

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.52

2010年(平成22年)7月発行

伊藤、松浦、南、原島

目次

幹事長退任挨拶 幹事長退任のご挨拶	九州大学	白谷 正治	1
幹事長就任挨拶 幹事長就任にあたって	名古屋大学	堀 勝	2
寄稿			
板谷良平先生を偲んで	愛媛大学	橘 邦英	3
トピックス			
解説「一家に1枚 未来をつくるプラズマ」	長崎大学 京都工芸繊維大学	藤山 寛 比村 治彦	5
第8回プラズマエレクトロニクス賞			
選考結果の報告	九州大学	白谷 正治	7
プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	東北大学	寒川 誠二	8
研究室紹介(その47)	静岡大学	清水 一男	10
海外の研究事情(その28)	テキサス大学ダラス校	小川 大輔	16
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			
プラズマの生成と制御	大阪大学	節原 裕一	19
国際会議報告			
3rd International Conference on Plasma Nanotechnology and Science (IC-PLANTS 2010)	名古屋大学	石川 健治	35
2nd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2010)	中部大学	中村 圭二	36
International Workshop on Plasmas with Liquids 2010 (IWPL2010)	愛媛大学	橘 邦英	38
国内会議報告			
2010年春季 第57回応用物理学関係連合講演会 シンポジウム プラズマとナノ界面の相互作用 ～プロセス揺らぎの制御を目指して～	首都大学東京	柄久保 文嘉	39
第4回分科内招待講演 「プラズマサイエンスに基づくものづくりを語る」	名古屋大学	白藤 立	41
第5回プラズマ新領域研究会 (第1回プラズマ支援燃焼研究会)	大阪大学 北海道大学	伊藤 剛仁 佐々木 浩一	42
第4回 光・プラズマプロセスのバイオ応用ワークショップ (BAPP-4)	大阪大学	浜口 智志	43

第27回プラズマプロセッシング研究会(SPP-27)	防衛大学校	中野 俊樹	44
----------------------------	-------	-------	----

行事案内

2010年秋季 第71回応用物理学会学術講演会 シンポジウム 反応性プラズマの制御による先進プロセッシング ー板谷良平先生追悼シンポジウムー	東北大学	金子 俊郎	46
第5回分科内招待講演 「プラズマが拓く新概念応用の可能性」	豊田工業大学	佐々木 実	47
第4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	北海道職業能力 開発大学校	吉野 正樹	48
第21回プラズマエレクトロニクス講習会	東京大学	神原 淳	50
7th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-7) / 63rd Gaseous Electronics Conference (GEC) / 28th Symposium on Plasma Processing (SPP-28)	名古屋大学	豊田 浩孝	51
32nd International Symposium on Dry Process (DPS 2010)	名古屋大学	宮崎 誠一	53

掲示板

平成22年度プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿			55
平成22年度分科会幹事役割分担			57
平成22年度分科会関連の各種世話人・委員			58
平成21年度後期および平成22年度前期活動報告			59
第9回プラズマエレクトロニクス賞公募			65
プラズマエレクトロニクス関連会議日程			66
編集後記			68

幹事長退任にあたって

九州大学 白谷正治

プラズマエレクトロニクス分科会は、次々と若い世代が活躍するとともに、従来からの会員も頑張っており、応用物理学会の中でも特に活気のある分科会の一つです。この勢いをさらに伸ばすためには、若い方々が続々と入会し分科会の運営等に積極的に関わっていくことが先ず重要です。優秀な人材の有無が全てを決めると言って過言ではありません。

産業界の研究者の寄与が大きいことも、当分科会の長所です。従来から柱であったエレクトロニクスだけではなく、広範な産業界の研究者に分科会に参加していただくことは、産業界のニーズを把握するとともに、産業界にシーズを提供する観点からも、分科会のさらなる発展には必要不可欠です。グローバル化が進み世界でトップの企業のみが生き残れる時代には、研究開発のスピードが企業の浮沈を左右する大きな要因となります。この観点から、大学人も従来とは異なる次元のスピードで研究開発を行う気概・創意工夫・努力が求められます。これにこたえて、初めて産業界から必要とされる分科会といえます。多くの会員が、基礎となる科学と工学を進展させるとともに、ニーズを意識して研究を行うことも必要でしょう。

分科会の関係する研究の中心は、放電プラズマの基礎、LSI用プラズマプロセスの基礎と応用、さらには太陽電池、環境、バイオ関連の研究へと変遷してきました。大気圧プラズマ・水中プラズマ等も含めて、プラズマだけで研究が成立する時代ではありません。新しい材料、新しい化学等を取り込んだ研究展開が必須です。自分の研究の新しい〇〇が何であるかを自問するのも良いと思います。分科会の研究者には、例えばプラズマ診断と新規酸化半導体のような、異なる軸での2枚看板が必要であり、この両者に独自性が求められています。大学の人事公募に海外から複数の応募があるのも日常的になりつつあります。グローバ

ル化のために世界でトップの人のみが生き残る世の中に急速に変化しています。この意味からも、大学・会社・社会から求められる研究者を目指して下さい。今後も、時代を先取りして革新的で発展性のある重要な研究が次々と分科会の中から現れ、常に世界を先導し続けて行きたいものです。そのためには、現存する重要課題や未解決の課題に関する研究だけでなく、萌芽的な研究に挑戦していく必要があるでしょう。萌芽期の研究を、大きな研究の流れにするには、個々の研究者の信念と将来展望に基づく粘り強い努力が重要だと信じています。是非、信念をもって研究を推進して下さい。

分科会としては、国際化が進む中で海外の研究者の会員数を増やす施策も必要だと考えます。このためには、英語記事を会報に常設する等、海外会員向けのサービスを実施する必要があります。

学会の法人形態が変更となり、応用物理学会の執行部・事務局は多くの負担を強いられています。学会運営の透明性を高めるのも重要かもしれませんが、学会の最重要使命である学術を進展させることを最優先することが、世界との競争に勝つためにも重要でしょう。この意味で、分科会が運営する各種の研究集会等では、参加者数と会計も重要ではありますが、良い学術的成果が得られることを中心に据えることが必要です。

最後になりますが、白藤副幹事長、藤原副幹事長、幹事の方々、SPP27 実行委員長の中野先生、学会事務局（特にプラズマエレクトロニクス分科会担当の伊丹様）には大変お世話になりました。篤く御礼を申し上げます。2年間、分科会会員の皆様方にも様々な御協力をいただき本当にお世話になりました。堀新幹事長を初めとする幹事の方々には分科会がますます発展するように上手な舵取りをお願いして筆を置かせて頂きます。

幹事長就任にあたって ～大学教授の教育～

名古屋大学 堀 勝

低コスト諸国の追い上げによって、モノづくりを先導してきた日本の産業の凋落が毎日のように日本経済新聞で報道されている。プラズマは、モノづくりのツールの最先端科学技術として過去30年に亘って産業を支えてきた。産業応用のプラズマの進展がなければ、携帯電話も太陽電池も世の中には存在しないことは明白である。プラズマエレクトロニクス分科会は、プラズマの中味の理解を深化することによって、プラズマ科学技術を発展させようという目的で設立された。産官学から約450名の会員が所属し、教育、研究から技術開発、製造に至るまで、日本の産業応用プラズマの根幹を成す頭脳集団を形成している。このようなコミュニティは、世界中を見渡しても類を見ない。逆に言えば、このコミュニティの活動を「如何に人類の永続的な進展に役に立つものに行うことができるか」が分科会の大きな使命であると考えている。したがって、日本が直面している世界的な激動を目の前にして、幹事長として分科会の舵を取ることに大きな責任を感じている。

学会は、これまで会員サービスのための奉仕として継続的な運営がなされてきた。今では、日本の危機的な状況を鑑みて、分科会をさらに戦略的に活用することも必要ではないかと考えている。

分科会が主催する「反応性プラズマ/電離気体国際会議」が史上初の欧米アジア合同会議として830件以上の講演が集まり、10月4日～8日にパリで開催されることは、本分野の重要性と分科会の力の大きさを示している。一方で、これまで最先端応用技術を牽引してきた大手電機メーカーの衰退に伴い、我国のプラズマ科学技術のポテンシャルに陰りが見受けられる。

分科会が、次世代の日本の先端科学技術と産業の発展に貢献するためには、学会の使命の一つである「教育」に重点を置くことが重要な意味を有している。特に、科学技術と人材育成の根幹を支えている大学における「教授」の役割と使命は極

めて大きい。

最近、30代で企業から大学教授になる例も見受けられるが、大学教授の教育はどうなっているのであるか？一旦就任すれば、定年まで落ちることのないポジションで、自己研鑽のみで成長できるはずもなく、多くの学生を抱えている教授の質とモラルの劣化は、社会に大きな弊害を与えている。

自己の経験を振り返ってみると、学会を通して、多様な分野の方々とめぐり合い、時には諸先輩から厳しい薫陶を受け、また多くの方々とフレンドシップかつ競争的な関係が自己の研鑽と成長につながった。特に、応用物理学会講演会や研究会における「厳しい質疑応答」、「次回の講演会までに科せられる宿題」、「学会後の激論」、「親身なアドバイス」などを通し、世代を超えた関係から、叡智とモラルを植え付けていただいた。さらに、大型プロジェクトの立案などを通して、互いの知恵を共有しながらも切磋琢磨しながら成長する場を学会からいただってきた。

「最近の学会はどうであろうか？」真剣勝負の場である講演会や研究会の質は、十分とは言えないよう思われる。新しい成果や知見が発表され、緊張感みなぎる環境で質疑応答が行われ、自助努力による浄化作用によって、発表の質を高めていくようなシステムの充実が必要であろう。

今こそ、学会の本分に回帰し、講演会や研究会の質的向上を実現したい。次世代の若者に教育を行うプロとしての大学教授の教育の場として分科会の機能を活性化することこそ、資源の無い我国が永続的に繁栄していくための唯一の方策のように思える。分科会の幹事長として、基本に立ち戻り、世界最高レベルの頭脳集団として分科会の機能の充実を図りながら、グローバルかつ戦略的なプラズマ組織の立ち上げに取り組みたい。

板谷良平先生を偲んで

愛媛大学理工学研究科 橘 邦英

故 板谷良平先生 (京都大学名誉教授)



1930年 兵庫県にて出生
1953年 京都大学工学部電気工学科(旧制)卒業
1953年 日本電気(株)入社
1955年 京都大学助手
1968年 京都大学教授
1993年 新居浜高専校長
2010年 逝去

(1998年 Hawaii での ICRP-4/SPP-16 の折に撮影)

プラズマエレクトロニクス分科会の会員であり、永年にわたって本分科会の活動に指導的役割を果たしてこられた板谷良平先生が、本年3月7日に永眠された。応用物理学会の学術講演会やプラズマプロセス研究会において、いつも前列の席から後進の研究成果に耳を傾け、鋭く本質的な質問や適切なアドバイスを通して、若手の成長を暖かく見守って下さっていた先生のお姿が懐かしく目に浮かぶ。

私は、残念ながら先生の研究室出身という意味での弟子ではないが、初めてお会いしたのは京都大学の修士1年生の折に、放電プラズマ関連の講義を受講したときに遡る。1969年のことで、先生が38歳の若さで教授に昇進されて2年目の頃であった。先生は教壇の上を精力的に動き回って、時には高い所に飛びつくように板書しながら熱心に講義をされていた。内容はあまり覚えていないが、僅かに思い出すのはダブルプローブの話で、RCAのJohnsonとMalterがPhys. Rev.に発表した論文の解説を夢中になって下さった。

その後は、私が他の大学に奉職したことや研究の内容が多少違っていてもあって、1980年代の初め頃まではお目にかかることもなかった。しかし、やがてプラズマが半導体プロセスに应用されるようになり、

名大の後藤先生や、早大の加藤先生、慶大の真壁先生、日立の岡本さん(現在東洋大)達と一緒に、応用物理学会の放電プラズマ分科会をプラズマエレクトロニクス分科会に改組し、さらに研究会から分科会を設立するに至った。その頃には、プラズマ科学と材料科学の学際領域が注目されるようになり、1983年にはプラズマの研究者と材料の研究者が、互いに膝をつき合わせて新しい連携の方向を探るための下相談をする機会が設けられた。それが、あの伝説的な第ゼロ回プラズマプロセス研究会であり、板谷先生はプラズマの専門家として参加されていた。プラズマ側の代表者であった名大プラズマ研の池上先生からは、「要するに、プラズマはただ分子を壊すだけの道具ですか?」といった厳しい質問がなされたりしたが、板谷先生はプラズマと基板間のシースを通しての粒子の輸送過程に注目され、新しい方向を見据えておられたように思う。

その翌年から、プラズマプロセス研究会が毎年開催されるようになり、そのうちに文科省の重点領域研究にプロジェクト研究として申請しようという動きが、後藤先生を中心にして高まり、理研の土手敏彦先生を代表に数回チャレンジしたがうまく事が運ばなかった。そこで、新しい代表者として板谷先生に白羽の矢を立ててお願いをし、先生の主導の下に課題名も「反応性プラズマの制御」という簡潔でインパクトの強いものに変えて2回目の申請で採択されるに至った。

先生はその申請書の作成に多大の心血を注がれたが、その折々に、「京都大学の板谷です」という切り出しでよく電話を頂戴した。それは決まって夕刻であり、これから来てほしいというものであった。30分程で行ける距離であったので、軽く請け負って出かけるまでは

よかったのだが、先生がパソコンに直接入力していかれる文章や内容に、机の脇に立って色々と言葉を挟んでいると、夜の12時になっても終わらないことが常であった。それも懐かしい思い出であるが、後年にまさか自分が先生の研究室を継いで、その部屋でその椅子に座ることになるとは、全く思いも及ばなかった。

その頃、先生がよく口にしておられたのは、「あるがままのプラズマ」ではなく、「意のままに制御されたプラズマ」を実現するという目標であった。科研費のヒアリングでは、Hg-Ne 混合ガスを封入したランプがパルス変調波形によって可変色にできることを、電子温度制御の具体例として実演し、強い印象を与えることができたと得意がっておられた。しかし一方では、よく「プラズマは犬か猫か？」という質問をされ、見掛けは従順を装っても一筋縄ではいかないプラズマの本質を楽しんでおられた。ともかく、その重点領域研究が発足したことによって、先生の元に多くの若手研究者が集まり、熱気に溢れた雰囲気の中で、「反応性プラズマ」の組織的で本格的な研究がスタートした。今では、その多くのメンバーが古参になったり引退したりする年頃になってしまったが、その頃の僅かの科研費は、研究室の立ち上げや新しい装置の導入において誠に有難く有用なものであった。

それを契機として、比較的うまい具合に、重点領域研究「フリーラジカルの科学」や特定領域研究「マイクロプラズマ」などが次々と採択され、先生にはそれらのプロジェクトの評価委員として、辛口のコメントや懇切なるご指導をして頂くことができた。

京大で定年を迎える1年前の1993年に新居浜高専の校長として着任され、5年間に渡って高校生から大学生の年齢に相当する若者の教育や学校運営に携わられた。また、その間には新居浜市や愛媛県での地域活性化の事業にも

関わられ、プラズマプロセスにおける排ガス処理装置の開発や、リハビリテーションを工学的に考えるための介護工学研究会の創設に注力され、更には照明学会の会長も努められた。その余暇には、ご自身のヨットで瀬戸内海でのクルージングを楽しんでおられた。

ところで、私には今もって板谷先生の真似をできないことが幾つかある。まず、その一つはカラオケである。何度となく先生行きつけの「サントロペ」という祇園のピアノラウンジへ連れて行って頂き、先生の朗々とした美声を聞かせて頂いたが、私自身はとてもピアノの伴奏で歌えるまでには至らなかった。他の一つは、何事においても常に前向きに思考される姿勢である。ご承知のように、先生は晩年には脳溢血の後遺症で半身が不自由になられたが、ご自身の治療やリハビリで次々と新しいアイデアを提案され、医者とも共同研究の相談までされたりしていた。まさに臨終の床でも、その姿勢は変わらなかった。逆境において「なってしまったことを悩むより、その状況を受け入れて改善の努力をする方がよい」という考え方は、言うは易しく実行は難しいものであるが、それを生涯貫き通された強く若々しい意志には感服するしかない。

先生のご冥福を心よりお祈りしながら筆を置く。



九州・山口プラズマ研究会(2000年)での板谷先生を囲む集合写真

トピックス

解説「一家に1枚 未来をつくるプラズマ」

長崎大学 藤山 寛、京都工芸繊維大学 比村治彦

本誌に同封された「一家に1枚 未来をつくるプラズマ」(以下、「マップ」という。)をご覧になってください。そのマップは毎年4月中旬の科学技術週間に合わせて文部科学省が発行しているサイエンスマップシリーズの第6弾で、全国の小中学校・高校に2部ずつ計約8万部、また、科学館や博物館などの科学教育施設を通じて約15万部が一般の方に無償で配布されました。マップの制作にあたったのはプラズマ科学連合プラズママップ制作委員会のメンバー9名と、イラストレーター、そして荒川印刷(名古屋市)のデザイナーです。ここではマップ、マップ制作に至った経緯、マップの構成とデザイン他について説明いたします。

[サイエンスマップとは]

サイエンスマップ「一家に1枚シリーズ」の始まりは2005年に化学分野が制作した周期表です。それ以降、文科省は毎年企画の募集を行っています。そして応募の中から一つの企画を採択して、サイエンスマップの制作を認めています。周期表(2005)以降、これまでヒトゲノムマップ(2006)、宇宙図2007(2007)、光マップ(2008)、天体望遠鏡400年(2009)の4種類が刊行されています。全サイエンスマップのPDF版が文科省の科学技術週間ページ(次頁のURLを参照)にアップロードされています。誰でも自由にダウンロードできます。マップを使って講義や講演資料をご作成される際にはそちらをご利用なさってください。

[各学協会の連携によるマップの制作]

プラズマ科学分野でマップを制作するきっかけとなったのは、日本原子力研究開発機構の松田慎三郎先生(当時のプラズマ・核融合学会会長)が過去のサイエンスマップシリーズをご覧になられたことによります。この一方で、折しもいま、各学協会に

分散して展開されているプラズマの研究活動を総合的に把握して、プラズマニューフロンティアを探し出し、そこへと挑戦していく気運がプラズマ研究者の間で高まりつつあります。この火花に火を灯して小さな炎とし、さらなる燃料を補給して大きな火とするために、各学協会の連携の下で来年秋にPlasma Conferenceを金沢で開催する計画が進められております。この活動を活発化させるためには各学協会の連携を深めることが非常に重要です。つまり、本マップの制作はオール・プラズマコミュニティによって初めて手掛けるにふさわしいタイムリーなキックオフ企画でもあったわけです。そして、このキックオフは見事に成功しました。

[マップ制作で意識した点]

第一に、前述の通り、サイエンスマップは児童や生徒、そして一般の方々を対象としています。過去のマップは周期表を除いて玄人好みに仕上げられており、これが問題点になっていることを文科省から聞かされておりました。制作委員会では、マップの形態を「一家に1枚シリーズ」の6つの基本コンセプトへと戻すよう努めました。

第二に、我々プラズマ研究者にとって最も嬉しいことは、マップを見た小中高生がプラズマ科学分野に入ってきてくれて、セッションを盛り上げてくれることです。しかしながらそれは早くても5年後です。そこで、マップでは現代社会においてすでに存在しているプラズマだけでなく、未来社会の身の回りで活躍するであろうプラズマ新テクノロジーを入れることで、次の世代を支える小中高生がプラズマを身近に感じ、プラズマによる新しい応用と発展に対して強い期待感を持つように努めました。

第三に、マップではプラズマ科学技術の世界を広くそして大きく見せられるように、お寄せ頂いた写真の中から幾つかを選定させて頂き、そこにイラストを補足追加する手順で制作を進めました。その

ために、せっかくお寄せ頂いたにも拘らず、多くの写真をボツにせざるを得ませんでした。この場をお借りしまして、深くお詫び申し上げます。

[マップの構成]

マップでは、プラズマがプラズマテレビや蛍光灯など私たちの日常生活の空間スケール(空間長)にとどまらず、ナノサイズから宇宙のスケールまで、すなわち微小粒子の生成・太陽電池薄膜の生成・半導体デバイスの製造などいわゆるナノテクノロジーといわれる微細加工技術に不可欠なツールとして用いられる一方で、地球磁気圏や太陽のような非常に長いスケールで生じる自然現象でもプラズマが本質的な役割を果たしていることを表現しています。

このようなプラズマの多階層性と、プラズマが常に産業技術の進歩と共にあり、私たちがプラズマから恩恵を受け続けている歴史的経緯を同時に示すために、遠近法により描かれた町のイラストをバックに置きながら、過去から未来へと繋がる時間軸をマップ左下から右上へと走る3本の矢印で表現しています。そして、この矢印に乗せる形で、太古のヒトの火(火もプラズマです)の利用から始まり、2010年現在すでに実用化されている技術や約10年後の社会で実現が期待される新しいプラズマテクノロジーの中から代表的なものを示すとともに、矢印の最後に21世紀半ば頃の実用化を目指した核融合エネルギー開発を配置しています。

各項目の説明文については30字程度の簡潔明瞭なものにしています。このマップにはウェブからリンクが張られる予定ですので、細かい専門的な説

明はそちらに委ねています。また、このウェブを用いた更なる勉強を促すように、マップの右下に「ウェブで調べてみよう」と噴き出しを用いて書き入れています。コラム部分では、(1) プラズマとは何か、(2) なぜ宇宙(太陽系)はほとんどプラズマなのか(3) なぜプラズマは役に立つのか、という私たち専門家が一般の人から頻繁に受ける質問に対して、分かりやすくかつ短い言葉で答えています。

[マップのデザイン]

マップには多くの視覚的な工夫を施してあります。第一に、遠くからマップを見る人達の目を引きつけるために、プラズマのカラフルな発光特性を利用してポスターをビジュアルに仕上げています。第二に、それぞれのプラズマ技術に対して分かりやすいキャッチコピーを大きな字で付けることで、一般の人々が身近な物や事象と関連付けて見ることができます。第三に、例えばプラズマという字体に子どもたちの間で人気のアニメで使われているプラズマアイテムをそっと入れたり、3本の矢印を伸び上がるように描いたりすることで若者が多用している絵文字の「グッド」を意図するなど、少し遊び心を持ってポスターを見ることができるよう雰囲気を柔らかくしています。これにより、子どもたちの理科に対する取っ付きにくさを、見た目から少しでも軽減するように試みています。

最後に、文部科学省関係者の方々、本マップの作成に直接的・間接的に携わってくださった全ての方々、そして画像を提供して頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

「一家に1枚 未来をつくるプラズマ」の制作は、下記の方々及び各機関のご協力により行われました。

製作・著作: 文部科学省 (科学技術週間 <http://stw.mext.go.jp/>)

企画・編集: プラズマ科学連合、(株)荒川印刷

制作・監修: プラズマ科学連合「プラズママップ」制作委員会

藤山 寛、比村治彦、北野勝久、春日井 敦、村上 泉、豊田浩孝、安藤 晃、
水野 彰、北澤由美子

イラスト: 斎京昭慈

協力: プラズマ・核融合学会、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会、日本物理学会領域2、
電気学会プラズマ技術研究会・パルスパワー研究会・放電研究会、静電気学会

第8回プラズマエレクトロニクス賞

選考結果の報告

九州大学 白谷正治

受賞対象論文

論文名 : On-wafer monitoring of charge accumulation and sidewall conductivity in high-aspect-ratio contact holes during SiO₂ etching process

雑誌名 : Journal of Vacuum Science and Technology, Vol. B25, No. 6, (2007) pp. 1808-1813.

