夫プラズマカンファレンス 2014
会議議長(大阪大)より御挨拶があり、会議の形態、開催の経緯、会議の組織など、開催趣意についての説明あった。

2. プラズマカンファレンス 2014

・栗原一彰プラズマカンファレンス 2014
組織委員会委員(東芝)より、進捗状況報告があった。本会義では運営体制を学会別でなく活動することにし、窓口をプラズマ核融合学会が統一し、講演等に関するルールは主担当である物理学会のものを適用する。シンポジウムの募集においては、企画者は発表者を選ぶが、企画者自身の発表はできないとの注意があった。プラズマカンファレンスとしての賞を作り、メダルを授与する予定。会計予算案についての質問が本議題について出され、黒字の扱いについて議論になったが、本件については提案があれば栗原組織委員会委員にメールで提案することになった。PE 分科会としては本会議を第 32 回プラズマプロセッシング研究会として位置付ける。

3. 第 7 回プラズマエレクトロニクスイン

キュベーションホール

・豊田副幹事長(名大)より、2013 年 9 月 25 日～27 日に静岡県御殿場市で開催されたインキュベーションホールの報告があった。参加人数は 65 名であり、新規会員、新規分科会の会員が増加したことが報告され、収支決算が承認された。アンケートによると、例年かなりタイトな日程であったのが多少緩和されたことが読み取れる。次年度は 2014 年 8 月 31 日～9 月 2 日に、例年同様、御殿場にて行う予定。

4. 第 24 回プラズマエレクトロニクス講習会

・辰巳副幹事長(ソニー)より、2013 年 11 月 8 日に東京大学で開催されたプラズマエレクトロニクス講習会の報告があった。参加人数は 85 名であり、参加人数の増による収入の増が大きく、約 174 万円の収支差額が出たことが報告された。海外からの講師をよんではどうかとのアンケート結果があるとのこと。

5. 第 15,16 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会

・豊田副幹事長(名大)より、2 件の新領域研究会の開催報告がなされた。第 15 回研究会は、ダイヤモンドおよびグラフェン関連物質のプラズマプロセッシングと先進応用と題して 2013 年 11 月 22 日に、名城大学で行われた。参加人数は 40 名。この研究会は電気学会プラズマ研究会との共催で行われた。第 16 回研究会は、無機・有機ナノ構造体の作製・制御とデバイスへの応用に関

する研究会と題して2013年12月23日に、神戸市の「大学利用施設 UNITY (ユニティ)」で行われた。参加人数は19名。新領域研究会は担当幹事が自由に企画できることとの趣旨と、さらに多くの提案をお願いするとの旨が伝えられた。

6. ICRP-8/SPP-31

・白谷諮問委員(九大)より、2014年2月4日～7日に福岡国際会議場で行われた第8回反応性プラズマ国際会議/第31回プラズマプロセッシング研究会の状況報告がなされた。参加人数は620名であり、内訳は日本424名、韓国106名、その他60名であった。会計は黒字となる見込み。来年のICRP9は、米国GECとの共催によりハワイで行われる。

7. 第17回プラズマエレクトロニクス新領域研究会

・鷹尾幹事(京大)より、第17回新領域研究会の進捗状況が報告された。本研究会は、宇宙プラズマ推進と半導体ミニマルファブ用プラズマ源の接点と題して2014年3月10日に、リファレンス駅東ビル3階H会議室で行われる。宇宙推進とミニマルファブには電力の制約として共通点があり、興味のある方への参加を募る旨が伝えられた。

8. 2014年春季学術講演会 海外研究者招待講演

・高橋幹事(京都工芸繊維大)より、海外招待者講演について、予定されている内容や進捗について報告がなされた。講師はフランスのLaifa Boufendi先生で、CVD環境での微粒子の話をDusty plasma in

applicationの題目で講演していただく予定。日時は2014年3月18日11:00～11:45、場所はE9(E203)会場。

9. 2014年春季学術講演会 分科会ミーティング

・本村幹事(産総研)より、分科会ミーティング準備の進捗について報告がなされた。日時は2014年3月18日11:45～13:15、場所はF2(F204)会場。(ついでに日程確認が行われ、PE賞受賞式は同日13:30～13:45、シンポジウムは同日13:45～18:00で場所はどちらもF7(F307)会場。懇親会も同日。懇親会で、招待講師や奥さんがベジタリアンかどうかを調べた方がよいとのコメントあり。)