著者名 : B. Jinnai, T. Orita, M. Konishi, J. Hashimoto, Y. Ichihashi, A. Nishitani, S. Kadomura, H. Ohtake, S. Samukawa

受賞者

陣内佛霖 (東北大学)

折田敏幸 (OKI セミコンダクタ宮城)

橋本潤 (東京エレクトロン技術研究所)

市橋由成 (三洋電機)

大竹浩人 (東北大学)

寒川誠二 (東北大学)

受賞理由

受賞論文において、受賞者らは長年に渡って取り組んできた半導体集積回路の高精度加工技術に貢献する画期的内容を報告している。具体的には、プラズマプロセスでの高アスペクトの微細パターンで発生するチャージング現象を、実際の基板上でリアルタイムにその場測定するオンウエハ・モニタリング技術を開発し、定量的に実測することに成功している。1) 微細加工技術の進展, 2) デバイスの歩留まり向上に大きく寄与する成果であり、プラズマエレクトロニクス分野の発展に貢献するところが大きいと期待される。

プラズマエレクトロニクス賞選考委員会

委員長 畠山力三 (東北大学)

副委員長 白谷正治 (九州大学)

委員 河野明廣 (名古屋大学)

委員 白藤 立 (京都大学)

委員 藤原 伸夫 (ルネサス テクノロジ)

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

東北大学流体科学研究所 寒川誠二

1989年に電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマおよび高周波酸素プラズマアッシャーの損傷に関する論文を投稿して以来、私は20年に渡って主にプラズマプロセスにおける損傷を追及してきた。その間、プラズマからの電荷蓄積および紫外線照射による損傷を明らかにし、そのモニタリング技術および抑制手法の開発を行ってきており、プラズマエレクトロニクスおよび半導体デバイス分野の発展に多少なりとも貢献できたのではないかと自負している。本受賞は、プラズマ照射損傷のメカニズムとそのモニタリング手法に関する論文に対してであるが、私が過去20年に渡って行ってきた「超低損傷プラズマプロセスへの挑戦」に関しても少なからず評価を頂いたと思っている。

プラズマプロセスにおける照射損傷には、電荷蓄積による損傷と紫外線照射による損傷がある。電荷蓄積による損傷はプラズマから基板表面に電荷が蓄積して絶縁破壊や入射イオンの軌道を劣化させるという問題が発生する。紫外線照射による損傷はプラズマから基板表面に高エネルギーの紫外線が入射することで絶縁膜中に電子・正孔対や欠陥を発生させることによりデバイス電気特性やエッチング特性を劣化させる損傷である。これらの問題はデバイスが微細化されればされるほど、アスペクト比が大きくなればなるほど激しくなるので、今後ナノスケールのデバイスを製造するためには、これらダメージの高精度なモニタリングと抑制手法の開発

が重要である。

私どもが2000年に提案して開発してきたオンウエハーモニタリングシステムは実際のシリコン基板上での電荷蓄積量および紫外線照射量のその場観察が可能であることと、10年に渡るデータベースの蓄積によりそのセンサーデータに基づいてエッチング形状やデバイスでの損傷量の予測が可能な解析ソフトを搭載したシステムであるところに大きな特徴がある。その結果、従来ブラックボックスであったプラズマ状態と実際のデバイス表面で起きている損傷を時間分解で直接結びつけることに成功した。このオンウエハーモニタリング技術を用いることで、実際の半導体量産工場やプラズマ装置メーカーにおいてもデバイスを実際に作製しなくとも損傷レベルが定量的に分かり、条件の最適化の有効な指針となる。特に今後32nmレベル以降のデバイスにおいては紫外線による欠陥生成がデバイス特性を大きく劣化させることが予測され、世界で初めて基板に入射する紫外線による損傷を予測できるセンサーシステムとして極めて重要である。

更に、並行して私どもは超低損傷プロセスを実現できる手法としてパルス時間変調プラズマプロセスの効果や中性粒子ビームプロセスを提案し、実用化してきた。パルス時間変調プラズマは1992年に提案し、低圧高密度プラズマでありながらオフ時間中に負イオンを効率よく生成し、電荷蓄積による損傷を抑制できる手法

として注目を浴びた。その後、最近まで解析を継続し、紫外線照射による損傷も軽減できる手法であることも明らかにした。最近になって装置メーカーで実用化されて半導体デバイス製造などで重要な加工技術として広く用いられている。一方、更なる超低損傷プロセスとして中性粒子ビームを2000年に提案した。この手法はパルス時間変調プラズマを更に発展させたもので、パルス時間変調プラズマで生成した負イオンを主に用いて中性粒子ビームを高効率に生成する手法である。電荷蓄積や紫外線照射による損傷をほぼ完全に抑制できる手法のため、これからの超先端ナノデバイスにおいて極めて重要な技術となっている。これらの抑制手法の効果を定量的に明らかにし、革新的ナノデバイスのために原子層レベルでの損傷制御が実現できる超高精度加工、成膜、表面改質を提案してきている。

プラズマプラズマプロセスの本質はプラズマと表面との相互作用である。過去、プラズマエレクトロニクス分野の研究者たちによりプラズマ生成制御や気相診断技術の研究が活発に進められて技術がデータベースとして蓄積されてきた。この気相状態と表面との相互作用を結び付けることはまさにデバイス応用の研究開発であり、従来は個別デバイスの企業研究者・エンジニアが中心になり進められてきた。しかし、個別デバイスに関わるために、必ずしも技術として蓄積されてきたとは言えない。そのため、経験的なアプローチが多かったのも事実である。しかし、デバイスがナノレベルになってきた今日、基板表面で起きている諸現象の原子層レベルでの解析と制御技術の開発が極めて重要である。そのために表面への電荷蓄積状態や紫外線

照射による欠陥生成のその場リアルタイムモニタリングはまさにシリコン基板表面で起きている現象を明らかにするために大きく貢献できるものと期待している。

プラズマプロセスの半導体ナノデバイス応用において最大の課題の一つはデバイスへの損傷である。そのため、超低損傷プラズマプロセスへの挑戦はプラズマエレクトロニクスの更なる発展に必要不可欠であると確信する。そして、今後はナノデバイスにおけるブレークスルーは超低損傷プラズマプロセスにより成し遂げられることを具体的に示して行きたいという決意を研究室発足10周年の区切りに新たにしているところである。

現在まで、プラズマエレクトロニクス分科会の多数の先生方にご指導、ご支援をいただきながら育てられ、これらの研究を進めてきた。この分科会からプラズマエレクトロニクス賞を受賞したことは大変大きな喜びである。今後もこの受賞に恥じない研究活動を継続し、結果として日本および世界に貢献できたらと思っているところである。最後に、本受賞テーマであるオンウエハーモニタリング技術に関して、半導体デバイス製造メーカー11社によるコンソーシアム・(株)半導体理工学研究センター(STARC)に多大なるご支援を頂き、また、そのSTARCプロジェクトと一緒にオンウエハーモニタリングの研究を精力的に推進していただいた、ソニー(株)・門村新吾氏、三洋電機(株)・市橋 由成氏、沖セミコンダクター宮崎(株)・折田 敏幸氏、東京エレクトロン技術研究所(株)・橋本 潤氏、野沢俊久氏、東北大学・陣内佛霖氏、大竹浩人氏に心より感謝いたします。

研究室紹介(その47)

静岡大学 イノベーション共同研究センター

マイクロプラズマ応用研究室 清水 一男

1. 静岡大学とイノベーション共同研究センター

この度、プラズマエレクトロニクス分科会幹事長である堀先生より研究室紹介の機会を頂き、大変に感謝しております。H15年末に静岡大学に赴任して以来、六年ほど経ちまして、曲がりなりにも研究室らしい運営体制が出来てきましたので、当研究室の紹介をさせていただきます。



図1 イノベーション共同研究センター

まず私の所属するイノベーション共同研究センターという組織から説明したいと思います。国立大学が法人化する中で、各大学はより一層、自律的な運営を求められることとなりました。大学

の使命としても従来の「教育」、「研究」に加えて「社会連携」という第三の柱が課せられてきています。静岡大学では法人化以前より地域共同研究センター、ベンチャー・ビジネス・ラボラトリーという産学官連携を推進する組織を擁しておりました。法人化とほぼ同時期にこれらを集積し、新たに「イノベーション共同研究センター」として改組し、外部資金（競争的資金、共同研究費など）の獲得、大学発ベンチャーの推進を使命の一つとしております。

私は静岡大学に赴任する以前は、国家公務員特別職として勤務しておりました。それ以前も国立大学（東京大学・工学系研究科、新領域創成科学研究科 静電気学会長の小田教授の研究室）に勤務していたので、静岡大学に赴任後、初めて国家公務員の立場でなくなったことになります。そしてそれは教員として私個人の立場というだけでなく、国立大学、さらには公立大学、私立大学まで含め各々の大学に所属する教員の立場もだんだんと「社会連携」を意識したものにシフトしつつある事を感じます。

前振りが長くなりましたが、こうした背景、イノベーション共同研究センターという組織から静岡大学に赴任後の研究テーマは事業化、実用化を徹底的に意識したテーマに絞ろうと決めました。これはプラズマという幅広い分野の中で自分が、その専門家として行いうる部分、静岡大学の中での組織的位置付けという事からです。

現実的には赴任当時、全く装置類（および研究費）が無い中で立ち上げねばならなかった為になるべく低予算で行えるような小型の装置かつ低価格で使えるプラズマ発生源を創ろうと言う意識が強かったためです。翌年度（H16年）の科研費・若手研究（A）が採択されてからは徐々に分析装置類も充実してきましたが、これらの研究費補助金はスタートアップ時には本当に助かりました。

しかしながら昨今の事業仕分けの議論でしばしば耳にするような大学での研究テーマが「事業向きであるとか、経済的に成り立つとか、成果が見られないものは価値が無い」ような風潮、そこに私は強い違和感を覚えています。次に紹介するマイクロプラズマ応用の研究テーマはどれも事業化、実用化を目指せるものなのですが、やはり基礎部分、プラズマ分野の研究で言えば、計測やプロセス診断、シミュレーションなどでしょうか。こうした部分はきちんと抑えておかないとプラズマ分野の研究のみならず、大学としての足腰が弱くなってしまふ、という危機感が有ります。平成20年よりポストドクターとしてDr. B. Mariusを本研究室に迎えてからは、こうした分野を進めていくよう意識しています。

浜松という土地は私の故郷でもあるのですが、赴任する以前の静岡大学は地域における優秀な国立大学という漠然としたイメージが有るだけでしたが、実際に赴任してからプラズマの研究が盛ん、と言う印象を持ちました。工学部のある浜松キャンパスでは現在、名誉教授（兼特任教授）である神藤先生、創造科学技術大学院長である永津教授、荻野准教授がおられます。静岡キャンパスでは理学部では基礎～応用分野にまたがったプラズマを研究されている先生方もおられます。特に永津教授は大学院長として極めてご多忙な状況にも関わらず、プラズマとナノ・バイオ領域を融合させた静岡大学内での大型プロジェクトの一つである

「True Nano」を実現する21世紀先端プラズマ科学技術研究基盤創出事業」を昨年度までの3年間リーダーシップを取られ推進して頂きました。私もその末席に加えて頂きながら、本研究室のテーマとして進めてこられた部分があり、また卒業研究、修士課程の発表などでは副主査としても本研究室の学生にご指導を頂いており大変に感謝しております。今後、特に大型プロジェクトを推進していくには単独の研究室だけでは厳しく、こうした研究室同士の連携や異分野の研究室との連携、さらには企業、他大学との連携が必要になっている事を痛切に感じます。その様な風潮の中でも本研究室は、独自の視点での研究をしていく事で、様々なプロジェクトに関わっていけるようなテーマ設定をしており、研究内容の詳細は第3節以降に

紹介致します。

2. 研究室の構成と活動

現在、本研究室に所属するメンバーとして卒研学生2名、大学院修士課程M1が2名、M2が1名です。前述のポストドク研究員1名と非常勤の事務職員1名と私を加えた8名となります。本研究室に所属する学生は工学部・電気電子工学科、大学院・工学系研究科・電気電子工学専攻から配属されます。後に述べるように研究室のテーマはバイオ系、化学系の研究室にあるような分析装置類や試薬類を使用することがしばしばあります。そのため分析装置などになじんでもらうまで、少し時間がかかることもあります。優秀な学生が多いため、また人数が少ないせいかコミュニケーションもよく取れるため、あっという間に覚えてしまい、私の方が驚かされる事が多いくらいです。



図2 H22年度 研究室メンバー写真

本研究室ではメンバー全員が出席する研究室の打ち合わせは毎週1回行っています。ポストドク研究員がいるため、学生が提出する資料は最低限、題目、グラフなどについては英語での表記が必須です。論文や雑誌の輪講については、それぞれの学生のテーマにあった解説論文や雑誌を私から個別に渡して読んでもらっています。学生からするとプレッシャーになるかもしれませんが、学生の人数が少ないためゆえ学部学生も含めて個々の学生へ目が届くのも本研究室の特徴と考えています。さらに本研究室では一人ひとりに単独のテーマを設定し、尚且つ、卒研学生であってもプラズマに関連した学会での発表を行います。大体、年に

10回程度は参加していると思いますので、ほぼ毎月、何らかの会議に参加していることになりま
す。応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科
会の会員の皆様は、プラズマ・核融合学会や電気
学会の会員でもある方が比較的、多いとは存じま
すが、本研究室では特に室内環境への適用技術の
研究開発をしており、室内環境学会、空気清浄協
会といったところでも報告をしてきています。

また私の所属するイノベーション共同研究セン
ターの推進する使命として大学のシーズを知的財
産権に、研究成果を大学発ベンチャーに移行、そ
して事業化させるというものがあります。

研究成果が実用化に向かって推進する反面、論
文などで成果を発表するタイミングに気を使うな
ど難しい面も有ります。これは静岡大学だけでは
なく、全国の多くの大学が産学官連携組織（例え
ば地域共同研究センター、ベンチャー・ビジネス・
ラボラトリーあるいはTLO、インキュベーション
施設など）を有しつつあるのですが、このやり方
が日本の風土に合うには今しばらくの時間がかか
る、というのが実態、かつ取り組んでいる私自身
の率直な印象です。

静岡大学全体では大学発ベンチャーが23社あ
るのですが、企業の経営まで携わっていくことに
なると、本当に近年の大学教員の先生方は「研究」、
「教育」以外の仕事が負荷としてのしかかってき
ており、大変だと思われま

す。しかしながら、こうした事業化に向けた実用化
研究や試作などは企業様とのやり取りもあるため、
学生には刺激になるようです。私もそれを研究室
の特徴の一つとして、所属する研究室の学生達に
良い意味で刺激を与えられれば幸いと考えていま
す。

3. 研究内容

現在の研究内容は大気圧下におけるプラズマ生
成を出来る限り低い電圧で実現すべく極短ギャッ
プにおける誘電体バリア放電を用いた、いわゆる
“マイクロプラズマ”の生成とその応用研究を主に
行っておりますので、次に詳細を紹介致します。

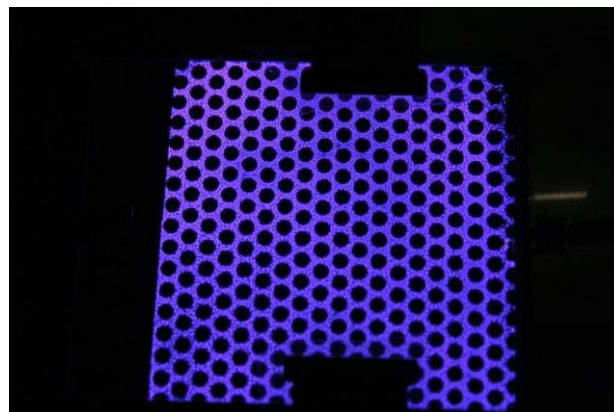


図3 大気圧マイクロプラズマの生成(2 kV)

3.1 大気圧マイクロプラズマを用いた室内空気の臭い処理

近年、シックハウス症候群などに代表される室
内空気質 (IAQ: Indoor Air Quality) の向上が意
識されてきています。代表的な化学物質としてホル
ムアルデヒドなどが上げられますが、部屋の気
密性が上がることで、問題となってきています。
大気圧プラズマを扱う先生方の研究室では窒素酸
化物などの有害物質を比較的、濃度の高い領域(数
ppm~数百ppm程度)を10 kV~程度の電圧で処
理するケースが多いと感じています。

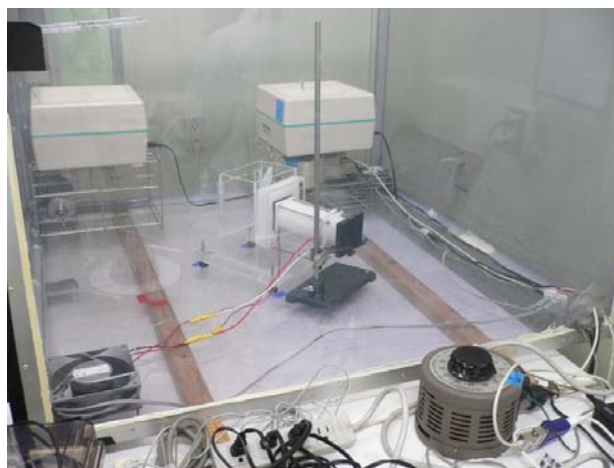


図4 室内空気処理実験の様子

我々の研究室では電極構造を最適化することで、
大気圧下におけるプラズマ生成を1kV以下で実現
しました。対象とするホルムアルデヒドなどの濃
度は0.1ppm(=100ppb)位です。さらに室内空気浄
化のためにオゾンが発生しない条件も見出しつつ

あります。この条件下で室内空気では有害成分となるホルムアルデヒドを除去出来るように成りました。

プラズマ関係の学会では大気中でのプラズマ処理でオゾン生成はごく当たり前の現象として受け止められますが、室内空気浄化、室内環境の学会では建築系の先生方、呼吸器系の先生方など、多方面の分野の先生方が出席されているためわずか0.1ppmのオゾン生成でも「高すぎる濃度」として指摘されたこともあります。

また本成果を学会などで報告した当時は、マイクロプラズマという概念もまだそれ程、知られていなかったため、プラズマ生成を疑われたりしたこともありましたが、学会では報告仕切れない詳細を説明することでご理解を頂いたこともありました。

これらの笑い話とも苦労話ともいえる話は新たな領域を開拓していく楽しみとも考えています。

3.2 大気圧マイクロプラズマを用いた室内空気の除菌

昨年は新型インフルエンザの蔓延が大変な問題となりました。幸い日本では死亡した人数も200人弱、入院された方も2万人弱と、当初、想定されたより少なくなりました。これは水際での対策やマスク、ワクチンなどの総合的な対策が奏功したものと考えられますが、空気質への関心は高まっています。本年度も空気清浄機の販売台数の増加はかなり見込まれています。

イオン発生機能を有した空気清浄機は各家電メーカーなどから販売されていますが、電氣的にはいわゆる微弱なコロナ放電形式が主流となっています。これは先にも述べたオゾン生成を抑制するためと考えられます。オゾンが生成されにくい条件下で微弱なコロナ放電により生成されるイオンなどの荷電粒子を発生させ除菌するメカニズムですが、プラズマを専門とする立場からは性能的にやや物足りないのが現状です。

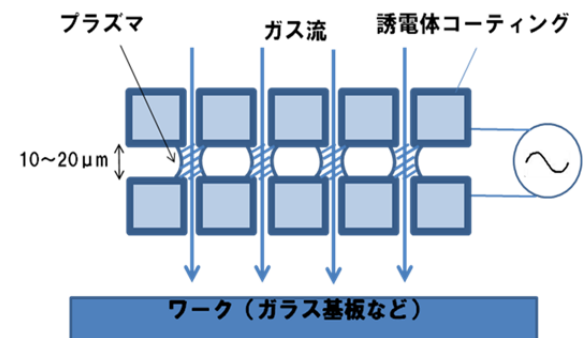
本研究室では性能的にはもちろんですが、コスト（電極、電源など）まで含め、産業界への適用可能な技術として昇華させる事を目指しています。この研究スタンスについては分科会会員の皆様から様々なご意見があろうかと思えます。私なりに

思うところもあるのですが、大学として生き残りをかけていくのに、地方大学では既に研究費の確保など問題が出てきており、基礎研究だけでは食べていけなくなりつつあります。このことは本分野における若手研究者の確保、そして日本全体の科学技術の総合力という点からも、研究者の視点だけでなく、産業界、政府からもより具体的な議論が必要と考えています。



図5 マイクロプラズマによる除菌実験例

3.3 大気圧マイクロプラズマを用いた表面改質処理の研究



- 1.リアルタイム大面積処理への対応
- 2.低コスト化への対応
- 3.静電気障害への対応

図6 マイクロプラズマによる表面改質

表面改質技術も低圧から常圧までプラズマの応用分野として研究がなされてきました。より使い易いという意味では大気圧下でのプロセスが良い

のですが、それを従来の大気圧プロセスから駆動電圧を約1/10に下げた大気圧マイクロプラズマでの研究開発を行っています。

駆動電圧が低いため、本技術の実用化には有利な点が多いのですが、特に昨今の液晶パネルなどでは前処理する部分にあるドライバICのESD（静電気障害）問題が多数、報告されてきています。こうした点についても、マイクロプラズマのリモート利用技術と言う事で従来の表面改質処理に比べて、有利な点をご報告して参りました。

3.5 大気圧マイクロプラズマプロセスの診断



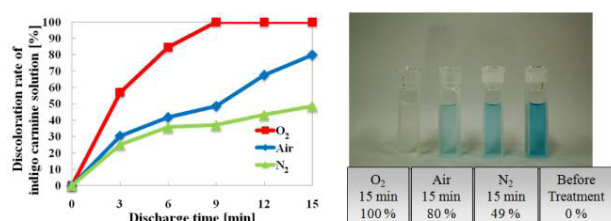
図7 マイクロプラズマの発光分析の様子

大気圧マイクロプラズマは駆動電圧が低いのですが、放電ギャップ長が、その名の通りマイクロメータオーダーですので、実質的な電界強度はむしろ高くなります。これらによってプラズマ中の活性種生成に寄与する高エネルギー電子を効率良く生成する事を目的として研究開発を進めています。その際、ワンショットのパルス電圧のトリガ信号を、分光高度計へのトリガとして同期した測定を行っています。本項目に関連して本研究室では立ち上がり速度が速く、かつパルス幅の短いパルス電源も研究開発と報告をしてきています。パワーデバイスも1k V以下であれば、かなり高速立ち上がり時間を持つMOS-FETがあるため、パルス電源の開発もマイクロプラズマゆえの駆動電圧の低さに助けられているとも言えます（東大時代30 kV～1MVクラスのパルス電源を研究した経験から）。

3.6 低電圧での水処理

本研究室では環境対策技術として大気圧マイクロプラズマの研究を進めておりますが、大気中での環境問題の他に水浄化についても研究開発しています。

Discoloration Rate of Indigo Carmine Solution at Various Carrier Gases



Discoloration rate of indigo carmine improved when O₂ was fed in the solution.

図8 色素分解実験結果例

発想としては液相中のプラズマ生成であっても、やはり駆動電圧をなるべく低くという点にあります。対象として液相中の色素の分解（図8参照）や大腸菌の処理を報告してきました。こうしたプラズマを用いた環境対策技術の研究は電気電子工学系学部出身の学生にとっては、特に分析装置に慣れるまでやや抵抗があるかもしれませんが、研究室内で菌類の培養、評価を行う事も出来、見学に来られる方からは化学系の研究室のようですね、と言われる事もあります。私自身も最先端の研究になればなるほど、異分野間の融合が重要になると考えており、学生には広い研究領域での経験を通して研究の楽しさやチャレンジする事（時に失敗すること）を学んでいって欲しいと考えています。

4. 最後に

静岡大学に赴任して6年目となりました。赴任当初に揃えられた装置と言うとわずかにオシロスコープ1台、パソコン1台、レーザプリンタ1台のみでしたが、自分なりの研究テーマで思う存分にやれる、という嬉しさが、勝っていたと思います。

今後も静電気分野への応用、プラズマを用いた医療支援など研究を進めたいテーマ（や各方面か

らの依頼)は山ほどあるのですが、研究室の規模からテーマの取捨選択が非常に重要で、テーマの“事業仕分け”を行っているのが現状です。

静岡大学の産学官連携組織という立場上、マイクロプラズマの応用研究を主にテーマとして扱っている研究室の私が述べるのは僭越ではありますが、ぜひプラズマ分科会会員の皆様(特に大学に所属の会員の先生方)には私では成し得無い基礎的分野、例えば大気圧プラズマの基礎的プロセスの解明、プラズマによるナノ材料デバイス開発などを強く期待して、本稿の終わりに代えさせて頂きたいと思います。

海外の研究事情（その28）

米大学院留学とそこでの研究事情

テキサス大学ダラス校 プラズマ科学応用研究室所属 小川 大輔

はじめに

今回海外の研究事情について書かせて頂き、本当に感謝しております。外国で活動している日本人の一研究者の端くれとして、常に母国のために何か恩返しができないものかと思っていたので、この記事を紹介して頂いた名古屋大学の堀勝先生をはじめ、関係者方々に厚くお礼申し上げます。僕のような学生はあまり例がないということなので、参考になるかはわかりませんが、「変わった奴がいるもんだ」程度でこの記事を読んで頂けると大変うれしく思います。

何はともあれ、まずは自己紹介から。僕は現在テキサス大学ダラス校で博士課程に在籍している大学院生で、学生が10人程度のプラズマ科学応用研究室（Plasma Science and Application Laboratory）に所属しております（写真参照）。オーバーゼット先生（Dr. L. Overzet）とゲクナー先生（Dr. M. Goeckner）の指導のもと、低気圧プラズマ中へ液粒噴射について研究しています（より詳しい研究内容は後述しています）。もともと日本で学部を卒業し、北海道の室蘭工業大学（以下、室工大）の佐藤孝紀先生のもとプラズマの研究を始めました。研究を進めるにつれ、英語の重要性を知り、何とかそれを克服しようとして米国留学を決意しました。今回はその留学までの過程、日米研究の違い、研究内容について書きたいと思います。

米国留学までの過程

僕の知る限りでは、日本のプラズマ研究者が米大学院にあまり少なく、僕の留学経験が特異だと思しますので、まずは海外留学の実現に至るまでについて書きたいと思います。もともと大学に入学する前から留学したいと考えていたのですが、1にも2にもお金と語学がとても不安でした。僕の家族が特別に裕福ではないですし、帰国子女で



写真：研究室にいるポストドクと学生。2009年8月、ハンニャン大学（韓国）チャング・チンウォック先生のお別れ会にて撮影。一番右端にいるのが僕です。

もありません。そして、コネというコネもなかったもので、全てが手探りでした。そんな中でも大学在学中には札幌市中央区で開かれたフルブライトの留学説明会に何度か出席したり、大学3年の春休みに米西海岸をバックパック1つで旅行するなどして、少しずつ留学を実現しようとしてきました。そして、大学4年のときに、室工大の大学院に進むべきか、北米のどこかの大学院に進むべきか悩んでいたときに、佐藤先生の師匠である田頭博昭学長（当時）が「若い人はどんどん海外に行けば良い」と仰っていたと聞き、とうとう留学を決意してしまいました。ただ、先述した通り、僕にはお金も語学もコネもなかったもので、半年ほど浪人をしまして、まずはカナダのトロントに語学留学をして、言語を学びながら、向こうの大学の様子を探りにいきました。当時、両親が長く自営業のパン屋をやっており、資金的に非常に苦労したのですが、留学を決意した後、親戚の伯母の家に久保田の万寿の一升瓶を買っていき、お金を貸し

てもらってようやく実現しました。1年間の語学留学の後、少しずつTOEFL (Test of English as a Foreign Language ; 北米で留学を志す人に課せられる言語適正試験)の点数が取れるようになり、2004年の秋からテキサス大学ダラス校電気工学科の修士課程に入学することができ、それからさらに1年後、授業に日々苦しまされながらも、現在の研究室に所属することができました。実際のところ、もう少し早く要領よく簡単に留学が実現できたかも知れませんが、いろいろと情報が不足している中、よく無鉄砲にやったなあというのが印象です。ただ、研究もそうですが、あらゆる大きな問題にどうやって少しずつ解決していくかということ、留学を通じて学び、実現したのだと思います。

日米の研究環境の違い

米国での研究環境は、言葉や習慣こそは違いますが、基本的には同じだと思います。しかし、その中であえて違いを見つけるとすれば、第一に、研究スタイルが大きく学生各自にまかされていることです(もちろん一緒に研究する教授の先生や研究室によって違うとは思いますが、、、)。研究さえ進められれば、大学に来て良いですし、来なくても良いのです。その分、結果にはシビアで、もしそれが出来ない場合は自分の首を大きく絞めることとなります。ただ、いつも結果が出るとは限らないので、もし何も示せないのであれば、その課程をしっかりと論理的に説明できることが重要になります。僕の場合、日本にいたときと比べて、かえって研究を真面目にやるようになってしまいました(笑)。そして、学生側での裁量が大きく、自分でどんどんやっていたり、自分でいろいろと考えなければなりません。実際、僕が今使用している実験器具は教授の先生のアドバイスをもらいながら、設計から、材料の購入、作成までしました。今では当たり前になってしまいましたが、そのスタイルに慣れるまで時間がかかりました。第二の違いは、研究をしている大学院生ほぼ全員がリサーチ・アシスタント(RA)かティーチング・アシスタント(TA)になり、授業料と奨学金をもらいながら研究することになることです。このことにより義務と責任を持たされ、より研究に対する真剣度が増します。学生だからという甘えは日

本にいたときよりずっとなくなりました。そしてこの資金は研究費から出るため、それを獲得するためにより多くの論文、新しい研究企画を出すことが学生であっても求められるのです。

以上のことが日米の顕著な違いと考えられますが、結果的には、日本でできるなら米国でも十分にやっているといます。どちらが良い悪いということではなく、研究に集中でき、どのような形でも自然科学に貢献できるのであれば、それで良いと思います。

研究内容

先述した通り、僕はプラズマ中へ液体噴射について、基礎から研究しております。もともとは、テキサス大学の別の分校であるアーリントン校のティモンズ先生(Dr. R. Timmons)と共同研究で、液体プリカーサーを用いた高比誘電率の有機薄膜生成の研究でした。今ではその研究から派生して、低気圧(1Torr以下)プラズマ中の液体を解明する研究に重点を置いています。液体をプラズマ中に直接噴射することにより、プリカーサーは気体に限定されなくなり、より多くの物質が選択できるという点で、幅広いプラズマプロセッシングが将来期待できます。この研究の背景として、軌道運動制限理論^{1,2}や粒子性プラズマ³(ダストプラズマ⁴)があり、我々はこのプラズマを霧状プラズマ(misty plasma)と呼んでいます。この研究の特徴として、まず、液体を真空中に噴射すると、その表面張力とその大きさ(直径約50 μ m)により粒状になります。そして、液体は固体と比べて非常に大きい蒸気圧を持ち、且つ分子間力が弱いので、未確認ではありますが、リアクター内でそれらが絶えず形や大きさを変えることが予想されます。プラズマを生成することにより、液粒を荷電したり、蒸発を促進したり、運動方向を転換したりすることができる可能性があります。もし噴射される液体の運動エネルギーを電気エネルギーにより打ち消すことができれば、液体を電極上での浮遊もでき、粒子などを意図的にプラズマプロセッシングできたりするのではないかと考えています。

現在まで、液体を真空中に安定して噴射する方法とその特性の研究、軌道運動制限理論を用いたプラズマ中にある液粒の状態予測、液粒噴射によ

る薄膜の生成とその分析の研究、液粒噴射によるプラズマの推移の研究をしてきました。蒸発によるリアクター内が常に変化するという野心的かつ複雑な研究ながらも、先駆者であるという自負とともに、やりがいをもって研究しています。もしここに書かれてある研究内容に興味がありましたら、ぜひ僕の過去論文^{5,6}をご覧ください。

終わりに

しばらく日本語で長い文章を書いていなかったので、うまくかけているかどうか不安ですが、もしこれから留学を考えている学生がいて、これを読んでその気になったら、とてもうれしく思います。それというのも、最近の日本人は経済的優位性からより内向的になっていると思うからです。「日本ほど良いところがない」と考えるのは結構だと思いますが、その様して世界中に散らばっている多様なものの考え方を見落としてしまうのは非常にもったいないと思います。こちらにいる中国やインドからの学生はとても真剣で、ハングリー精神からか、嫌なほど積極的に学ぼうとする人もいます。もし、これから将来を背負っていく我々がグローバルに生きていきたいのであれば、何が当たり前で何が特異か (Global Standard) を真摯に学ぶ必要があると思います。僕はそう心に留めながら、日々精進しております。

¹ J.G. Laframboise, and L.W. Parker, *Phys. Fluids* **16**, 629-636 (1973).

² 雨宮宏, 和田元, 豊田浩孝, 中村圭二, 安藤晃, 上原和也, 小山孝一郎, 酒井道, 橘邦英, *J. Plasma Fusion Res.* **81**, 482-525 (2005)

³ *Dusty Plasmas: Physics, Chemistry and Technological Impacts in Plasma Processing*, edited by A. Bouchoule (Wiley, New York, 1999)

⁴ ウィキペディア フリー百科事典, <http://ja.wikipedia.org/wiki/ダストプラズマ>, [2010年7月12日アクセス。]

⁵ D. Ogawa, I. Saraf, A. Sra, R. Timmons, M. Goeckner, and L. Overzet, *J. Vac. Sci. Technol. A* **27**, 342-351 (2009)

⁶ D. Ogawa, C.W. Chung, M. Goeckner, and L. Overzet, *Plasma Sources Sci. Technol.* **19**, 034013 (2010)

プラズマの生成と制御

大阪大学接合科学研究所 節原 裕一

1. はじめに

プラズマを利用した技術は、光源（放電ランプ、気体レーザー、プラズマテレビ）、粒子ビームなどにおける放電応用から、産業部材の表面処理、半導体デバイスならびにディスプレイそして太陽電池などの製造、さらには核融合開発や宇宙開発にわたる幅広い分野で研究が展開され、科学技術のフロンティアを支える基幹技術として発展してきた[1]。これらの中で、特にプラズマを用いた表面改質、薄膜形成あるいは微細加工などを行う、いわゆるプラズマプロセスは、材料の機能化や新素材の創製、多様な表面加工を高精度でかつ効率良く行える実用的なプロセス技術として、この20数年で飛躍的に発展し、今日のエレクトロニクス、MEMS、薄膜工学などの分野に不可欠な技術の一つになっている[1-4]。

一方、こうしたプラズマ応用技術は、プラズマに関する基礎研究に支えられて発展してきたことは勿論であるが、そのアウトプットとしての応用分野における研究開発の進展や産業化のニーズと密接に関連しながら展開してきたといっても過言ではない。

エレクトロニクス関連の製造分野では、生産性の向上と低コスト化を実現するため、処理基板サイズは大型化の一途をたどっており、大面積の基板の全面にわたって均一かつ高品質のプロセスを実現するためのプラズマ生成・制御技術が求められている。

シリコン半導体プロセスでは、現状の直径300mmから数年後には450mmの大面積にわたって、nmオーダーの加工精度を、均一かつ再現性良く行うための、超微細加工プロセスが求められている。さらに、液晶ディスプレイをはじめとする平面ディスプレイの製造分野では、マザーガラス基板のサイズが一辺3メートルに及ぶ第10世

代に移行しつつあり、メートルサイズ以上の大面積かつ均一なプロセスを実現するためのプラズマ生成・制御技術が求められている。

また、近年の進展が著しいナノテクノロジーに関連する分野では、上述のように半導体プロセスでは既にnmオーダーの加工精度が要求される領域へ踏み出していることに加え、さらにカーボンナノチューブやフラーレンに代表されるナノ材料の創製や構造制御といったボトムアップ型のプロセスとしても、プラズマを用いたプロセス技術が広く用いられ、量産型ナノテクノロジーとして今後も大いに進展していくことが期待される。

さらに、高密度の活性種を容易に生成可能であることに加えて、真空を用いない連続プロセスへの期待から、大気圧あるいはそれ以上の高い圧力領域での放電が、近年大いに注目されている。例えば、熱プラズマは、構造材の溶接や廃棄物処理における熱源として従来から利用されてきたが、最近では電子材料の超高速堆積をはじめとする先端分野での応用展開がはかられている。一方、岡崎らが80年代の終わりから90年代初頭に示した大気圧グロー放電の生成に関する先駆的な研究[5,6]は、高気圧非平衡プラズマ技術の端緒となっており、機能性薄膜の合成やエレクトロニクス分野などの先端加工分野への応用が期待され活発な研究が展開されている。

一方、従来のプラズマ技術では、大面積にわたって均一なプロセスを行うことが追求されてきた。近年、その発想を転換して、「必要な場所に必要な大きさのプラズマを生成」し、マイクロなスポット領域の反応場を利用してプロセスを行うマイクロプラズマに関する研究も活発に行われており、バイオチップの開発やナノ構造物質の局所形成などへの応用としても展開がはかられようとしている。これらの応用分野に加えて、各種の廃棄物処理

や大気ならびに水質の浄化といった環境分野でも幅広く用いられており、さらには生化学分野や医療分野において繰り広げられているバイオナノテクノロジーにおいてもプラズマ技術を応用したバイオチップの開発をはじめ研究が進展している。

上述のように、プラズマを利用した応用分野は多岐にわたっており、それぞれの分野に適したプラズマ生成・制御技術が開発されているが、目的に合わせた最適化ならびに制御を行うためには、プラズマを単なるブラックボックスとするアプローチではプラズマの特長を有効に活用することは困難であり、プラズマ生成に関する基本的な理解が極めて重要である。特に、プラズマを利用して未踏の応用技術を開発するためには、応用分野での知見に加えて、プラズマの生成と制御に関する基本的な理解を基礎とすることがいっそう不可欠であるといえる。

本講では、こうした新領域の開拓を志す研究者や技術者の一助となることを念頭において、放電の基礎過程から各種プラズマ源の生成法と制御法の実際について解説する。特に、先進的のものづくりの「道具」としてのプロセッシングプラズマは、「道具」であるが故に、同じ原料を用いた場合であっても、プロセスの結果を左右する極めて重要なバウンダリーコンディションとなっていることに鑑み、「高が道具、然れど道具」の立場から、生成・制御技術の重要性について解説する。さらに、ここで詳述できなかった内容については、既に多くの優れた参考書[1,2,4,7-9]が出版されているので、参照いただきたい。

2. プラズマ生成の原理

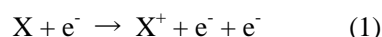
2.1 気体の放電（絶縁破壊）

「電離気体」と広く定義されるプラズマは、原子、分子の電離によって生じる荷電粒子（イオン、電子）と中性粒子から構成される準中性気体であり、恒星の内部や星間に存在する宇宙プラズマから、核融合、宇宙推進機、さらにはプロセス応用にわたるさまざまな分野で研究が進められている。プラズマを生成する方法には、気体放電（気体の絶縁破壊）を用いた方法の他にも、燃焼（燃焼による気体の熱電離）、衝撃波（衝撃波による熱電離）、光（強力なレーザー光、真空紫外光の照射による

原子、分子のイオン化）、さらには放射線（放射性同位体から放射される α 線、 β 線、 γ 線、あるいはX線による原子、分子のイオン化）などの方法がある。これらの中で、放電によるプラズマ生成は最も制御性に優れていることから、先述のように、これまで多岐にわたる応用技術が拓かれ、今後も活発な研究が展開していくことが期待される。このため、本稿では、気体放電によるプラズマ生成を扱うこととする。

気体はもともと電気を通さない絶縁性の媒質であるが、気体に電界を印加することによって絶縁が破壊され、気体中に電流が流れる現象を「放電」(discharge)と呼んでいる。気体に電界を印加することによって電流が流れるのは、もともと気体中に存在するごくわずかな初期電子が、印加された電界で加速され、気体中に存在する原子、分子との衝突電離を繰り返すことにより絶縁が破壊されるためである。ここで、「放電」という用語は、貯えられた電荷(charge)を放出する過程(充電とは逆の過程)のことをいう。気体放電では、印加された電界によって気相中で加速された電子の衝突電離のために、気体が導電性を持つようになって(絶縁破壊)、絶縁物である気体に電界を印加する際に両極に貯えられた電荷が電流として放出される過程(放電)ということになる[9]。このことから、媒質に印加した電界を利用して電氣的に電離気体を生成する方法は、上述のような静電場のほかに、後で紹介する誘導電場などを利用した生成法も含めて広く放電と呼ばれ、生成する電離気体を放電プラズマという。

そこでまず、最も簡単な例として、直流の静電場によるプラズマの生成過程について考えてみよう。図1に示すような平行平板に電圧を印加すると、電極間の静電場によって電子が加速される。気体分子の電離エネルギー(eV_i)を超える運動エネルギー($e > eV_i$)まで電子が加速されて、気体分子に衝突すると、



のように、ある確率で気体分子の電離(電子衝突電離)がおこる。その際、気体分子を電離して正イオンを生成することにより、電子の数は衝突前よりも余分に1個増える。電離により増加した電子は、再び電場で加速されて衝突電離を繰り返す