10. 2014年度プラズマエレクトロニクス分科会新幹事について

・豊田副幹事長(名大)より、2014年度PE分科会幹事長・幹事の選挙結果について報告がなされた。豊田幹事長候補以下13名の新幹事候補者の信任投票の結果、全員が信認され、新しい幹事の正式な就任が認められた。これに伴い、幹事長候補は副幹事長候補者として、節原裕一先生(阪大)、朽久保文嘉先生(首都大学東京)、伊澤勝様(日立ハイテク)を指名したとの報告があった。

11. 分科会会報

・川崎幹事(日本文理大)より、分科会会報59号が昨年12月に無事発行された旨が報告された。

・松隈幹事(東京エレクトロン)より、プラズマエレクトロニクス分科会会報

(No.60) の目次及び、編集進捗状況について報告が行われた。寄稿等の執筆者の推薦と、原稿〆切は 5 月 9 日を予定しており極力守って欲しいとのアナウンスがあった。

(記：向川政治 (岩手大))

第 70 回プラズマエレクトロニクス分科会
ミーティング／平成 25 年度第 4 回幹事会議
事録（応用物理学会インフォーマルミーテ
ィング内）

日時： 平成 26 年 3 月 18 日（水）12:00
～13:15

場所： 青山学院大学相模原キャンパス
F2 F204 会場

●「8. プラズマエレクトロニクス」大分類
分科意見交換会

佐藤先生（室蘭工大）を中心に下記につ
いて意見交換がなされた。

(1) 大分類分科，中分類の再編についての
検討

理事会からは，大分類が細かすぎないか，
現状を上手く反映しているか，名称が技術
分野を上手く網羅しているか，との意見が
寄せられているとの報告がなされた。これ
に対して，良く考えて立ち上げたので現状
では変更の必要性はないとの意見が寄せら
れた。

(2) プログラム編集委員選出・交代につ
いて

次のように，プログラム編集委員が選出
され，交代することが承認された。

8.1 プラズマ生成・制御

旧：林 信哉 先生（九大）

新：柳生 義人 先生（佐世保高専）

8.2 プラズマ診断・計測

旧：山形 幸彦 先生（九大）

新：伊藤 剛仁 先生（阪大院）

8.3 プラズマエッチング

旧：林 久貴 様（東芝）

新：前田 賢治（日立中研）

なお，新メンバーは 2014 年秋季講演会か
らプログラム編集をご担当するとのこと。

(3) コンベンションセンター利用について
2015 年春季講演会が「名古屋国際会議
場」で開催されることが理事会で承認され
た。夜の時間帯も利用でき，夜にポスター
セッションを開催することについて特に反
対意見はなかった。また従来 3 日間にこ
だわらず，2014 秋から 4 日間での開催も視
野に入れて今後検討するとのこと。

(4) コードシェアセッションについて

2014 年秋季講演会より中分類のジョイ
ントセッション（事前申請不要）が創設さ
れることが報告された。

(5) Poster award の投票について

幹事やフェローに採点への協力依頼がな
された。

●平成 25 年度プラエレ分科会ミーティ
ング

寺嶋幹事長が司会進行を務められた。

(1) 第 7 回インキュベーションホール報
告

豊田副幹事長（名大）より，平成 25 年 9
月 25～27 日に開催された第 7 回インキュ
ベーションホールについて報告があった。
参加者は 56 名。第 8 回が同じ場所で平成
26 年 8 月末～9 月頭に 3 日間で開催予定と
のこと。詳細については後日お知らせする
とのこと。なお，平成 26 年度も応用物理学

会から 15 万円の補助が確定したとのこと。

(2) 第 24 回プラズマエレクトロニクス講習会報告

辰巳副幹事長（ソニー）より，平成 25 年 11 月 18 日に開催された第 24 回プラズマエレクトロニクスについて報告があった。参加者 80 名程度。平成 26 年も 11/26 に東工大で開催予定とのこと。