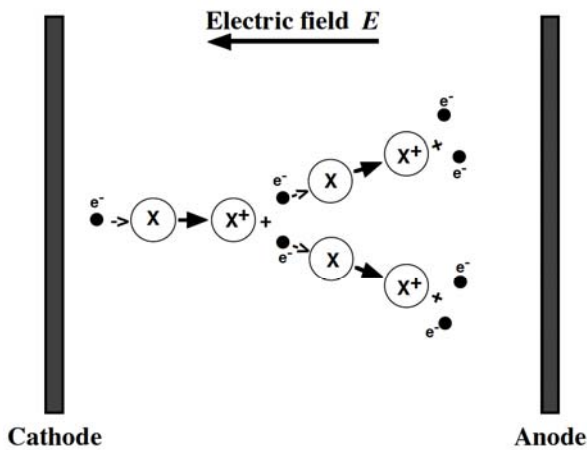


図1 電子衝突電離

ことにより、電極に到達するまで増倍を続ける。一般に、1個の初期電子が単位長さを進む間に α 回の電離を生じる場合、 n 個の電子が微小距離 dx 進む際の電子の増加 dn は、

$$dn = \alpha n dx \quad (2)$$

で与えられる微分方程式に従う。初期状態での電子の数を n_0 個とすれば、電離増倍される距離（上記のような例では電極間距離） d だけ進んだ時点で、電子の個数 n は、

$$n = n_0 \exp(\alpha d) \quad (3)$$

となる。ここで、 α は衝突電離係数（またはタウンゼントの第1係数）と呼ばれ、このような電子の増倍作用を α 作用という。この衝突電離係数 α は、 E/p (E は電場、 p は気体圧力) の関数として、

$$\alpha/p = A \exp[-B/(E/p)] \quad (4)$$

と表され、 A と B は気体の種類に依存する定数で、実験的に与えられる。

このようにして増倍した電子とイオンは、お互いに正負の電荷を平均として打ち消し合うように拡散し、電気的に中性な状態の電離気体すなわちプラズマ状態となる。電子衝突電離を繰り返すことにより発生するプラズマは、気相でのイオンと電子の再結合に加えて、拡散により容器壁へ到達することにより正負電荷の再結合がおり、消滅（損失）する。このため、放電プラズマの密度 n_p は、一般に、電離による単位時間あたりの電子イオン対の生成レート G と、再結合による単位時間あたりの電子イオン対の損失レート L を用いて、速度方程式（保存式）

$$dn_p/dt = G - L \quad (5)$$

に従い、 $G=L$ の状態で定常に維持される ($G < L$ の状態では、放電を定常に維持することはできない)。

ところで、上記の例で示した直流放電では、どの程度の電圧（電場）を印加することにより、放電に至るのであろうか。図1のような間隔 d の電極間に直流の電圧を印加し、電極間の電圧を上げていくと、ある値 V_s に達すると電極間が導通（電流が上昇）し、ある値の電流での持続的な放電が維持される。この電圧 V_s は、放電を開始する電圧で、気圧が高いと火花となり音を発するので、火花電圧と呼ばれている。（低圧では火花を生じたり音も出ないが、火花電圧という名称が広く用いられている。[7]）この気体放電のようすは、衝突電離係数 α と陰極での2次電子放出係数（ γ 係数）に依存し、上述のタウンゼントの理論式を用いることによって、「放電開始電圧（火花電圧） V_s は気体の圧力 p と電極間距離 d の積 (pd) に依存し、極小値をもつ」という法則、すなわち

$$V_s = B pd / \ln[A pd / \ln(1 + \gamma)] \quad (6)$$

に従うことが知られており、パッシュェンの法則と呼ばれている。一例として図2に示すように、放電開始電圧は最小値をもつ。式(6)を pd で微分して極小値を求めると、

$$pd = 2.72 \ln(1 + \gamma) / A \quad (7)$$

において、最小値

$$V_s = B pd \quad (8)$$

をもつことがわかる。この式は、直流を印加した際に持続的な放電開始に必要な電圧の目安を与え、最小値付近の pd (1 Torr · cm 程度) を利用すると放電がしやすくなる。通常の実験装置では、電極間隔 d は 1~100cm 程度であることから、数 100 V 程度の印加電圧を用いる場合には、 p はおよそ 0.01~数 Torr 程度の圧力で放電を容易に生じることが経験的にも良く知られている。

式(6)の法則は、平均自由行程の間に荷電粒子が電界から得られる加速エネルギーが E/p に比例し、 E/p により電離作用が起こることに基づいていることから、パッシュェンの法則は pd に対して相似律が成立することを示す一例にもなっている [7]。

このことは、上記のような通常の実験装置の例

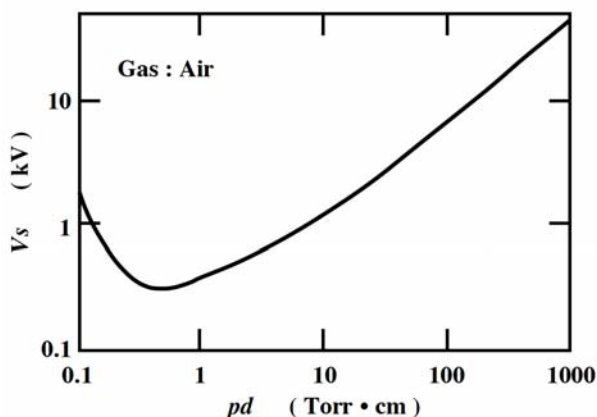


図2 空気に対するパッシェン曲線

に加えて、プラズマディスプレイパネルに用いられているマイクロ放電プラズマでも、 $pd \sim 1$ 付近となる圧力で放電が起こりやすくなることが観測されている。しかしながら、式(6)で示したパッシェンの法則は、あくまで直流の静電場を印加した際の放電開始電圧に関する法則であり、高周波電場を印加する場合は、特にイオンが追従して動けなくなる周波数よりも高い周波数領域では、特に放電開始電圧が極小になる領域が、 $pd \sim 1$ 付近よりも低い領域まで延びる傾向にあること[7]にも注意する必要がある。

2.2 プラズマの生成と維持

プラズマの生成は、上述のように気体中での電離に依っている。すなわち、放電を維持するためには、プラズマ中での電場による電子の加速が必要であり、電源から供給される電気的なエネルギー（放電励起電力）を如何にしてプラズマに注入（結合方式）するかによって、プラズマの生成法を分類することができる。さらに、電子加速を通じてプラズマに吸収されたエネルギーは荷電粒子の生成レートに効くが、電離の維持の点では、気相や壁での損失過程も重要であり、電子の捕捉や閉じ込めによる損失の低減をはかるためのさまざまな工夫も必要である。

気体放電によるプラズマ生成の模式図を図3に示す。ここで、この図は電源系から供給される電気的なエネルギーがプラズマに吸収されて、プラズマが生成、維持される過程の相互関係を図示することを念頭に置いていることを、はじめにお断

りしておく。その意味では、複数のプラズマ生成において特徴的な素過程を重ねて描いたものであると想定していただいた方がよいかもしれない。この図では、放電の開始と維持に不可欠な電場による電子加速領域(外部回路を通じて形成される)を出発点として、プラズマ生成の上流に位置づけ、プラズマへのエネルギー吸収過程により生成される電子、イオンならびに中性ラジカルが、気相での衝突過程(電離、励起、解離)、輸送過程、エネルギー緩和過程を経て、一部は電子加速領域で再び加熱を受け、一部は再結合過程により損失する様子を示している。

気体放電によるプラズマ生成では、以下の過程を経て、電源系から供給される電気的なエネルギーがプラズマに吸収され、放電が維持される。

- (a-1) 電源系から外部回路へ電気的なエネルギーが供給される過程。
- (a-2) 外部回路を通じてプラズマ中で電場を発生する過程。
- (a-3) 電場による電子加速とプラズマへのエネルギー吸収過程
(電子衝突過程、無衝突加熱過程)

これらの内、(a-1)は主にプラズマ源の均一性や外部からの制御性、再現性において重要な項目である。特に、メートルサイズ以上のプラズマ源など、大面積のプラズマ源における技術的な課題として捉えることができる。さらに、(a-2)では、プラズマの集団運動が重要な役割を担っており、プラズマを励起する電源の周波数や結合方式(電極、アンテナ形状、静磁場の有無など)と共に、生成されるプラズマの状態により、プラズマ中での電場の強度分布や波動の励起・伝搬に関する特性が依存する。多くのプラズマ源は、この加速電場の励起方式により大別される。そして、(a-3)の過程では、励起電力から電子系に正味のエネルギーが吸収される。

電子は、以下の過程を経て、生成から消滅にいたる。

プラズマ中の電子は、

- (e-1) 加速領域で正味のエネルギーを吸収し、プラズマ生成における電離過程、すなわち
- (e-2) 電子衝突電離過程
- (e-3) 中性粒子(ラジカル)の衝突過程

[ペニング電離、熱電離等]
 による気相での電子増倍に加えて、
 (e-4) 陰極（あるいは器壁）での2次電子放出過程
 (e-5) 高温に熱せられた陰極からの熱電子放出過程
 など、気相での電子生成とは別の過程でも供給され、
 (e-6) 輸送過程、
 (e-7) エネルギー緩和過程を経て、電子密度分布ならびに電子エネルギー分布、電位分布を形成し、
 (e-8) 一部の電子は、再び電子加速領域で電場による加速を受け、
 一方で、器壁に流入する電子は、
 (e-9) シースを形成して、プラズマの電位を決定し、
 (e-10) 気相あるいはプラズマ容器壁での再結合過程により消滅（損失）する。

また、イオンは以下の過程を経て、生成から消滅にいたる。
 イオンは、プラズマ生成における電離過程、すな

わち

- (i-1) 電子衝突電離過程 ならびに
- (i-2) 中性粒子（ラジカル）の衝突過程 [ペニング電離、熱電離等] により気相で生成し、
- (i-3) 荷電粒子の輸送過程とエネルギー緩和過程を経て、イオン密度分布、電位分布を形成し、
- (i-4) 気相あるいはプラズマ容器壁での再結合過程により消滅（損失）する。

さらに、中性ラジカル（中性粒子）は、

- (n-1) 電子による非弾性衝突過程（電子衝突励起・解離）により生成し、
- (n-2) 拡散過程を経て、器壁に到達し、
- (n-3) 器壁への衝突による脱励起を経て、器壁に吸着あるいは気相に戻る。

これらの過程はいずれも完全には独立ではなく、電子密度分布、電子エネルギー分布、気相中の粒子の平均自由行程に大いに依存している。このため、プロセスの目的に合わせてプラズマを制御

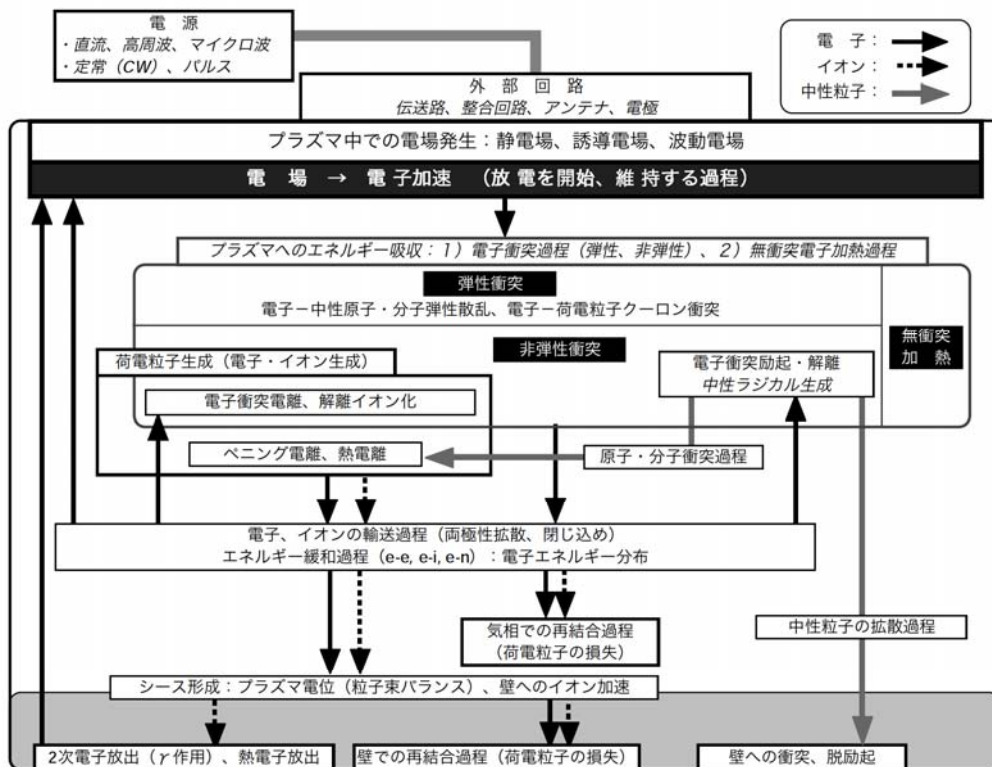


図3 プラズマ生成の模式図

する立場では、電子へのエネルギー注入を如何に行うか（電子加速とエネルギー吸収過程：加速電場の形成方法、放電周波数など）、励起源をどのように配置するか、電子の捕捉あるいは閉じ込めを如何に効率よく行うか、電極あるいは器壁の温度を如何に制御するか、動作圧力領域を如何に設定するか、混合するガス種を如何に選択するか、といった観点から制御することが肝要である。

ここでは、上述のプラズマ生成と維持に関する素過程について、各々の特徴あるいは問題点とともに関連する制御法について、以下に紹介する。

【電源系から外部回路へ電気的なエネルギーが供給される過程】

高周波電力あるいはマイクロ波電力を供給する場合は、プラズマ源のサイズが励起電力の波長に対して無視できない程度まで大きくなると、励起電力の波としての性質により不均一な分布となることを考慮することが求められる。

【外部回路を通じてプラズマ中で電場を発生する過程】

1) 静電場

平行平板電極などに直流電圧や交流電圧あるいは高周波電圧を印加することにより発生する静電場は、低圧での直流グロー放電、高圧力における誘電体バリア放電や大気圧グロー放電、さらには容量結合型高周波放電に用いられている。この形式で発生する静電場は、電極前面に形成されるシースに印加される電圧によって発生する。

2) 誘導電場

プラズマ源の周囲あるいは内部に誘電体を介して配置したアンテナ導体に高周波電流を流すことにより高周波磁場 B が発生する。この高周波の周波数で振動する磁場の時間変化は、ファラデーの電磁誘導の法則

$$\text{rot } E = - \partial B / \partial t \quad (9)$$

により、電場 E を誘導する。このようにして発生する電場 E を誘導電場と呼び、発生するプラズマを誘導結合型プラズマと呼ぶ。高周波電磁場は、プラズマの導電体としての性質に起因する表皮効果のため、指数関数的に減衰しながらプラズマ中

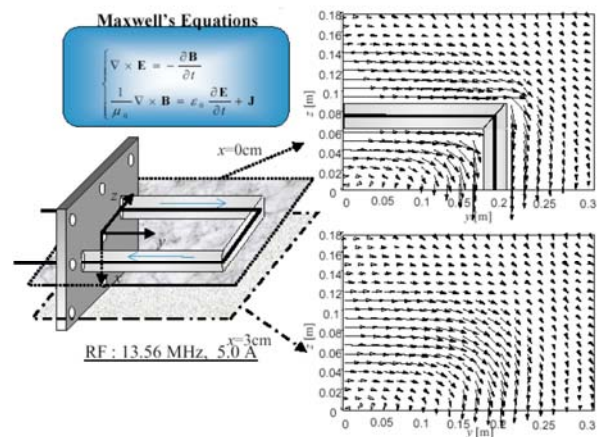


図4 アンテナ近傍の誘導電場の分布

に侵入する。強度が $1/e$ (e は自然対数の底) に減衰する長さで定義される表皮深さ δ は、圧力が低くプラズマの密度が高い場合、すなわち $\omega_p \gg \omega$ (ω_p : 電子プラズマ角周波数、 ω : 高周波の角周波数) を満たすとき、 $\delta = c / \omega_p$ で与えられる。(c : 光速) この表皮深さの値は、 10^{11} cm^{-3} 程度のプラズマ密度では 17 mm 程度となり、誘導電場はアンテナ近傍の領域に集中していることになる(近接場)。一例として、プラズマ中(密度: 10^{11} cm^{-3}) に設置した直線状のアンテナ導体(内部アンテナ)に、周波数 13.56 MHz の高周波電流を流すことによって、アンテナの近傍に発生する誘導電場の分布を図4に示す。アンテナの周辺に発生する誘導電場は、式(9)のベクトル関係に従って、高周波磁場に高周波電流に沿った方向に発生することが分かる。

3) 波動電場

無磁場のプラズマ中に入射した電磁波は、その周波数が電子プラズマ周波数より低いと伝搬できなくなる(カットオフ)。一方、プラズマに静磁場を印加すると、電子は磁力線の方角に対し右回りの円運動(サイクロトロン運動)をし、電子のサイクロトロン運動の向き(右回り)に回転する右回り円偏波(電磁波)は、プラズマ中を伝播することが可能となる。サイクロトロン周波数よりも十分低い周波数領域の波動はヘリコン波、サイクロトロン周波数と同程度の周波数領域では電子サイクロトロン波と呼ばれる。上述の誘導電場では、

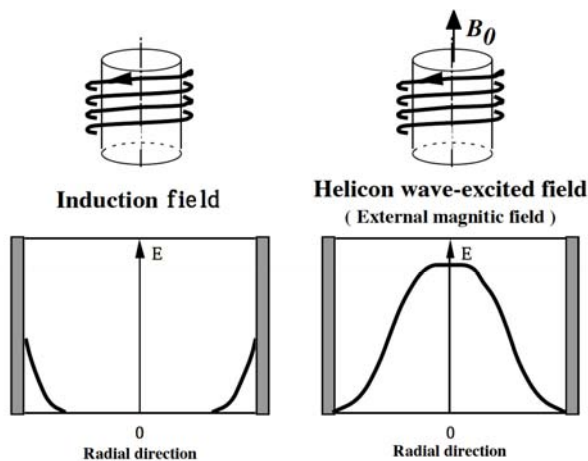


図5 誘導電場と波動電場の径分布

表皮効果のために電場が侵入できる領域がアンテナ近傍（図の例では容器壁近傍）に限られるのに対し、このようにして磁化プラズマ中に励起される波動（電磁波）は、図5に示すように、プラズマ内部に波動電場を形成し、この波の電場でプラズマ中の電子が加速され、効率よく高密度のプラズマを生成することが可能である。また、電子サイクロトロン共鳴を満たす条件では、共鳴的に電子が加速され、低圧でも高密度のプラズマを生成することが可能である。

また、無磁場でも高密度プラズマの表面に電磁波（例えばマイクロ波）を照射すると、表皮効果のために電磁波はプラズマ内部へ侵入することはできないが、プラズマの表面に沿って伝搬することができ、これを表面波と呼ぶ。表面波によるプラズマ中での波動電場の強度は、上述の誘導電場と同様に、プラズマの表皮深さ δ で指数関数的に減衰する。

【プラズマ中での電子加速とエネルギー吸収過程】

外部回路を通じてプラズマ中に発生する電場を用いて、電子を電離エネルギー以上の運動エネルギーまで加速して気体と衝突させることにより、電離を生じる。

1) 直流の静電場

グロー放電では、 γ 作用により供給された電子が、陰極降下（約 200～300V）のシーツ電界で加速され、 α 作用で増殖することにより放電が維持される。さらに電流密度が上昇することにより（異

常グロー放電領域）、電圧降下ならびに電流密度はともに増加して、陰極の加熱が顕著となり、熱電子放出がはじまる。さらに電流が増加すると、電極が十分に加熱されて熱電子が放出される。この熱電子放出が放電電流を上回るほど陰極が加熱されると、陰極降下がほとんどなくなり、気体分子・原子の温度は電子と同程度となり（熱プラズマ）、高温の気体分子同士の熱運動による衝突荷より生じる熱電離が支配的となり、アーク放電へと移行する。

さらに、上記と同様に直流の静電場で生成するコロナ放電では、圧力が高い雰囲気中で、接地した平板電極に対向して針状の電極に正電圧を加えることにより、微弱で不安定な放電を生じる。電圧の上昇とともに放電形態が変化するが、最終的に火花放電の状態に至る。コロナ放電では、大気圧において、非平衡プラズマを生成可能であるという特徴がある。

一方、大気圧で非平衡プラズマを生成するためには、この放電電流の集中化を防止することが必要であり、そのための方策として、1) 誘電体バリアーによる陰極での電流集中防止、2) パルス電源による放電の非定常化、3) キャリアガスの選択（He ガス）、4) 高速気流の導入による冷却や5) 電極形状の工夫による均一化等により、従来よりも安定な非平衡プラズマが生成され、各種の産業においても利用されるようになってきている。

2) 高周波電場[4]

容量結合型高周波放電では、電極に高周波電圧を印加して発生するシーツ（高周波シーツ）で電子を加速することにより電離を起こしている。この放電形態では、電子加速により高周波電力を吸収する機構として、以下の3つが考えられている；a) プラズマ領域でのジュール加熱（ α 放電）、b) 電極からの2次電子放出（ γ 放電）、c) シーツ振動による統計的加熱（フェルミ加速）。

また、誘導結合型高周波放電では誘導電場により電子が加速され、プラズマ中での電子衝突に伴うジュール加熱により、高周波電力が吸収される。一方、低圧力になると衝突が減ってプラズマの抵抗が減少するため、ジュール加熱による電力吸収

は減少する。しかし、この低圧力領域では、異常表皮効果と呼ばれる無衝突での加熱機構があることがわかっている。この異常表皮効果では、電子が誘導電場による加速領域を通過する時間が高周波の周期よりも短い(高い運動エネルギーをもつ)とき、入射する個々の電子に対する加速と減速がランダムとなり、統計平均をすると電子が正味のエネルギーを吸収することが可能となる。