(3) 新領域研究会報告

豊田副幹事長（名大）より，次のように開催された新領域研究会について報告があった。

第 15 回：平成 25 年 11 月 22 日（名城大）

第 16 回：平成 25 年 12 月 13 日（神戸ユニティ）

第 17 回：平成 26 年 3 月 10 日（福岡）

なお，平成 26 年度も応用物理学会から 15 万円の補助が確定したとのこと。

(4) ICRP-8 報告

白谷諮問委員（九大）より，平成 26 年 2 月 4～7 日に開催された ICRP-8/SPP-31 について報告があった。参加者数 632 名（3 チュートリアル 80 名，4 ワークショップ 100 名含），その内，日本 424 名，韓国 106 名，その他 108 名であった。発表件数 438 件，JJAP 投稿件数 100 件程度であった。会計の詳細は後日報告するが，黒字で終了したとのこと。

(5) 2014 年春季講演会チュートリアル報告

北野幹事（阪大）より，平成 26 年 3 月 17 日に開催された春季講演会チュートリ

アル講演について報告があった。参加者 70 名程度で盛大に開催されたとのこと。

(6) 会報 No. 60 について

松隈幹事（東京エレクトロン）より，プラエ会報 No. 60 の進捗状況について報告があった。川崎幹事（日本文理大）より，会報 No. 59 発行におけるご協力に対してお礼がなされた。

(7) 2014 年度春季講演会シンポジウムについて

高橋幹事（京都工繊大）より，2014 年秋季講演会分科企画シンポジウムのプログラム（講演者 6 名で 7 テーマ）が提案された。会場からは企業による応用やソフトウェア作成の観点からの講演も追加してはどうかとの意見があった。さらに検討するとのこと。

(8) 2013 年度会計報告

北野幹事（阪大）より，当分科会の 2013 年度会計について報告があった。黒字であることが示された。一方で，今後の予算有効活用が必要であることも提案された。会場からは 2015 年開催の ICRP-9 の予算確保について依頼がなされた。

(9) 2014 年度分科会新幹事について

2013 年度で幹事を退任される方々から挨拶がなされた。また，新幹事長の豊田副幹事長（名大）からも挨拶がなされた。

(10) 関連会議

・向川幹事（岩手大）の代理で三沢幹事（佐賀大）より，平成 26 年 3 月 21 日に神奈川工科大で開催される「第 28 回光源物性とそ

の応用研究」のプログラムについて案内がなされた。

- ・栗原氏（東芝）より，平成 26 年 11 月 18～21 日に開催の Plasma2014 について案内がなされた。特にシンポジウム提案募集の締め切りが平成 26 年 5 月 9 日で，50 件程度を予定しているとのこと（Reject される可能性あり）。

- ・白谷諮問委員（九大）より，アジア太平洋物理学会プラズマ物理部門の設立について説明があった。会費無料なのでぜひ入会して欲しいとのこと。日本人入会者 300 名程度を期待しているとのこと。

- ・豊田副幹事長（名大）より，平成 27 年 10 月 11～15 日開催予定の GEC/ICRP-9 について案内がなされた。米国 GEC 共催で ICRP-9 がハワイで開催されるとのこと。参加依頼がなされた。

（記：川崎敏之（日本文理大学））

第 71 回プラズマエレクトロニクス分科会
ミーティング／平成 26 年度第 1 回幹事会議
事録

日時：平成 26 年 3 月 29 日（土）13:30～
16:30

場所：東京工業大学 田町キャンパス キャンパスイノベーションセンター2 階（多目的室 4）

1. 幹事紹介・挨拶

・豊田幹事長（名大）及び、出席した各幹事より自己紹介がなされた。

2. 役割紹介

・豊田幹事長より、各担当幹事の職務内容について説明及び新年度の役割分担案が紹介され、了承された。

3. 応用物理学会（青学・2014.3）シンポジウムなどについて

・野崎副幹事長（東工大）より、2014 年春の応物の分科内招待講演、海外招待講演、チュートリアル、シンポジウム等の報告があった。

4. 応用物理学会（北大・2014.9）シンポジウムなどについて

・朽久保副幹事長（首都大）より、2014 年秋の応物の分科内招待講演、海外招待講演、チュートリアル、シンポジウム案についての説明があった。チュートリアルは春のみの開催、海外招待講演は秋のみとする、またプログラム案はこれまでの 3 日開催からパラレルセッションを 2 つ以下に抑えるために 4 日への開催とすることなどが議論さ

れた。また、今後の English session のあり方について、広く議論がなされ、様々な意見が出された。例えば、8.1-8.6 をまとめた上で English session とする、English session でのアワードの創設、ワークショップのようなアレンジセッションにする、招待講演との内容のリンクさせる、海外の参加者は会員じゃなくて発表できる方向にすべき（応物への要望）、などである。