3) 波動電場

プラズマ中に励起された波動から電子へのエネルギー吸収機構(波動の側からみると波の減衰機構)には、次の2つがある; a) 衝突減衰、b) 無衝突減衰。a) の衝突減衰は、プラズマ中で電子が中性粒子ならびに荷電粒子との衝突により、高周波電場により加速された電子の運動量変化を通じて、高周波電場から電子がエネルギーを吸収する機構(ジュール加熱)である。また、b) の無衝突減衰機構として、ランダウ減衰やサイクロトロン減衰がある。これらの無衝突減衰機構は、高周波波動の位相速度が電子の速度に近い時に、波動のポテンシャルに乗って電子が加速を受ける現象である。波の位相速度より少し遅い粒子は加速され、少し速い粒子は減速されるが、電子のエネルギー分布関数はエネルギーが高い電子(減速される粒子)の方が少ないことから、電子は波によって正味の加速を受けることになる。また、サイクロトロン減衰では、サイクロトロン周期運動が加わるため、電子の座標系で見た偏波の旋回周期がサイクロトロン周波数に近くなると、電子は加速され続けることになる。

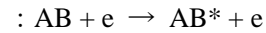
【電子衝突過程】

1) 弾性衝突

気相中に存在する原子あるいは分子の励起エネルギーの閾値よりも低いエネルギーを持つ電子は、弾性衝突(衝突前後で運動エネルギーと運動量が保存)をする。1回の衝突で交換される運動エネルギーはわずかであるが、衝突の回数は極めて多く、電子のエネルギー損失過程としてエネルギー分布に影響を与える。

2) 非弾性衝突

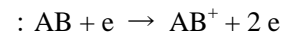
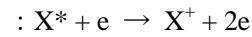
・励起 $: X + e \rightarrow X^* + e$



さらに高い運動エネルギーをもつ電子は、原子あるいは分子との衝突により、束縛電子が上準位の電子軌道に遷移し、励起状態となる。

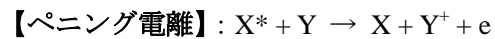
・解離 $: AB + e \rightarrow A + B + e$

・電離 $: X + e \rightarrow X^+ + 2e$



・解離イオン化 $: AB + e \rightarrow A^+ + B + 2e$

励起状態より大きい運動エネルギーまで加速された電子との衝突により、外郭の電子を剥ぎ取ることにより電離が起こる。しかし、準安定状態の原子を電離するには、電離電圧と準安定状態の準位のエネルギー差に相当する電子エネルギーがあれば、電離を生じることができる。このため、2段階以上の励起過程を経ることにより、低エネルギーの電子でも電離が起こりうる。こうした多段階の衝突過程での電離を、累積電離という。



準安定状態にある原子Xが、その準安定準位よりわずかに低い電離エネルギーをもつ原子Yと衝突することにより、原子Xの内部エネルギーを原子Yに与えることにより、原子Xは基底準位に戻り、原子Yが電離する。この原子衝突過程による電離を、ペニング電離と呼んでいる。原子Xのみを用いて放電した場合に比べて、XにYをわずかに添加(0.1~1.0%)するだけで、放電電圧はかなり低下することが知られている。

【熱電離】

数千度以上になる高温で高い圧力の気体中では、熱運動による気体分子同士の衝突により電離が可能となる。このように高温で高圧力の気体中での中性粒子衝突による電離を熱電離と呼ぶ。アーク放電が生成、維持される機構は、この熱電離により説明され、サハの式を用いることにより電離度を評価することが可能である。

【両極性拡散】

イオンに比べて3桁以上も軽い電子は、イオンよりも速く拡散して器壁に到達し、器壁はプラズマに対して負の電位を持つ。このとき、プラズマ

中に取り残されたイオンのため、プラズマ中には正の空間電荷が発生する(荷電分離)。これらの正負の電荷がつくる電場は、イオンの器壁への拡散を促進する方向、すなわち電子の器壁への拡散を抑制する方向に生じる。この荷電分離に起因する両極性電場が電子とイオンに作用することにより、定常状態(プラズマの電気的中性が保たれた状態)では、電子とイオンの器壁への消失レートは等しくなる。これを両極性拡散という。

【再結合過程】

再結合過程では、電離過程とは逆に、プラズマ中に存在する正負の荷電粒子が結合して消滅する過程であることから、放電プラズマの維持について議論する上で重要な過程である。

- ・ 三体再結合 : $X^+ + 2e \rightarrow X + e$
- ・ イオン再結合 : $X^+ + Y^- \rightarrow X^* + Y$
- ・ 放射再結合 : $X^+ + e^- \rightarrow X + h\nu$

これらの再結合過程は、気相で起こる体積再結合に加えて、器壁のような絶縁物の表面で起こる表面再結合に分類される。体積再結合は、気体の圧力が高く拡散しにくい(平均自由行程が短い)場合に、生じやすくなる。また、表面再結合については、低圧力の放電における荷電粒子の損失の大きな要因となる。また、一般に、表面再結合と体積再結合を比較すると、表面再結合の方がはるかに大きい事が分かっている。

【プラズマ損失の低減】

プラズマ中で発生した荷電粒子(電子とイオン)は、両極性拡散により器壁に拡散し、シースを介して器壁へ入射して再結合して消滅する。このように器壁や電極で荷電粒子が消滅する表面再結合は、放電プラズマの主要な損失過程である。したがって、電離を効率よく行うためには、電子を放電空間に閉じ込めて、器壁や電極への拡散による損失を低減することが重要である。荷電粒子の閉じ込めを改善するには、次のような方法がある[9]。

a) 電場による閉じ込め

電子が負の電荷をもつことから、負電位の電極で囲むことにより、電子損失を低減することが可能となる。実例として、ホロー陰極やPIG放電における電極配置が挙げられる。

b) 磁場による閉じ込め

静磁場を印加することによって、電子に磁力線を軸とする旋回運動(サイクロトロン運動)をさせ、磁力線に沿った方向に束縛して運動させる。こうした静磁場の印加によって、電子は磁力線に垂直な方向への運動が制限され、閉じ込めが改善される。さらに、静磁場に垂直な方向に静電場を同時に形成すると、 $E \times B$ ドリフトにより電子の閉じ込めを改善することが可能である。後者の $E \times B$ ドリフトを用いた方法は、マグネトロンスパッタ放電(図6)やホール推進機(図7)での閉じ込め改善手法として実現されており、数 mTorr 程度の気体圧力のもとでも高い密度のプラズマが得られている。さらに、前者の例として、アンバランスマグネトロンがある。通常マグネトロンスパッタ放電では、ターゲット前面に印加される静磁場はターゲットを囲む領域で閉じているが、アンバランスマグネトロンでは、対向に基板が設けられている放電空間の方向へ、ターゲットの周辺部からの磁力線が延びるように磁場を形成することにより、ターゲットから基板付近にかけての領域に高密度のプラズマが生成される。また、壁へのプラズマ損失を低減する方法として、壁に永久磁石を装着して、ドリフト軌道とミラー効果によって電子の閉じ込めが有効に働くようにしている例もある[9]。

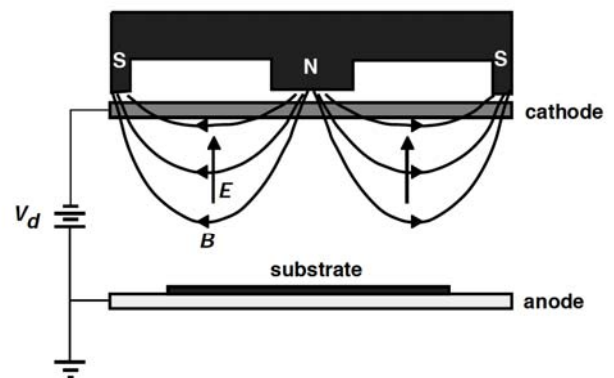


図6 マグネトロンスパッタ放電の模式図

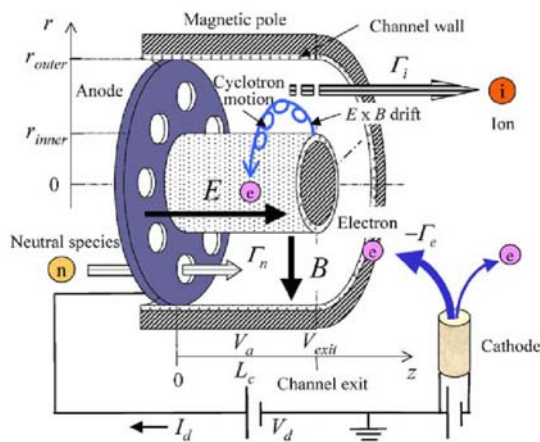


図7 ホール推進機の模式図

3. 大面積プラズマの生成と制御 [10]

3.1 プラズマ源に求められる性能

平面ディスプレイの製造分野では、生産性の向上と低コスト化を実現するため、処理基板サイズは大型化の一途をたどっており[11]、次世代のプロセス(第10世代以降のマザー基板処理)では、3メートルを超える大面積の基板の全面にわたって、均一かつ高品質のプロセスを実現するための、大面積プラズマの生成、制御技術が求められている。

大型基板プロセスに適したプラズマ源には、以下の性能が求められる。

- [1] 大面積(あるいは長尺)にわたる良好な均一性と分布制御性
- [2] 高スループット(高速製膜, 高速エッチング処理): 高密度プラズマ生成
- [3] プラズマダメージを抑制して高品質なプロセスを実現するためのプラズマ電位低減と活性種の制御性
- [4] 歩留まりに大きく影響するダスト発生の抑制
- [5] 原料ガスの利用効率向上

これらの基本性能の中で, [2] および [3] の項目については, プラズマ生成に用いられる放電形式あるいは放電を励起する高周波(あるいはマイクロ波)電力のプラズマへの供給方法と, 励起周波数に大いに依存しており[4], 所望のプロセスへの適合性を勘案して放電形式と励起周波数が選択される。また, [2] のスループットの点では,

ガラス基板上での絶縁膜(酸化シリコン膜, 窒化シリコン膜: 100~200 nm 程度)ならびに半導体層の製膜に加え, 製膜室のクリーニング行程を含めた1タクトを数分で処理することが必要であり, [4] および [5] の項目も考慮すると, 低い気体圧力のもとで高密度のプラズマが得られる放電形式が望ましいといえる。そこで, 各種の放電形式の中で製膜やエッチング等の半導体プロセスに広く用いられているものについて, 各々の特徴を概観してみよう。

まず, 容量結合型プラズマ (Capacitively coupled plasma; CCP) [1-4, 12-14]は, プロセス室と同等のサイズを有する2枚の平行平板電極を対向して配置し, 電極間に高周波電力を印加することにより生じる静電界を利用してプラズマを生成する方式である。典型的な条件では, 数 mTorr から数 Torr の気体圧力, 1~5cm 程度の電極間距離で, 高周波電力(数 MHz~数 10MHz)を印加することにより, プラズマを生成する。得られるプラズマ密度は 10^{10}cm^{-3} 程度とあまり高くないが, 基板サイズが 30cm 程度のプロセスでは均一性の良いプラズマを生成することが可能であることから, 半導体ウェハプロセスなどで最もよく用いられている。励起周波数の点では, 数 10MHz~100MHz にわたる高い周波数を用いる場合の方が, プラズマ密度の向上と低電子温度化に有効であることが分かっている。

また, 高周波電力を用いた放電形式である誘導結合型プラズマ (Inductively coupled plasma; ICP) [1-4, 15-17]では, プラズマ源の周囲に誘電体を介して配置したアンテナ導体に高周波電流を流すことにより高周波磁界が発生し, この磁界の時間変化がファラデーの電磁誘導によって誘起する誘導電界を利用してプラズマが生成する。典型的な条件(気体圧力: 数 mTorr~数 100mTorr)では, 高周波電力(数 MHz~数 10MHz)を印加することにより, 容量結合型プラズマよりも高密度(10^{11} ~ 10^{12}cm^{-3} 程度)のプラズマが得られる。半導体ウェハプロセスでは, スパイラル状のアンテナ導体がよく用いられ, プロセス領域の全面をカバーするように配置されている。

さらに, マイクロ波領域での放電形式の一つである表面波励起プラズマ[1, 18-20]は, 誘電体を介

して導入したマイクロ波により、誘電体とプラズマとの境界領域（プラズマの表面）を伝わる波動（表面波）を励起して、その波動電界を利用してプラズマを生成する方式である。気体圧力が10mTorr～数 Torr 程度の典型的な条件で、 10^{11} ～ 10^{12} cm⁻³ 程度の高密度のプラズマが得られ、特に電子温度ならびにプラズマ電位がともに低いプラズマ源であることが特長として挙げられる。

上述のようにプラズマ生成の方式によって、得られるプラズマの特性が異なるため、フラットパネルディスプレイの製造工程で所望とされる膜質やプロセスの要件に応じて放電形式ならびに励起周波数[21]が選択されてきた。この点では、大面積プロセスに向けた多くのプラズマ源開発では、半導体ウェハプロセス（100～300mm 程度の基板サイズ）を通じて蓄積されてきた放電形式および励起周波数に対する知見と装置技術を基本に、電極やアンテナ等のサイズを大型化してプラズマ源の”スケールアップ”をはかるという観点から開発が進められてきたといっても過言ではない。その際、特に問題となるのは大面積プロセスに求められる最も基本的な性能、すなわち上述の項目 [1] 大面積・均一性と分布制御性である。

3.2 プラズマ源のスケールアップに伴う問題点

そこで、電極やアンテナ等の励起電力系のサイズのみを大きくすることにより、プラズマ源のサイズをメートルサイズ以上までスケールアップする際に生じる問題について考えてみよう。

各種のプロセスに適した高密度プラズマ源では、高周波あるいはマイクロ波帯の電磁波（10MHz～数 GHz）がプラズマ生成の励起源として用いられている。ここで、周波数が 10MHz～数 GHz の電磁波は、自由空間波長は 0.1m～10m のオーダーであるが、プラズマ生成系における電力伝送路（容量結合での高周波電極、誘導結合でのアンテナ導体、マイクロ波導波路）での実際の伝播波長は、プラズマ生成系に用いられている誘電体やプラズマとの結合のために、自由空間波長よりも短くなる。（周波数 10MHz 程度の電磁波の場合でも、後述のように、実際の伝播波長は自由空間波長の半分程度となる。）また、表面波を利用したプラズマ生成では、表面波共鳴の付近での波長はさらに極

端に短くなる。

すなわち、プラズマ源のサイズをメートルサイズ以上までスケールアップする際に直面する状況は、プラズマ生成系における電力伝送路の特性長が伝播波長に対して無視できない領域に入っていることを意味している。このため、励起電力が電力伝送路上を波動として伝搬する状態が無視できなくなり、電力伝送路上での定在波形成のために、励起電力分布、電圧分布あるいは電流分布の不均一性が顕在化するという問題を生じることになる。

こういった状況を高周波誘導結合プラズマを例に、もう少し詳しくみてみよう。誘導結合プラズマ生成系の模式図を図 8 に示す。励起電力源から供給される高周波電力は、インピーダンス整合回路を介して、プラズマ生成系に設けられたアンテナ導体（誘導結合）に給電され、アンテナ導体を流れる高周波電流によってアンテナ周囲に高周波磁界を生じ、この磁界の時間変化が誘起する誘導電界（ファラデーの電磁誘導の法則）により気相中の電子が加速され、中性粒子やイオンとの衝突を経て高周波放電が生成される。このため、上述のように、アンテナ導体上を伝播する高周波電力の波長がアンテナ長に対して無視できない程度の長さになると、アンテナ導体は集中定数の回路素子ではなく、分布定数回路として振る舞う。

ここで、集中定数回路（lumped constant circuit）とは、一般に波長に比べて回路素子の物理的大きさが十分に小さい場合において、インダクタ、キャパシタ、抵抗を独立した回路素子として取り扱うことができる回路である。一方、伝搬する信号の波長に比べて回路素子の物理的大きさが無視できない程度の大きさになる場合には、伝送線路の回路定数を集中定数で表すことができなくなるために分布定数として表し、電圧および電流の振る舞いを時間と位置の関数として取り扱わなくては

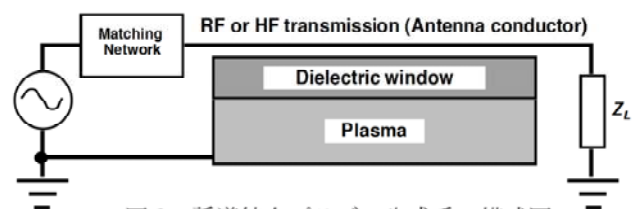


図 8 誘導結合プラズマ生成系の模式図

ならなくなる。このように分布定数として表される回路を分布定数回路 (distributed constant circuit) という。

高周波誘導結合プラズマ生成系における高周波伝播の等価回路の一例として、Lieberman 等によるモデル[22]を図 9 に示す。アンテナを伝播する高周波は、アンテナ導体自体のインダクタンス(単位長さあたり L_{11})、対地容量(単位長さあたり C)のほか、プラズマへの誘導結合のために、自由空間よりも短い波長となる。ここで、 L_{22} は放電の電流路に伴う単位長さあたりのインダクタンス、 L_{12} と L_{21} はプラズマ中での誘導電界による電子加速に伴う L_{11} と L_{22} の間の単位長さあたりの相互インダクタンス ($L_{12}=L_{21}$)、 L_e は加速された電子の慣性に伴う単位長さあたりのインダクタンス、そして R_p は加速された電子からプラズマへの電力吸収を単位長さあたりの抵抗として表している。(より厳密には、線路自体の電力損失を表す抵抗とともに、プラズマへの容量結合も考慮する必要がある。)これらの回路パラメータからプラズマとの結合部における単位長さあたりのインピーダンス Z_s は、プラズマとの結合部における高周波電圧および高周波電流を V_{rf} および I_{rf} 、高周波電力の角周波数を ω として、

$$Z_s = V_{rf} / I_{rf} = j\omega L_{11} + \frac{\omega^2 L_{12}^2}{R_p + j\omega(L_{22} + L_e)} \equiv R_s + j\omega L_s \quad (10)$$

と表され、 L_{12} 、 L_{22} 、 L_e ならびに R_p はプラズマの特性(誘導結合の形式、プラズマ密度、電子温度)に依存している。さらに、対地容量 C を加味することにより、アンテナ系の線路上を伝搬する高周波の特性インピーダンス Z_0 および伝搬定数 γ は、

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R_s + j\omega L_s}{j\omega C}} \quad (11)$$

$$\gamma = \sqrt{j\omega C(R_s + j\omega L_s)} \equiv \alpha + j\beta \quad (12)$$

と表され[22]、線路を伝搬する高周波の波長 λ は、

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} \quad (13)$$

と求められる。

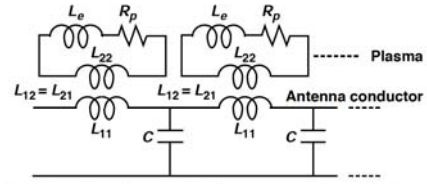


図9 誘導結合プラズマ生成系における高周波伝搬の等価回路

典型的な例として、プラズマ密度 10^{11} cm^{-3} 、電子温度 3 eV のプラズマが、周波数 13.56 MHz の高周波電力を用いて生成されている場合を考える。周波数 13.56 MHz の高周波の自由空間での伝播波長は 22 m であるが、アンテナ導体を伝播する高周波の波長は 13 m 程度であることが上記のモデルで見積もられ[22]、自由空間における値の半分程度となることがわかる。さらに、アンテナ導体の終端は、通常の誘導結合プラズマ生成では電源のアースに接続 ($Z_L = 0$) されており、高周波が伝播するアンテナ導体の特性インピーダンス Z_0 は有限の値をもっているため、終端では反射波が生じる。このため、アンテナ導体の長さが伝播波長の $1/4$ 程度以上となると、波動としての性質である定在波(進行波と反射波により形成)の影響が顕在化する。

したがって、アンテナ導体の特性長が自由空間波長の $1/10$ 程度以上となる領域(周波数 13.56 MHz では 2 m 程度以上)では、定在波の影響が顕著となり、アンテナ導体の長さ方向における高周波電流分布は不均一となってしまふ。結局のところ、プラズマ源のサイズをメートルサイズ以上までスケールアップする際には、この定在波のために、プラズマを生成する誘導電界強度はアンテナ導体の長さ方向に不均一な分布を生じることになり、プラズマへの電力吸収分布さらにはプラズマ密度の不均一性を生じる根本的な原因となっている。この定在波の影響によりプラズマ生成が不均一となる問題は、メートルサイズのプラズマ源だけでなく直径 30 cm 程度のプラズマ源でも、導体に沿った長さが 2.5 m 程度のスパイラル状のアンテナを用いる場合は、定在波形成のために誘導結合アンテナ上で高周波電流が不均一となり、結果的にプラズマ密度分布ならびにプロセスの面内分布が不均一になることが報告されている[23-25]。

上記の例で述べた定在波形成による問題は、容

量結合プラズマにおいても報告されており、放電励起周波数の増加あるいはプラズマ源の大口径化に伴って、高周波電極の特性長が伝播波長の 1/4 程度以上となる領域では、電極上の高周波電圧の分布が定在波の影響により不均一となり、良好なプロセス均一性を確保することが困難になっている[14]。

3. 3 大面積プラズマ源の開発動向

高周波プラズマにおける定在波形成の問題自体は、周波数の低い励起電力を使用することによりプラズマ分布の均一性を改善することが可能であると考えられる。しかしながら、低周波数化することによってプラズマ密度が顕著に低下してしまうことに加えて[23]、電子温度も高くなることから[26]、前節の冒頭に述べた [2] スルー putt ならびに [3] プラズマダメージにおいて新たな問題を生じることになる。このため、容量結合プラズマ生成ならびに誘導結合プラズマ生成では、概ね 10 MHz 以上の高周波電力が採用されている。