5. プラズマ新領域研究会について

・今後のプラズマ新領域研究会の予定について説明があった。

6. 第 8 回インキュベーションホール（2014.8.31－9.2）

・節原副幹事長（大阪大）より、第 8 回インキュベーションホールの準備状況および収支予算案について報告があった。開催日程は 2014 年 8 月 31 日・9 月 2 日、例年同様、御殿場にて行う予定。消費増税に伴って参加費を上げるべきかについて議論がなされた。若手向けにやるものなので、値段は据え置く方向性となった。

7. プラズマエレクトロニクス講習会について

・伊澤副幹事長（日立ハイテク）より、第 25 回プラズマエレクトロニクス講習会の実施案について報告があった。開催日時は 2014 年 11 月 26 日（水）、場所は東工大田町キャンパスで行う予定。講師は今後議論し、最終的な承認は幹事長が行う方向となった。

8. 関連会議について

下記関連会議について、報告があった。

(1) SPP-32/プラズマコンファレンス
2014

(2014.11.18-11.21) (豊田)

(2) ICRP9・GEC

(2015.10.11-10.16) (豊田)

(3) 56th APS-DPP

(2014.10.27-10.31) (豊田)

(4) AAPPS-DPP (アジア太平洋物理学
会プラズマ部門) について (豊田)

(5) 光源物性とその応用研究会につい
て (向川)

1) 講演会等を含め、国際化にどのように
対応していくのか?

2) 2015年秋季講演会に向けての画期的な企画

3) プラズマエレクトロニクスプレゼン
スを挙げるための方策と努力

この場では時間の都合もあり議論をしつ
くせなかったことあり、後日豊田幹事長より
メールにて幹事に意見をきく方向となった。

三重野幹事 (静岡大) より、プラズマ技術
の一般へのアピールについて、問題提起が
あった。

9. 会報について

・松隈幹事 (東京エレクトロン) より、プ
ラズマエレクトロニクス分科会会報
(No.60) の目次及び、編集進捗状況につ
いて報告が行われた。

10. その他

堀諮問委員 (名古屋大) からの提案で、秋
の応物について以下の問題提起があり、議
論を行った。

11. 新旧幹事による引継ぎ

各担当による引継ぎ作業が行われた。

2014 年度 第 2 回目の幹事会は、9 月の応
用物理学会 (於 ; 2014.9.17-9.20 北大) 会
期中にて実施のインフォーマルミーティン
グ内で執り行う予定。

(記 : 市川尚志 (東芝))

第 13 回プラズマエレクトロニクス賞受賞候補論文の募集

名古屋大学 豊田 浩孝

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、その著作者に「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2012、2013、2014 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。

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

2015 年春季応用物理学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 2015 年秋季講演会期間中に記念講演を依頼する予定です。

書類提出期限

2014 年12 月25 日（木）当日消印有効

書類提出先

〒113-0034東京都文京区湯島2-31-22
湯島アーバンビル7階
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。)
なお下記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。

プラズマエレクトロニクス関連会議日程

国際会議

2014. 8. 24-28

The 15th International Union of Materials Research Societies (IRMRS-ICA 2014)

福岡大学 七隈キャンパス

http://iumrs-ica2014.org/symposia/symposia_D-2.php

2014. 9. 15-19

The 14th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2014)

Kongress haus, Garmisch-Partenkirchen

<http://www.pse-conferences.net/pse2014.html>

2014. 11. 3-7

67th Gaseous Electronics Conference

MARIOTT CITY CENTER AND RALEIGH CONVENTION CENTER NORTH CAROLINA, USA

<http://go.ncsu.edu/gec>

2014. 11. 9-14

American Vacuum Society (AVS) 61st International Symposium & Exhibition

Baltimore Convention Center, MD, USA

<https://www.avs.org/Meetings-Exhibits/Information>

2014. 11. 18-21

Plasma Conference 2014 / SPP32

朱鷺メッセ:新潟コンベンションセンター

<http://www.jspf.or.jp/PLASMA2014/>

2014. 11. 27-28

36th International Symposium on Dry Process (DPS2014)

パシフィコ横浜 アネックスホール

<http://www.dry-process.org/2014>

2015. 10. 12-16

9th International Conference on Reactive Plasmas / 68th Gaseous Electronics Conference

(ICRP-9/68th GEC)

ハワイ

国内会議・会合

2014. 8. 31-9. 2

第8回インキュベーションホール

国立中央青少年交流の家

http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2014/

2014. 9. 17-20

応用物理学会 秋季講演会

北海道大学 札幌キャンパス

<http://www.jsap.or.jp/activities/annualmeetings/regularmeeting.html>

2014. 9.