まず、容量結合を用いたプラズマ生成方式では、上述のように、得られるプラズマ密度は 10^{10} cm^{-3} 程度とあまり高くないが、基板サイズが 30 cm 程度のプロセスでは均一性の良いプラズマを生成することが可能であることから、半導体ウェハプロセスなどで最もよく用いられている。励起周波数の点では、数 10 MHz と高い周波数を用いる場合の方が、プラズマ密度の向上と低電子温度化に有効であることが分かっており、放電励起周波数を高くすることが求められている。このため、容量結合型高周波放電における大面積プラズマ生成では、高周波電極上での定在波形成が特に問題であり、高周波電極への高周波電力の給電点を複数設けることにより、異なる分布を有する定在波を形成して、それらを重ね合わせるにより均一性を改善する技術が試みられている[14]。しかしながら、これらは何れも高周波電極上での定在波形成を前提としている（定在波の形成を根本的に解消することは念頭においていない）ため、重ね合わせによる不均一性の改善に効果はあるものの、周波数の増加に伴って電極上での電圧分布ならびにプロセス面内分布の不均一性が顕著となる問題も報告されている[14]。

さらに、誘導結合を用いたプラズマ生成では、高周波電源に並列に接続された複数のスパイラルアンテナの終端に、容量性負荷あるいは誘導性負荷（コイル）を接続することにより不均一性の改善が試みられている。アンテナ導体の終端に容量性負荷を接続した場合は、不均一な分布形状をアンテナ導体上で移動させる効果を示すものの、不均一性自体の低減には至っていない[25]。一方、誘導性負荷を接続した場合は、アンテナ導体に沿った方向の不均一性は改善されるものの、並列接続されている複数のアンテナ導体に流れる高周波電流を如何にして揃えるかが課題として残っている[27]。

さらに、マイクロ波領域での放電形式の一つである表面波励起プラズマは、誘電体を介して導入したマイクロ波により、誘電体とプラズマとの境界領域（プラズマの表面）を伝わる波動（表面波）を励起して、その波動電界を利用してプラズマを生成する方式である。気体圧力が 10mTorr 数 Torr 程度の典型的な条件で、 $10^{11} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 程度の高密度のプラズマが得られ、特に電子温度ならびにプラズマ電位がともに低いプラズマ源であることが特長として挙げられる。

3. 4 内部アンテナ型誘導結合放電を用いた大面積プラズマ

これまでに開発されてきた技術では、励起電力の分布制御を行う手段として、多点供給による波の重ね合わせ、並列分岐、終端での負荷接続といった受動回路を用いた手法が採用されており、プロセス中に高周波電力の分布を能動的に制御することは困難であった。このため、筆者等は従来の発想とは異なるプラズマ源の開発を行っており、本稿ではその一端を紹介する。

まず、プラズマ源の大面積化に関わる定在波の問題は、放電を励起するアンテナ導体のサイズに起因していることから、[a] アンテナ導体自体の小型化、すなわち高周波の伝搬波長よりも十分に短い代表長を有するアンテナ導体を用いることが重要であり、図 10 に模式的に示すアンテナを用いている。また、プラズマへの電力吸収効率を高めるため、内部アンテナ方式を採用している。

次いで、大面積にわたる均一性は、[b] 低イン

ダクタンスの小型アンテナ導体をプラズマ源の所望の箇所に配置するマルチアンテナ方式を採用することにより確保される[17]。さらに、複数のアンテナ導体への高周波電力の給電においては、[c] 個々のアンテナに個別の高周波増幅器を直結したモジュール構成 (図 11) にして、[d] 複数のモジュールを独立かつプラズマ源全体にわたって統合的に制御する方式を採用することにより、プラズマ源全体での励起電力の分布を能動的に制御することが可能である。

本方式のプラズマ源が従来のプラズマ源と決定的に異なる点は、定在波による不均一性の問題が根本的に解決される点にある。さらに、プラズマ源全体にわたる励起状態の分布 (高周波電流、高周波電圧、高周波電力) を能動的に制御することが可能であり、プラズマ生成分布の制御性を格段に高めることができる。これらの制御性を従来技術で実現することは、極めて困難であるといえる。

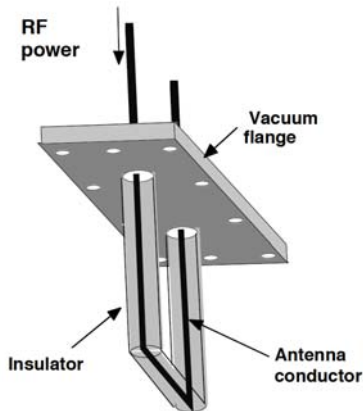


図 10 低インダクタンス内部アンテナ

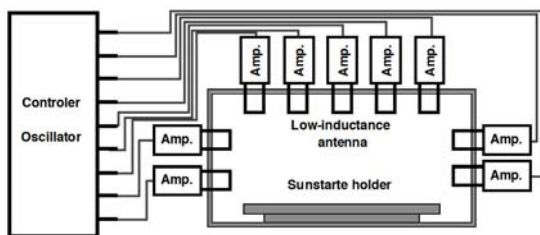


図 11 マルチアンテナ方式の大面積プラズマ源

ここでは、メートルサイズ大面積プラズマ源の特性と数値シミュレーションを援用したプラズマ源の設計例について紹介する。

まず、内壁のサイズが 780 mm x 910 mm の長方形の真空チャンバーの側壁に、図 10 の低インダクタンス内部アンテナを 10 セット配置し、各辺の 2 個ないし 3 個のアンテナを並列接続して組み合わせ、マッチングボックスを介して計 4 台の高周波電源 (周波数: 13.56 MHz、最大出力: 5 kW) に接続している。シングルプローブを導入してプラズマパラメータを計測し、チャンバー中心部 (アンテナから下流側 100mm、軸上の位置) でのプラズマパラメータを計測した。ターボ分子ポンプにてチャンバー内を 1×10^{-4} Pa まで排気した後、ガス導入口より Ar を放電ガスとして導入し (1.1 Pa)、高周波電力を投入することによりチャンバー内に Ar プラズマを生成した。

Ar プラズマ密度の高周波電力に対する依存性を図 12 に示す。高周波電力を 4 kW 程度投入することにより、 $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ を超える高密度プラズマを生成可能であることを示している。

さらに、この低インダクタンス内部アンテナを用いたプラズマ生成では、アンテナの両端に発生する高周波電圧を格段に低減することが可能であるため、アンテナに発生する高周波電圧に伴う静電結合 (シースを通じた高周波電位揺動) を効果的に抑制することが可能である。このため、プラズマの電位揺動に伴う対地への過剰な電子損失が

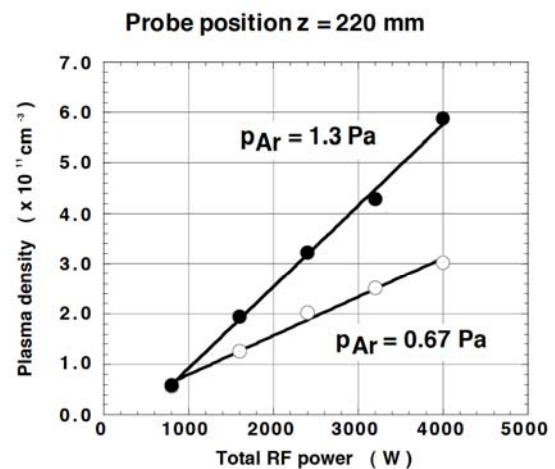


図 12 プラズマ密度の高周波電力依存性

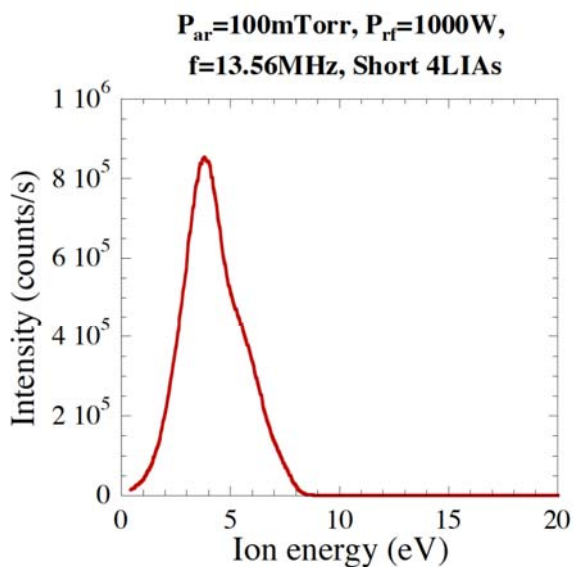


図13 イオンエネルギー分布

抑制され、図13に示すように、シース端でのイオンエネルギーを5 eV未滿に低減した『低ダメージプラズマ』を生成することが可能である。また、浮遊電位ならびにプラズマ電位を計測した結果、ガラス等の絶縁物を基板とした場合の正味の入射イオンエネルギーを極めて低い値に抑制することが可能であることも明らかになっている。すなわち、アンテナ系の低インダクタンス化により、アンテナ自体に発生する高周波電圧が効果的に低減され、高出力の高周波電力を供給する条件においても、プラズマの低電位化を図ることが可能であることを示している。

特に、従来方式の容量結合型プラズマ源では、スループットの向上に求められるプラズマの高密度化をはかるため放電電力を増大すると、プラズマの電位揺動も増大し、高エネルギーのイオンを生じてプラズマダメージが避けられないパラドックスに直面していたが、誘導結合アンテナを小型化した本方式のプラズマ生成では、高品質プロセスに不可欠なプラズマの低電位化(低ダメージ化)を、下流の低密度領域ではなく、高密度領域で同時に達成することが可能な数少ない方式であるといえる。

最後に、一辺の長さが3メートルの大面積基板に対応した次世代のプロセスを念頭に設計したプラズマ源の事例を図14に示す。一辺が4メートル

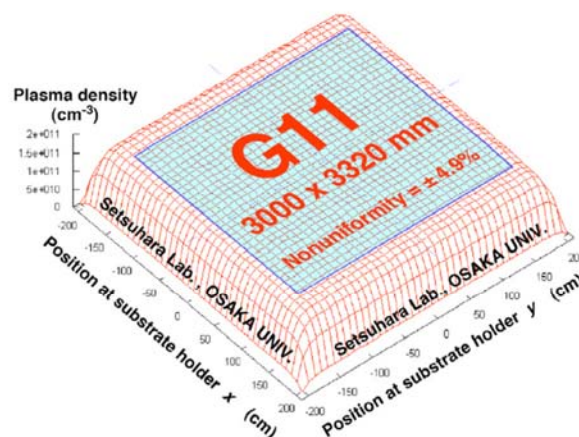


図14 第11世代基板に対応したプラズマ源設計の一例

の角形容器でのプラズマ密度分布を示しており、第11世代の基板(3.0 m x 3.3 m)における面内均一性が±4.9%以内の均一性を確保することが可能であることを示している。

4. おわりに

本稿では、気体放電の基礎からプラズマの生成と維持に関わる素過程と制御法について触れ、大面積プラズマ生成について述べた。プラズマ応用技術は、さまざまな応用分野での研究開発の進展や産業化のニーズと密接に関連しながら展開してきたが、プラズマの生成・制御技術はその基本である。今後ますますの発展を期したい。

参考文献

- [1] プラズマ・核融合学会編：“プラズマの生成と診断-応用への道-” (コロナ社, 2004).
- [2] M. A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Materials Processing (Wiley, New York, 1994).
- [3] A. Bogaerts, E. Neyts, R. Gijbels and J. van der Mullen, Spectrochimica Acta B 57, 609 (2002).
- [4] 菅井秀郎：“プラズマエレクトロニクス” (オーム社, 2000).

- [5] S. Kanazawa, M. Kogoma, T. Moriwaki and S. Okazaki: *J. Phys. D. Appl. Phys.* 21, 838 (1988).
- [6] S. Okazaki, M. Kogoma, M. Uehara and Y. Kimura: *J. Phys. D. Appl. Phys.* 26, 889 (1993).
- [7] 武田 進: "気体放電の基礎" (東京電機大学出版局, 1990).
- [8] F. F. Chem, J. P. Chang: "Principles of Plasma Processing" (Plenum/Kluger Publishers, 2002).
- [9] 板谷良平: "プラズマエレクトロニクスサマースクールテキスト" (応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会, 1994) pp.1-10.
- [10] Y. Setsuhara: *J. Plasma and Fusion Research* 81, 85 (2005).
- [11] 北原洋明: "'04 最新液晶プロセス技術"(プレスジャーナル, 2004) pp. 23-30.
- [12] H. H. Goto, H. D. Lowe and T. Ohmi, *J. Vac. Sci. Technol. A* 10, 3048 (1992).
- [13] A. A. Howling, J. L. Dorier, C. Hollenstein, U. Kroll and F. Finger, *J. Vac. Sci. Technol. A* 10, 1080 (1992).
- [14] L. Sansonnens, A. Pletzer, D. Magni, A. A. Howling, C. Hollenstein and J. P. M. Schmitt, *Plasma Sources Sci. Technol.* 6, 170 (1997).
- [15] J. Hopwood, *Plasma Sources Sci. Technol.* 1, 109 (1992).
- [16] Y. Setsuhara, S. Miyake, Y. Sakawa and T. Shoji, *Jpn. J. Appl. Phys.* 38, 4263 (1999).
- [17] Y. Setsuhara, S. Miyake, Y. Sakawa and T. Shoji, *Surf. Coat. Technol.* 136, 60 (2001).
- [18] M. Moisan, C. Baudry and P. Leprince, *IEEE Trans. Plasma Sci.* PS-3, 1004 (1975).
- [19] H. Sugai, I. Ghanashev and M. Nagatsu, *Plasma Sources Sci. Technol.* 7, 192 (1998).
- [20] I. Ganachev and H. Sugai, *Surf. Coatings Technol.* 174 ~ 175, 15 (2003).
- [21] 菅井秀郎: *応用物理* 70, 398 (2001).
- [22] Y. Wu and M. A. Lieberman, *Plasma Sources Sci. Technol.* 9, 210 (2000).
- [23] M. H. Khater and L. J. Overzet, *Plasma Sources Sci. Technol.* 9, 545 (2000).
- [24] E. Jaeger, L. Berry, J. Tolliver and D. Batchelor, *Phys. Plasmas* 2, 2597 (1995).
- [25] M. Kushner, W. Collison, M. Grapperhaus, J. Holland and M. Barnes, *J. Appl. Phys.* 80, 1337 (1996).
- [26] V. Godyak and V. Kolobov, *Phys. Plasmas* 81, 369 (1998).
- [27] A. Wendt and L. Mahoney, *Puer Appl. Chem.* 68, 1055 (1996).

国際会議報告

3rd International Conference on Plasma Nanotechnology and Science (IC-PLANTS 2010) 報告

名古屋大学 プラズマナノ工学研究センター(PLANT) 石川健治

本国際会議は「プラズマナノテクノロジー」, 「大気圧プラズマとバイオテクノロジー」をトピックスとして, 2010年3月11日(木)から12日(金)までの2日間にわたり, 106件の発表(うち招待13件), 160名(韓国17名, 他海外20名, 日本113名)の参加者が集まり盛会となりましたので報告いたします。

大気圧プラズマをもちいて医療やバイオテクノロジーへの応用が盛んに研究されており, その中でも Fridman 教授(Drexel大)からプラズマ医学, Graham 教授(Queen's大)から生理活性な電解液中プラズマ, 馬場教授(名大)からバイオ医療ナノデバイスについて講演をいただきました, バイオ材料を電極としたプラズマ放電による殺菌・滅菌への応用, 手術中の血液凝固などが紹介されました。今後, プラズマ応用がますます期待される分野であり, 学際融合領域にわたり有益な議論と情報交換がなされました。

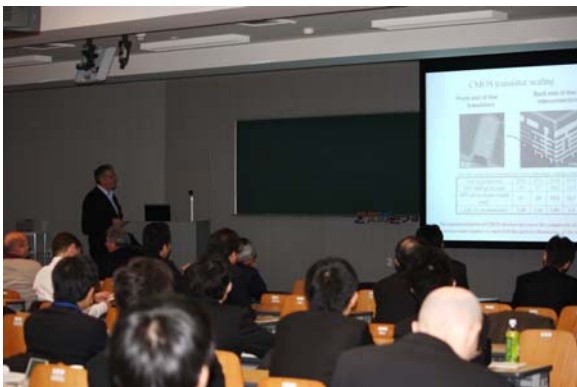
ナノ材料の合成・加工に, プラズマの活用はますます重要な先端技術となっており, 安武教授(阪大)から大気圧プラズマ・シリコン製膜, Cvelbar 教授(Jozef stefan 研究所)から金属酸化物ナノワイヤのプラズマ生成, Ostrikov 教授(CSIRO)からナノ構造形成, Lee 教授(成均館大)からナノカーボン材料のプラズマ修飾, Boo 教授(成均館大)から酸化亜鉛(ZnO)の製膜, 天野教授(名大)



から窒化ガリウム(GaN)の製膜について講演いただきました。プラズマでは活性な化学種が生成され, 材料表面で化学反応が進行し, ナノスケールでの形態や選択的な表面修飾などが実現され, ますます重要性が増しています。他にも Joubert 博士(CEA-LETI)から次世代半導体のプラズマエッチング, Chabert 教授(Ecole 理工科大)から塩素プラズマのモデリング, Boswell 教授(ACT)からフォーカスイオンビーム(FIB)源について講演いただきました。ややもすれば複雑と使うだけになってしまうプラズマプロセスではありますが, 工学的な立場からその理解を推進するには世界の研究者との協力は欠かせなく, この得られた知見を元にした制御方法の確立は欠かせません。今後ますます, プラズマの応用範囲の広がりを模索しつつ, プロセスプラズマ研究の総力を上げた取り組みが期待されます。

本会議の様子はホームページ(*)も参考にしてください。次回は, 2011年3月10日(木)~12日(土)高山市民会館(岐阜県)の開催を予定していますので, プラエレ分科会会員の皆様の参加を心よりお待ちしております。

*<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/IC-2010/highlight.html>



国際会議報告

2nd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2010)

中部大学 中村 圭二

第2回先進プラズマ科学と窒素化合物とナノ材料への応用に関する国際シンポジウム (ISPlasma2010、主催: 科学技術交流財団) が、名城大学の天白キャンパス (愛知県名古屋市中区) にて2010年3月7日と3月10日にわたり、開催された。本会議は、2009年3月に名古屋大学で開かれた第1回に引き続いての開催で、比較的新しい国際会議である。また本会議は、文部科学省第Ⅱ期知的クラスター創成事業の広域プログラム「先進プラズマナノ科学研究拠点形成プログラム」の一環として主催され、国際連携による研究開発の促進やその高度化とともに、国際連携を促進させて関連する研究者や技術者の人的ネットワークを拡充させることを目指している。

今回の参加者数は累積で618名となり、当初の目標であった300名を大きく上回った。主な参加者としては、学生を含む大学関係者のほかに、企業関係者や行政関係者も多数含まれ、産学官に携わる人々の参加があった。また海外からの参加者は、歴史的に浅い会議にもかかわらず100名を超え、111名に達している。

発表件数は307件で、その内訳は、基調講演: 27件、招待講演: 11件、一般口頭発表: 29件、ポスター発表: 240件であった。このうち、海外からの発表は97件で、特に韓国や台湾といったアジアからの発表が64件であり、まずはアジア地区を中心としたプラズマ分野の国際会議としての土台を築いているといえる。発表を分野別に見ると、知的クラスター創成事業で進められているプラズマ分野、窒化物半導体分野、ナノ材料分野の3分野に分類されており、全ての口頭発表とポスター発表を含めた場合、プラズマ分野に関する発表は全体の

32%程度であり、最も多かったのはナノ材料分野の50%程度であった。

会議はまず S. Iijima 氏 (Meijo Univ.) による「Structure Characterization of Nano-Carbon Materials on the Atomic Resolution Basis」と題した特別講演が行われ、ナノ科学研究における基礎を与える分析技術の最近の進展を、ナノチューブやグラフェンなどの代表的なナノカーボン材料を中心に紹介された。また知的クラスター創成事業で進められているプラズマ分野、窒化物半導体分野、ナノ材料分野の各リーダーから知的クラスター講演が行われ、プラズマ分野からは、本会議組織委員長の M. Hori 氏 (Nagoya Univ.) が、プラズマナノプロセスの現状と進展が述べられ、ラジカルモニタと組合せた先進プラズマによるナノ製造システム等について報告された。

プラズマ分野の講演は、先進プラズマ計測、シミュレーション、エッチング、CVD、太陽電池の各セッションから構成され、7件の基調講演が行われた。U. Czarnecki 氏 (Ruhr Univ.) は、遮光性シリンダを用いたプラズマ発光の観測から、プラズマ分布のモニタリングについて報告した。M. J. Kushner 氏 (Univ. Michigan) は平行平板型高周波プラズマにおける分布定数効果をシミュレーションを用いて解析し、その効果を緩和するための方策として分割電極などの提案をした。M. Goeckner 氏 (Univ. Tex) は、プラズマ・壁相互作用におけるエネルギー保存について議論し、温度効果を考慮した表面相互作用も取り入れたモデリングについて述べていた。J. P. Chang 氏 (UCLA) は、幅広い電子デバイスに用いられている酸化膜の合成やパターンニングに、ラジカル促進 ALD やイオンアシ

ストエッチングの応用例が示された。R. d' Agostino 氏 (Univ. Bari) は、ナノ構造を有するフッ化ポリマーをプラズマプロセスにより形成し、表面構造やその撥水特性などとの関連を示した。U. Kortshagen 氏 (Univ. Minnesota) は、合成部と機能化部の2つのプラズマを有した装置を用いて太陽電池用シリコンナノ結晶の合成に関して報告がなされた。T. Takamoto 氏 (Sharp Corp.) はマルチ接合技術を用いることにより、III-V族材料を用いた太陽電池を開発し、35.8%という超高効率が可能であることを示した。

それらの講演とともに、本会議では2つの大きなトピックスがあった。一つは窒化物半導体に向けた先進プラズマの応用であり、もう一つは産学官連携と技術移転である。

前者については、窒化物をベースにしたスイッチング素子の大容量化に対する要求が高まり、それを実現するためのデバイス構造を得るために、プラズマエッチングが不可欠になりつつあるが、プラズマダメージの問題から十分にデバイス性能を引き出せていないことから、プラズマ科学の知見を、そのような問題の解決に活用し、窒化物半導体デバイスの高性能化につなげる試みである。そのような観点での議論はこれまでほとんど行われたことはなく、非常に画期的なものと言える。議論の結果、ダメージの問題を解決するためには、窒化物プロセス用プラズマの解析とそれに基づいた科学的なアプローチが有効との結論が得られた。そのようなアプローチは、シリコンデバイスにおけるプラズマプロセスの解析が進んだ1990年代と共通するものが有り、その意味で今後の展開が期待される。後者についても、日米欧における主だった研究機関や企業からのパネリストが、産学官連携に関しての日本と外国との進め方の違いなどについて議論を交わした。その中で特にドイツについては技術移転の仕組みが出来上がっており、数多くの実績をつんでいることが大変印象的であった。

全体として、本会議では、従来のようなプラズマ分野の学術的な観点からの議論の場であると同時に、プラズマプロセスの新規分野の開拓と、産

学官連携・技術移転といった新しい観点を取り入れた新しいタイプの国際会議といえ、今後、ますますの発展が期待される。なお次回は2011年3月に名古屋工業大学(愛知県名古屋市)にて開催される予定である。

国際会議報告

International Workshop on Plasmas with Liquids 2010 報告

愛媛大学理工学研究科 橘 邦英

本年3月22日～24日にIWPL 2010 (International Workshop on Plasmas with Liquids) が松山市において開催された。近年、環境やバイオ技術との関連で、液体中や液体表面での放電プラズマ生成の方法やその応用について多くの関心が寄せられており、ISPC やその他の大きな国際会議でも、液体プラズマ関係のセッションが設けられるようになってきている。しかし、今回のワークショップは、液体関連プラズマでの単独の国際会議として世界で初めてのものとなった。また、「道後のお湯につかりながら、液中プラズマについてホットな議論をしよう」というキャッチコピーをそのまま実践できるように、場所も奥道後温泉ホテルをほぼ貸切の状態で使用させてもらい、3食を共にしながら和やかな雰囲気での会議が進行した。

幸いに愛媛大学から学長裁量経費による支援が受けられたこともあり、当該分野における海外の主要な研究者を招待することができた。実際には、

B. Locke (Florida State University)

P. Lukes (Academy of Science, Czech Republic)

C. Leys (Gehnt University)

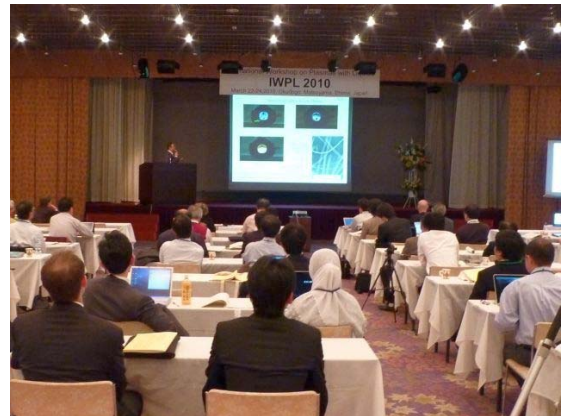
P. Bruggeman (Eindhoven University of Technology)

J.-S. Chang (McMaster University)

J. F. Kolb (Old Dominion University)

のように豪華な顔ぶれが集まり、その他にも中国、韓国、インドネシアなど、日本を含めて9ヶ国から約90名の参加者を得て、招待講演を含めた54件の論文発表がなされ、盛況裏に会議を終了することができた。日本からの講演者も、畠山（東北大）、高井（名古屋大）、秋山（熊北大）、山部（佐賀大）、野村（愛媛大）の各氏をはじめ、最先端でこの分野をリードしている研究者が参集した。

会議の冒頭では、液体プラズマで先駆的な業績を上げて来られた群馬大の佐藤正之名誉教授によって、「パルス放電による液中／液体介在プラズマの基礎と実際」と題した基調講演がなされ、研究



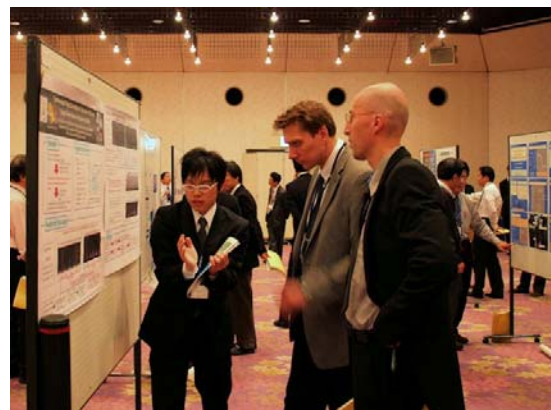
招待講演での発表の様子

の歴史と現状が報告された。Locke 教授によるもう一つの基調講演では、水中や水滴が介在するプラズマ中での OH 等のラジカル生成やその反応機構、安定種として OH から生成される H_2O_2 の収率やそれを向上させるための方策が紹介された。

引き続き、プラズマ生成、反応メカニズム、プラズマ診断、応用技術の各セッションで招待講演や一般の口頭発表がなされた、また、ショートプレゼンテーション付のポスター発表（24件）がなされ、優秀な4件にポスター賞が授与された。

なお、本国際会議のプロシーディングスは下記の URL で閲覧できる。

http://plasma.eng.chime-u.ac.jp/IWPL_2010



ポスターセッションでの議論の様子

国内会議報告

2010 年春季 第 57 回応用物理学関係連合講演会 シンポジウム

プラズマとナノ界面の相互作用 ～プロセス揺らぎの制御を目指して～ 報告

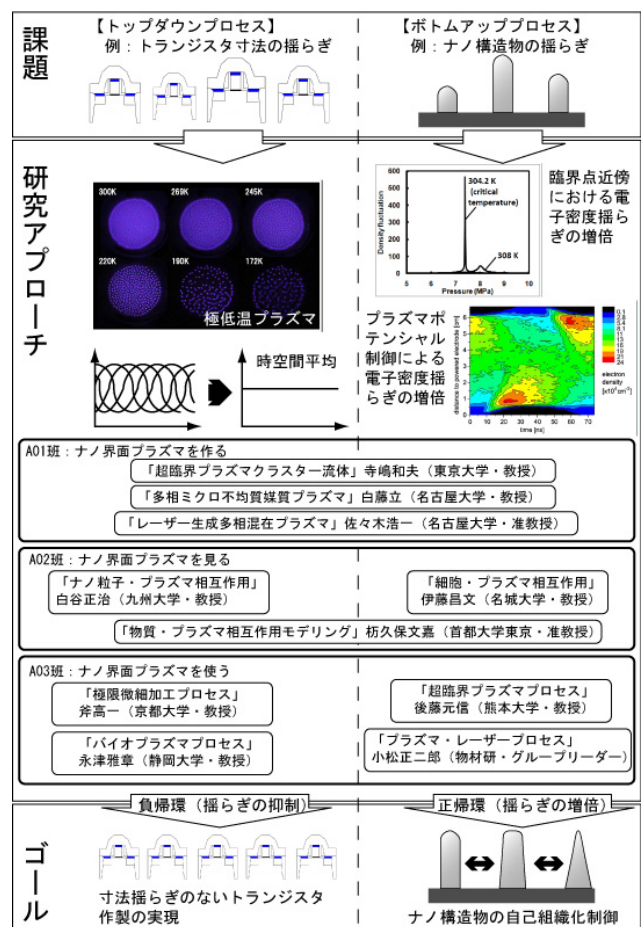
首都大学東京 朽久保文嘉

プラズマエレクトロニクス分科会に関連深い研究プロジェクトとして、板谷良平先生の重点領域研究「反応性プラズマの制御」、橋邦英先生の特定領域研究「プラズマを用いたマイクロ反応場の創成とその応用」に続き、平成 21 年度より 5 年間の研究期間で、九州大学の白谷正治先生を代表とする新学術領域研究「プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の創成」がスタートした。

プラズマプロセスは、本質的には、プラズマと界面の相互作用であるが、界面がナノサイズに縮小することにより、①サイズ効果の発生、②揺らぎが顕著となる、③界面寸法が相互作用長と同等以下となる、④界面が反応場に構造を与える、といった特徴が顕在化する。このプラズマとナノ界面相互作用に内在する法則・原理・機構を解明して新しい学術基盤を体系化し、更にその基盤に基づいて、揺らぎの抑制による超高精度トップダウンプロセス、揺らぎの増幅による高度に制御された自己組織化ボトムアッププロセスの実現がこの領域の目指すものである(右図を参照)。この共通の目的の下に、「ナノ界面プラズマを作る」、「ナノ界面プラズマを見る」、「ナノ界面プラズマを使う」の 3 班に分かれて研究を開始している。本シンポジウムは、この新学術領域研究を基盤として提案されたものであり、各担当者の取り組みを紹介するとともに、新しいプラズマプロセスのあり方について討議した。

はじめに、領域代表を務める九州大学の白谷正治先生が、ご自身のナノ粒子に関する研究を事例として交えながら、上述のような領域が目指すものについて紹介された。

東京大学の寺嶋和夫先生は、ナノ界面プラズマを“創る”立場から、密度揺らぎを積極的に利用



<http://plasma.ed.kyushu-u.ac.jp/~plasmanano-pj/>より転載。佐々木浩一先生は2010年5月1日付で北海道大学へ移動された。

した不均質媒質である超臨界流体プラズマについて解説された。即ち、超臨界流体中でプラズマが発生した環境下でもクラスタリング構造や密度揺らぎが存在することを示し、また、密度揺らぎを利用して超臨界流体ならではの物質合成ができていることが報告された。更に、揺らぎ抑制の観点

からクライオプラズマが紹介され、このとき、冷却によってプラズマの自己組織化が起こることも示された。

名城大学の伊藤昌文先生は、プラズマを用いた滅菌や殺菌に取り組んでいる。プラズマのパラメータ（電子密度、電子温度、ラジカル密度、UV光等）が生体の構造変化や生体機能にどのような影響を及ぼすかを解明することを目的としている。今回の講演では、真空紫外吸収分光法によるオゾン濃度の定量化、オゾン濃度に依存したミドリカビ菌等の滅菌特性などが示された。今後は、リアルタイムレーザ蛍光顕微鏡観察、リアルタイム光断層計測などが予定されており、その場で見ることによる生体細胞表面とプラズマの相互作用の飛躍的な理解の進行を期待させる。

小生は、液体とプラズマの界面現象を切り口として、ナノ界面プラズマを理論的に見ることを念頭に、現時点での取り組みについて報告した。具体的な対象として、液体陰極上の直流グロー放電に着目し、液面上の大気圧プラズマのシミュレーション、液中の電解反応のシミュレーションについて報告した。実験で得られる形状のプラズマがシミュレーションでも再現できること、大気圧ではあるが数 eV のエネルギーを有するイオンが陰極（液体）に衝突する可能性のあること、液中での電気二重層形成などについて報告した。分子レベルでの気液界面現象の解明が次の課題である。

京都大学の斧高一先生は、ドライエッチングを通じてナノ界面を使うことに加え、ナノ界面を制御するためには見ることの重要性を述べられた。特に、数 nm 以下の現象解明にはシミュレーションによる支援が必須であることを説かれた。原子レベルの大きさの空間メッシュの導入により、Atomic-scale cellular model (ASCeM)で加工形状進展を満足に再現できることが示された。また、ナノレベルの表面形状では、フラックスではなく、個々の粒子レベルで議論が必要であり、分子動力学法による形状シミュレーションの結果も示されている。これらの結果を踏まえた揺らぎ制御へも期待が抱かれる。

名古屋大学の白藤立先生は、多相マイクロ不均質プラズマとして、液中にマイクロバブルが分散した環境下での液中放電の特性、ソリューションプ

ラズマによるCNTの表面修飾について紹介した。その後、このシンポジウムの各講演者が発表した事項のエッセンス、共通点等をまとめた。また、各人の“揺らぎ”に対する認識の違いから、“揺らぎ”を整理する必要性を述べられた。

新学術領域研究も2年目を迎え、公募研究より21名の強力なメンバーが加わった。5月15日、16日の両日に熱海で第1回全体会議が行われ、各グループが志向する研究内容の報告が行われた。応用物理学会から離れたバックグラウンドの人も参加されており、共同研究への発展など、今後の融合が強く期待される。

国内会議報告

2010年春季 第57回応用物理学関係連合講演会 第4回分科内招待講演 「プラズマサイエンスに基づくものづくりを語る」報告

名古屋大学 白藤 立

プラズマエレクトロニクス分科会では、応用物理学会にて分科内招待講演を企画・実施してきた（趣旨については会報No. 49を参照）。2010年春季第57回応用物理学関係連合講演会にて、第4回の分科内招待講演を開催したので報告する。

第4回は、3月19日（金）13:00～14:00にて、副題として「プラズマサイエンスに基づくものづくりを語る」という副題を冠し、佐藤徳芳先生（東北大学名誉教授）より「各種プラズマ応用に必要なプラズマ制御」、松田章久先生（大阪大学特任教授）より「薄膜シリコン系材料におけるプラズマプロセスの理解と制御」について、それぞれ御講演を頂いた。

佐藤先生は、プラズマの基礎的な実験研究において多くの業績を上げてこられた。そこで得られた知見を基にして、プラズマ応用に必要なプラズマ制御法として、本講演の冒頭にも触れられた『インテリジェントプラズマプロセス』の重要性を指摘してこられた。統計的なプラズマ中の荷電粒子群を自在に操ることは容易ではないが、放電媒質を巧みに多相化することで、荷電粒子にとっての複合有効媒質を形成し、実効的な EEDF を自在に操る、という観点は大変興味深く拝聴した。

松田先生は、電総研に在籍されていたころからアモルファスシリコンを用いた太陽電池に関して研究され、現



図 1. 第4回分科内招待講演会場の様子。



図 2. 講演をされる佐藤先生(左)と松田先生(右)。

在、世界的に最も受け入れられているアモルファスシリコン薄膜のプラズマ成膜モデルを提唱された。本講演では、堆積速度の温度依存性という、恐らくだれでもデータを取れるであろう実験情報から、根本原理に基づく鋭い考察によって、 $a\text{-Si:H}$ の成膜前駆体である SiH_3 が表面を泳動していなければならないこと、また、 SiH_3 が二段階反応過程であることを見出された際の経緯について触れられた。

印象に残った点は、両先生が共通に言及された『自分の専門外の人のコラボ』である。松田先生がマイクロホロー電極にて放電させたときに、ホロー部の放電が安定しないことに対して、佐藤先生が「プラズマどうしを会話させてあげないと...」と言われ、Cathode with Connected Hollows という電極構造ができたそうである。本講演の聴講者間でも、こうした実のあるコラボが実ることを祈念する。

最後に、ご講演頂きました佐藤先生、松田先生、そして、本企画を実施するにあたりまして幹事会にて議論頂きました分科会幹事の皆様、本招待講演にお集まり頂きました方々に、深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] N. Sato: Basic approaches to plasma production and control, in Advanced Plasma Technology, Eds. R. d'Agostino et al (Wiley VCH, 2008) pp. 1-15.
- [2] A. Matsuda: Thin-Film Silicon – Growth Process and Solar Cell Application –, Jpn. J. Appl. Phys. **43**, 7909-7920 (2004).

国内会議報告

第5回プラズマ新領域研究会 (第1回プラズマ支援燃焼研究会) 大阪大学 伊藤剛仁, 北海道大学 佐々木浩一

第5回プラズマ新領域研究会は、第1回プラズマ支援燃焼研究会として、プラズマ・核融合学会の専門委員会「プラズマ科学と燃焼科学の融合」との合同主催という形で、2010年3月15日に大阪大学レーザーエネルギー学研究センターにおいて開催された。プラズマ支援燃焼技術の発展には、燃焼技術とプラズマ応用、両分野の緊密な連携が不可欠であり、異分野との交流を開催目的の一つに上げる「プラズマ新領域研究会」による活性化を願ったものである。

プラズマ支援燃焼は、米国およびヨーロッパでは新しい融合分野として活発な研究が行われている。今回の研究会では、プラズマ支援燃焼に関する大型予算を獲得し、先駆的研究を推進している米国プリンストン大学の Yiguang Ju 氏を招待し、特別講演をお願いした。Ju 氏の特別講演に続いて、我が国においてプラズマ支援燃焼に関連する研究を行っている10名の研究者に招待講演をお願いした。発表されたテーマは、レーザー生成プラズマの燃焼着火への応用(阪大・林潤氏, 分子研・平等拓範氏), 燃焼炎・熱プラズマハイブリッドシステムによるガラス製造プロセス(東工大・渡辺隆行氏), 選択酸化反応による燃料改質プロセス(東工大・野崎智洋氏), 高速流中での着火・燃焼促進への熱プラズマの応用(東北大・滝田謙一氏), バーナー火炎への静電場およびマイクロ波電場印加の効果(金沢大・上杉喜彦氏, 名大(現:北大)・佐々木浩一氏), 大気圧マイクロ波プラズマによる自動車エンジンの燃焼改善(イマジニアリング・池田裕二氏), プラズマによる着火促進現象に関する化学反応論的考察(福井大・安東弘光氏), および、スパーク放電による燃料濃度計測技術(岡山大・河原伸幸氏)である。Ju 氏から紹介された米国での研究に比べ、我が国におけるプラズマ支援燃焼の研究は初期的段階にあるとの印象を受けたが、今後この分野の成長を期待させる熱の入った講演と活発な討論が行われた。

今回の研究会では、この種の単発の研究会としては異例ともいえる87名の参加が得られた。また、参加者の半数近くが企業からの参加であった。自動車および船舶などの内燃機関関係の大手企業のほとんどすべてから参加者が得られており、プラズマ支援燃焼という新しい融合分野に対する産業界からの強い期待感がひしひしと伝わってきた。ただひとつ残念なのは、プラズマ分野からの参加者が全参加者の1/4未満と少数派であったことである。プラズマエレクトロニクス分科会の皆様の興味とは若干異なる応用分野とは思いますが、研究内容に共通する部分は多く、本研究会の開催を一つのきっかけとし、本分野への興味を抱いて頂けることを願う。

最後に、プラズマ・核融合学会「プラズマ科学と燃焼科学の融合」専門委員会の金沢大学 上杉喜彦先生および、本研究会の開催にご協力いただいた全ての方に、心より謝意を表す。



特別講演を頂いた Ju 先生



会場の様子：活発な議論が行われた

国内会議報告

「第四回 光・プラズマプロセスのバイオ応用ワークショップ (BAPP-4)」 報告

大阪大学工学研究科 原子分子イオン制御理工学センター 浜口智志

本年(2010年)1月26日(火曜)午後、大阪大学吹田キャンパス・レーザーエネルギー学研究センター研究棟4階大ホールにおいて、「第四回 光・プラズマプロセスのバイオ応用ワークショップ(The 4th Workshop on Biological Applications of Plasma/Photon Processing: BAPP-4)」が開催されました。主催は、大阪大学工学研究科原子分子イオン制御理工学センター(CAMT)、共催は、筑波大学学際物質科学研究センター(TIMs)および東京理科大学総合研究機構ポリスケールテクノロジー研究センター(PTRC)、また、会議の財政的支援は、後援の「アトムックテクノロジー創出事業」(文部科学省)および大阪大学レーザーエネルギー学研究センターから得ています。更に、今回は、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会およびプラズマ・核融合学会専門委員会「プラズマ-バイオ融合科学の新展開」の協賛も頂きました。研究会には、講演者をふくめて49名の出席者がありました。

この研究会は、原則として各年度に1回開催しており、今回で4回目の開催となります。第一回会議は、2007年3月、第2回会議は2007年9月、第三回会議は、2009年1月に、いずれも、大阪大学吹田キャンパスで開催されました。本研究会は、光やプラズマを用いたプロセスを生物学や医学分野へ応用する研究を行っている人たちや、そのような分野の研究に興味を持つ人たちの交流を深めることをその第一の目的としています。研究会の聴衆は、主催者側を含め、プラズマの専門家が多いため、逆に、講演は、プラズマの専門家ではなく、主に、光やプラズマの生物・医学分野への応用に関係の深い、プラズマ以外の分野を専門とする方々に依頼しています。このため、この会議では、異なる専門を持つ研究者の間で活発な議論が行われています。

開会式後の今回のプログラムは以下の通りです。

- 13:10-13:40 間 久直(大阪大学)
「中赤外波長可変レーザーを用いた新規内視鏡下診断・治療」
- 13:40-14:10 藤田克昌(大阪大学)
「ラマン散乱を用いたバイオイメーキング」
- 14:10-14:40 木内正人(産総研)
「文化財保存のためのニオイ分装置の開発」
- 15:00-15:30 安田八郎(豊橋技術科学大学)
「大気圧低温プラズマによるバクテリオファージの不活化とそのメカニズム」
- 15:30-16:00 今出真司(島根大学)
「The Effect of Plasma Treatment on Bone」
- 16:00-16:30 平田孝道(東京都市大学)
「プラズマ医療用マイクロスポット大気圧プラズマの生成」
- 16:30-16:50 北野勝久(大阪大学)
「プラズマ誘起フリーラジカルのバイオ応用」
- 16:50-17:20 討論会
- 18:00-20:00 懇親会
(「」内は講演タイトル。講師敬称略。)