日本物理学会 秋季大会

佐賀大学(9.18-21) [素粒子、核物理、宇宙線、宇宙物理]

中部大学(9.7-10) [主として物性]

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

2014. 11. 26

第25回プラズマエレクトロニクス講習会

東京工業大学田町キャンパス

http://www.titech.ac.jp/about/campus_maps/tamachi.html

2015. 3. 11-14

2015年第62回応用物理学会春季学術講演会

東海大学 湘南キャンパス

<http://www.jsap.or.jp/activities/annualmeetings/regularmeeting.html>

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 60 号へ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の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、是非ご検討の程宜しくお願い申し上げます。

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出来ます。

(B) 単号契約コース

特定の号のみの掲載。

2. 掲載位置

掲載位置は後書きの後となります。基本五十音順の掲載となりますが、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無いときには年間契約の中から回す場合もあります。不都合がある場合はご相談ください。

3. 入稿

原稿は A4 版ネガの版下、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、申込時点での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)

※カッコ内は協賛企業

5. 問い合わせ先

〒113-0034 東京都文京区湯島 2-31-22

湯島アーバンビル 7 階

公益社団法人 応用物理学会 分科会係

TEL : 03-5802-0862

FAX : 03-5802-6250

e-mail : divisions@jsap.or.jp

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

編集後記

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 60 を発行することが出来ました。お忙しい中原稿をご執筆いただいた方々にこの場を借りて改めて御礼申し上げます。

本会報は二年に一度の幹事長交代のタイミングでの発行となりましたので、通常の巻頭言に代えて退任されました寺嶋元幹事長と就任されました豊田幹事長からそれぞれご挨拶を頂きました。

寄稿は東北大学畠山先生から「科学で魅了し未来技術を創るPE分科会への期待」のタイトルでナノカーボン分野の研究動向とご期待に関してお寄せ頂きました。本分科会の強みである学術研究機関と産業界の密接な関係を活かして少しでもイノベーションに貢献できる様に精進しなければと気を引き締め直しました。

プラズマエレクトロニクス賞を受賞された東北大学加藤先生、ソニー久保井様からも原稿をお寄せ頂きました。本年は例年にも増して数多くのノミネート論文から選出されただけあり、大変読み応えの有るご解説いただきました。

研究室紹介は大阪市立大学白藤先生のご研究室を紹介して頂きました。ソリューションプラズマの着火前後がスリリングに描写されており、研究活動の楽しみが伝わってきました。

研究紹介では東京大学占部様にレーザ干渉計による大気圧非平衡プラズマ計測をご紹介頂きました。恥ずかしながら小職には経験がない分野でしたが大変解りやすくご解説頂き勉強になりました。

海外の研究事情は現IBMのEstrada様に有機高分子膜のPECVDに絡めた様々な測定手法をご紹介頂きました。特に電子ビームによる断面積計測のご紹介が勉強になりました。編集裏話をいたしますと、当初はアルバニーでの最新デバイスプロセスのご紹介を頂く予定でしたが、時間的な制約でお蔵入りとなりました。装置メーカーに務める者としては大変興味深く、いつの日かそちらの記事も世に出せたらと思います。

学生のためのページでは室蘭工業大学佐藤先生より電子スオーム解析をご解説いただきました。放電の基礎課程を学ぶのに非常に良い記事をご執筆して頂きました。

前任の会報編集担当の東芝・市川様、岩手大学向川先生には編集作業から原稿の執筆まで大変お世話になりました。寺嶋前幹事長、豊田幹事長には編集作業の全般にわたってご指導・ご支援を頂きました。応用物理学会事務局分科会担当の小田様には校閲にご協力して頂きました。本会報60号が無事出版できましたのも原稿を執筆して頂いた先生がたは元より皆様のご支援が有ってのものと存じます。ありがとうございました。

(平成26年度会報編集担当：

川崎、斉藤、赤松、松隈)

(文責：松隈正明・東京エレクトロン)

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.60

2014年 6 月 23 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 豊田 浩孝

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

(©2013 無断転載を禁ず)