ここにありますように、研究会の最後にまとまった質疑応答の時間を計画しましたが、実際には、各講演の後の質疑応答の時間に活発な議論が行われて予定の時間を大幅に超過し、最後の討論会の時間はあまり取れませんでした。また、研究会後の懇親会は、毎年重要な情報交換の機会になっています。

各講演要旨等の詳細は、本研究会のHP

<http://www.camt.eng.osaka-u.ac.jp/bapp/>
に掲載していますので、是非ご覧ください。

プラズマのバイオ応用の中でも、特に、プラズマの医療応用に関する研究は、ここ数年、世界的な広がりを持って積極的に進められています。本研究会が、日本におけるこうした分野の発展に貢献することを期待しています。

国内会議報告

第 27 回プラズマプロセッシング研究会 (SPP-27)

防衛大学校 中野俊樹

第 27 回プラズマプロセッシング研究会が平成 22 年 2 月 1 日 (月) ~2 月 3 日 (水) の間、横浜市開講記念会館で開催した。以下、その概要について報告する。

1. 研究会開催の様子

研究会の初日はプラズマエレクトロニクス分科会幹事長の白谷正治先生 (九州大) のオープニングスピーチによって研究会が開会された。その後、二つの会場に分かれてナノテクノロジー 1 と大気圧・マイクロプラズマの基礎と応用 1 のセッションが行われ、一般の講演者の研究成果が発表された。休憩の後、指定テーマ講演「超臨界流体プラズマによる分子変換」が熊本大学の後藤元彦先生によって行われた。超臨界流体プラズマの現象やその応用について興味深い実験結果が示された。

午後はポスターセッションが最初に行われ、発表者と参加者によって熱心な議論が繰り上げられた。その熱気がまだ残る中、引き続いて特別講演「プラズマが拓くナノカーボン・バイオ融合科学」が東北大学の畠山力三先生によって行われた。カーボンナノチューブ内への DNA の挿入など画期的な研究成果について発表され、ナノカーボン材料のバイオ分野での応用に果たすプラズマ技術の役割の大きさについて詳細かつ興味深い講演がなされた。休憩の後、プラズマの診断・計測とモデリング 1 およびプラズマの発生・制御の一般講演のセッションが行われ、初日のプログラムを終了した。これらのセッション後、ホテルモントレ横浜で懇親会が開催された。曇まじりの荒天であったが約 60 名の参加者が集い、非常に盛んな懇親会となった。

研究会二日目は、一般講演の薄膜形成・表面改質 1 および環境応用・バイオテクノロジーの二つのセッションから研究会が始まった。特に環境応用・バイオテクノロジーは近年プラズマの分野で非常に研究が活発に行われているテーマであり、

本研究会においても熱心な質疑応答がなされた。休憩に引き続き、特別講演「CIGS 太陽電池の現状と将来展望」が産業技術総合研究所の仁木 栄先生によって行われた。太陽電池は、シリコン系のものが良く知られているが、銅、インジウム、ガリウムおよびセレンをベースとする化合物による CIGS 太陽電池は、変換効率で遥かにシリコン系のものを凌ぎ、クリーンな電気エネルギー生成源として将来有望であることが述べられた。また、CIGS 作製プロセス技術の向上に関するプラズマ技術への期待などについて興味深い講演がなされた。

午後は初日と同様にポスターセッションで始まり、発表者と参加者間で熱心な討論がなされた後、指定テーマ講演「集積モニタリングによる低圧コンビナトリアルプラズマプロセス」が名古屋大学の堀 勝先生によって行われた。材料創成の分野で有効な手法として知られるコンビナトリアルプロセスをプラズマプロセッシングに適用し、従来、非常に手間と時間のかかったプラズマプロセス条件の最適化を簡便な装置で短時間に行えることが述べられた。この講演の後、一般講演のプラズマによるエッチングおよびプラズマ光応用のセッシ



研究会会場の様子

ョンが行われ、二日目のプログラムを終了した。

研究会三日目は、一般講演のプラズマの診断・計測とモデリング 2 とナノテクノロジー 2 のセッションによって始まった。これらの二つのテーマは、プラズマエレクトロニクス分野で精力的に研究が行われているため、講演者数が多く、本研究会では複数のセッションに跨ることになった。

三日目のプログラムでは二つの指定テーマ講演が昼食を挟んで行われた。午前中の休憩後、まず、東芝の松永範昭先生から「デュアルダマシ配線プロセスにおける UV 光誘起プラズマダメージ」という題目でご講演があった。近年の ULSI デバイス内の重要な配線プロセスであるデュアルダマシプロセス中にデバイスに生ずるダメージについて興味深い結果が示された。昼食時間の後には東京工業大学の堀田栄喜先生から「放電プラズマによる EUV 光源」という題目でご講演があった。極端紫外 (EUV) 領域の波長の短い光の発生法の確立は、半導体デバイス製造の際のリソグラフィ技術の発展に非常に重要である。その発生法の一つとして放電プラズマによる EUV 光発生を取り上げられ、この分野の研究の現状と将来展望について興味深いご講演をいただいた。

午後の後半は、本研究会の最後の一般講演のセッションである薄膜形成・表面改質 2 と大気圧・マイクロプラズマの基礎と応用 2 が行われた。これらのテーマもプラズマエレクトロニクスの主要な研究テーマ群の中に含まれており、本研究会でも多数の講演申込があった。このために複数のセッションが設けられることとなった。これらのセッションの後に、本研究会のクロージングスピーチが現地実行委員長からあり、会議の参加者数などについて報告された。また、次回の第 28 回プラズマプロセッシング研究会の開催についてプラズマエレクトロニクス分科会幹事長の白谷先生よりアナウンスがあり、次回の研究会は 2010 年 10 月 4 日から 8 日までフランス パリの MAISON DE LA CHIMIE において、7th International Conference on Reactive Plasmas および 63rd Gaseous Electronics Conference と合同に行われることが発表された。本研究会の参加者に上記の合同会議への参加が呼びかけられた後、本研究会が閉会された。

2. 研究会開催の総括

本研究会の参加者数は合計 252 名であった。研究会への参加申込の受付開始の当初は申込者数の伸びが非常に低調であり、参加者数が 200 名に達せず、赤字開催になるのではないかとの危惧が現地実行委員会内に大きく広がった。しかし、プラズマエレクトロニクス分科会関係者への参加勧誘の依頼などが功を奏して、最終的には、参加者が 200 名を大幅に越える結果となった。講演件数は、招待講演 6 件、一般口頭講演 58 件および一般ポスター講演 100 件の合計 164 件に達した。上記の参加者と講演を得たことによって非常に盛んな研究会を行うことができ、プラズマプロセッシングに関して活発にかつ密度の濃い研究討論を行うことができた。学生参加者数も 111 名あり、本研究会開催の目的の一つである若手研究者・技術者の育成の面でも大きな成果があったといえる。

本研究会では招待講演数を従来の 2~4 件を 6 件に増やしたことで、プログラム作成上の困難が増した面では問題はあったものの、研究会での議論や意見交換を盛んにする上では非常に有効であった。特に CIGS 太陽電池やナノカーボン科学などの現在注目を浴びている分野の招待講演を企画することができたため、環境やバイオといった研究への展開を促進させる上で効果があったと考えている。

会場面では、横浜市開講記念会館という歴史のある立派な会場で研究会を開催できたおかげで、参加者がゆったりとした雰囲気の中で十分議論を尽くすことができたのみならず、横浜の歴史や街の雰囲気にも十分触れることができていた。このため、参加者の記憶に残る研究会を開催できたと考えている。

最後に、本研究会をご後援いただきました横浜市経済観光局、本研究会開催にご助成いただきました財団法人 中部電力基礎技術研究所ならびに財団法人 スズキ財団、本研究会への参加者の増加にご協力いただきましたプラズマエレクトロニクス分科会関係者の皆様および本研究会の企画・運営に多大のご尽力をいただきました現地実行委員会の皆様に深く感謝申し上げます。

行事案内

2010年秋季 第71回応用物理学会学術講演会 シンポジウム

反応性プラズマの制御による先進プロセッシング —板谷良平先生追悼シンポジウム—

東北大学 金子 俊郎

反応性プラズマを利用したプラズマプロセッシングは、薄膜電子デバイスの製造、半導体集積回路の超微細加工、ナノテクノロジーやバイオテクノロジー等に関わる新素材の創製、環境科学等における基盤技術として、極めて広範な応用を有しています。歴史的に見ますと、1988年に文部省科研費・重点領域研究「反応性プラズマの制御」が板谷良平先生を領域代表として発足し、1991年には日本発祥の国際会議「反応性プラズマ国際会議」が名古屋で開催され、これまで数を重ねて本年10月には、第7回の会議がGECとの合同会議としてパリで開催されることになっています。

このように、反応性プラズマの基礎的・応用的研究は極めて活発化してきていますが、一方で、反応性プラズマは様々な化学的活性種を多量に含む極めて複雑な系であり、現在においてもなお未解明な課題が数多く存在しているのが現状です。そのような観点から、反応性プラズマに関連する諸現象を物理的・化学的観点から基礎的に解明し、複雑な反応性プラズマを制御する先進プロセッシングの手法を学術的に確立することは、いまなお重要な課題であるといえます。

本シンポジウムでは、この「反応性プラズマ」の礎を築かれた故板谷良平先生を偲び、板谷先生のご意志を継いで反応性プラズマ研究を専門としている研究者の皆様から、反応性プラズマ制御による先進プロセッシングの現状と将来展望についてご発表いただき、今後の反応性プラズマプロセッシングに要求される姿を見極めることを目的としております。

皆様方におかれましては、奮ってご参加いただき、反応性プラズマ技術の応用展開の今後のあり

方を議論し、プラズマ応用分野のさらなる活性化をはかる場としていただきたく、お願い申し上げます。

なお、本シンポジウムに先立ち第8回プラズマエレクトロニクス賞受賞記念講演(13:15~13:45)が行われます。

日時 2010年9月14日(火) 14:00~18:00(予定)
プログラム:

- 14:00 反応性プラズマ研究の黎明・発展と板谷良平先生(基調講演)
橘 邦英(愛媛大)
- 14:45 先進プラズマプロセスに求められるプラズマ源の開発
藤山 寛(長崎大)
- 15:15 反応性プラズマの制御による先端太陽電池用シリコン薄膜形成
白谷 正治(九州大)
- 15:45 休憩
- 16:00 活性種の表面反応制御による高精度プラズマエッチング技術
伊澤 勝(日立ハイテク)
- 16:30 プラズマナノテクノロジー
八田 章光(高知工科大)
- 17:00 高密度プラズマ源とプロセス設備の開発
奥村 智洋(パナソニック)
- 17:30 反応性プラズマ化学の医薬学領域への応用
葛谷 昌之(松山大)

行事案内

2010 年秋季 第 71 回応用物理学会学術講演会 第 5 回分科内招待講演

「プラズマが拓く新概念応用の可能性」

豊田工業大学 佐々木実

2008 年度の秋季応用物理学会より、プラズマエレクトロニクス分科会にて、分科内招待講演を企画・実施してまいりました。趣旨を、前回からの案内と繰り返しではありますが、以下に記します。第一は、今を支える重要な研究成果をその黎明期に残した先生方に、その研究の着想に至った経緯や、黎明期故に遭遇する困難等について語って頂くことにより、若手の方々に **Pioneering Work** を生み出すスピリットを感じて頂くことです。第二は、その **Pioneering Work** の重要性を認識して頂くこと、また、それを通じて、関連分野の日本発の **Pioneering Work** に関する論文がきちんと引用される環境を整えていこうとするものです。また、第三として、こうした先生方の多くは、プラズマ分野において従来に無かった独自の方向性を打ち出すことによって、現在ホットなトピックとなっている分野を最初に牽引した方でもありますので、新分野創成時の生々しいエピソードをご提供頂くことも趣旨の一つとなっています。

第 1 回はプラズマ診断の後藤俊夫先生（中部大）、大気圧プラズマの岡崎幸子先生（上智大名誉）、第 2 回はプラズマモデリング・シミュレーションの真壁利明先生（慶応大）、プラズマ材料科学の吉田豊信先生（東大）、第 3 回は、マイクロプラズマの橘邦英先生（現愛媛大、当時京大）、ダスティプラズマの渡辺征夫先生（現九電専、当時九大）、第 4 回は、プラズマサイエンスの佐藤徳芳先生（東北大名誉）、薄膜シリコンプラズマプロセスの松田彰久先生（阪大）にご講演を頂きました。

第 5 回目の今回は、「プラズマが拓く新概念応用の可能性」というコンセプトで企画しました。福政修先生には、核融合を目指すために高エネルギー大電流が求められる中性粒子ビーム入射 NBI (Neutral Beam Injection) 装置および素過

程解明からの水素負イオン高効率生成と負イオン引き出しなどについて、秋山秀典先生には、パルスパワーにより生成される極限環境に曝した生体（バイオ技術、環境、医療、食品、農業などに関連）反応を調査・制御するバイオエレクトロニクスについて、ご講演を頂くことになりました。

両先生とも、プラズマ分野において、従来に無かった独自の方向性を打ち出し、新分野を創設し、牽引されてこられました。

皆様方におかれましては是非ご参集下さりますようお願い申し上げます。

日時：

9月15日（第一希望）

9月16日（第二希望）

13:00 ~ 14:00

プログラム（敬称略）：

13:00 「NBI 用負イオン源開発を目指したプラズマの生成と制御」

福政修（宇部高専）

13:30 「バイオエレクトロニクス」

秋山秀典（熊本大）

行事案内

第4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 案内

(北海道職能大学校 吉野正樹)

第4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 ～ プラズマの生成から応用まで ～

日時:2010年9月21日(火)15:00～9月23日(木)12:30

場所:国立中央青少年交流の家

(〒412-0006 静岡県御殿場市中畑 2092-5)

http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2010/

このたび、第4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企画いたしましたのでご案内申し上げます。学生の皆様を初め若手研究者および技術者の皆様をお誘い合わせのうえ多数ご参加頂けますよう、会員の皆様からもお勧め下さいますようお願い申し上げます。

内容:

プラズマエレクトロニクス分野の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入門講座を開催します。

専門講座では4つの講座を開講します。従来形式の単なる受身の講義ではなく、ディベート的要素(問答)をも加味した受講者参加型の人材育成プログラムの構築を目指しています。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、当該分野における先端分野の話題にも触れられるように構成されています。そのうえで、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、受講者のプラズマエレクトロニクスへの興味を喚起します。

加えてさらに、英語講座、特別講座、ポスターセッション、レクレーションを行います。英語講座では、理科系の英語力向上に関して多くの著書をもつ講師を、また特別講座では、一流の研究指導者を招き、プラズマエレクトロニクス分野の動

向と将来展望、指導者に必要とされる資質、英語力の強化について学ぶ機会を提供します。ポスターセッションやレクレーションでは、受講者と講師の全員がお互いに垣根なく議論・交流することで、参加者間の人脈形成が促されます。

【専門講座】(各1時間20分)

- 1)「プラズマ生成の基礎」
神藤正士 先生(静岡大学特任教授)
- 2)「プラズマ計測・診断の基礎」
中野俊樹 先生(防衛大学校)
- 3)「プラズマCVDの基礎
～大気圧プラズマによる薄膜形成～」
垣内弘章 先生(大阪大学)
- 4)「プラズマエッチングの基礎と応用」
大矢欣伸 先生(東京エレクトロンAT)

【英語講座】(1時間20分)

「理科系のための英語力強化法」
志村史夫 先生(静岡理工科大学)

【特別講座】(1時間)

「微粒子プラズマの魅力
～発展の経緯と展望～」
渡辺征夫 先生(九州大学名誉教授)

【ポスターセッション】(2時間)

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。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:仕事にまつわるもの, 企業・自社製品のPR, 入学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. あらかじめポスターのご準備をお願いします. また, **参加申込書**にポスター内容を示すキーワードを3つ程度ご記入下さい. キーワードを元にポスター掲示場所をアレンジ致します. 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参加申込書のポスターセッションキーワード欄にその旨をご記入下さい. なお, 優秀なポスター発表者には表彰を行います.

【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:

【申込方法】

インキュベーションホールウェブサイト (http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2010/) から参加申込書をダウンロード頂き, e-mail, FAX あるいは郵送の何れかの方法で伊藤までお申し込み下さい. 申し込みを受け次第, 参加登録確認を通知します. その後に参加費(下表参照)を振り込んで下さい. なお, 参加費の振り込みには必ず個人名と「PEIH」という4文字のアルファベットを記載して下さい(例:木村さんの場合“キムラ PEIH”). 一旦振り込まれた参加費は, 原則として返却致しません.

【定員】 80名

【申込締切】 8月25日(水)

【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 (入金締切 8月31日(火))

【問合せ・申込先】

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

大阪大学工学研究科

伊藤 剛仁

TEL: (06)6879-7817 FAX: (06)6879-7916

E-mail: tsuyohito@wakate.frc.eng.osaka-u.ac.jp

学生会員への交通費補助:

下記の交通費補助の条件を満たした場合, 補助金をインキュベーションホール終了後に振り込みます. 補助を希望される方は, **参加申込書**に必要事項を記入のうえ, 領収証のコピーを持参下さい. <交通費補助の条件>

在学する大学の最寄り駅から御殿場駅まで片道13,000円以上の交通費がかかる学生会員若しくは今回学生会員(大学院生を含む)になられた方を対象とします. ただし, 大学院生についてはポスターセッションでの発表を必須条件とします.

担当幹事:

校長: 寺嶋和夫(東京大学)

幹事: 石島達夫(名古屋大学), 伊藤剛仁(大阪大学)

久保田智広(東京大学), 小杉直貴(パナソニック)

神野雅文(愛媛大学), 林 信哉(佐賀大学)

光木文秋(熊本大学), 三宅賢稔(日立)

吉野正樹(北海道職能大)

交通案内:

東海道新幹線を利用する場合:

三島駅…[東海道線]…沼津駅…[御殿場線]…御殿場駅(40分), JR 御殿場駅から御殿場駅富士山口1番のりば 富士急行「青少年交流の家行き」路線バス(約20分)

本企画HPに詳細な交通案内を記載しておりますので参考にして下さい.

参加費

	応用物理学会の個人会員で かつプラズマエレクトロニクス 分科会の個人会員	応用物理学会 個人会員	協賛学協会個人会員および プラズマエレクトロニクス分 科会の個人会員	その他
一般	40,000円	43,000円	48,000円	53,000円
学生	14,000円	17,000円	22,000円	27,000円

*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. 詳細はHPをご覧ください. ***本分科会会員(年会費3000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/jsapweb/system/do/signInSelect> より行って下さい.

行事案内

第 21 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から応用最前線」 実践的プラズマ制御技術～先進デバイスから環境基盤技術を中心に～

主催: 応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会

日時: 2010 年10 月28 日(木)～29 日(金)

場所: 慶応義塾大学(日吉キャンパス)

来往舎2F 大会議室

〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1

TEL: 045-566-1101 (日吉研究支援センター)

会場へのアクセスおよびキャンパスマップ:

<http://www.keio.ac.jp/ja/access/hiyoshi.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の先進デバイス開発の基幹技術であると共に、医療生体応用やエネルギー・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。この背景を踏まえ、本講習会では、研究開発・製造現場で必要とされるプラズマ制御、モニタリング技術の基本とその科学的基礎、並びに様々な分野へのプラズマ技術の応用最前線に関して、各分野にて第一線でご活躍の先生方をお招きし、講義を行います。特に、プラズマを利用している或いは利用を検討している方々が、中身(プラズマ)を知った上で装置を制御できる「実践的なプラズマ制御」を念頭に置いて、一般に経験的に理解されている事柄も科学的に分かり易く伝えられる講義となるよう企画しました。

10 月28 日(木) 10:00～18:00

1. プラズマの生成・制御

菅井 秀郎 (中部大学)

2. プラズマシミュレーション

田中 正明 (ペガサスソフトウェア)

3. プラズマ計測: 光学的計測

佐々木 浩一 (北海道大学)

4. プラズマ計測: 電氣的計測

豊田 浩孝 (名古屋大学)

ポスターセッション・懇談会

10 月29 日(金) 10:00～16:40

5. プラズマプロセス表面過程とデバイスダメージ

江利口 浩二 (京都大学)

6. 大気圧プラズマCVDIによる高速成膜

垣内 弘章 (大阪大学)

7. 気体・液体プラズマによるクリーン化技術

栃久保 文嘉 (首都大学東京)

8. 「WOWを用いた三次元積層技術—エッチングに優しい三次元量産技術の世界—」

大場 隆之 (東京大学)

参加費: テキスト代を含む。括弧内は学生。

● 応物・PE 分科会個人会員 30,000 円(8,000 円)

● 応物個人会員 33,000 円(11,000 円)

● 分科会のみ個人会員 42,000 円(15,000 円)

● 協賛学協会・応物法人賛助会員
42,000 円(15,000 円)

● その他 45,000 円(18,000 円)

なお、非会員の方でも参加申込時にPE 分科会(年会費3,000 円)に入会頂ければ、会員扱いとさせていただきます。

定員: 100 名(定員になり次第締切り)

申込締切: 10 月15 日(金)(但し、余裕のある場合には期日後も受け付けます)

申込方法:

詳細はプラズマエレクトロニクス分科会ホームページに後日掲載します。

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

参加費振込先:

三井住友銀行 本店営業部 普通預金

口座番号 3339808

(社) 応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会

(参加費振込期限: 10 月20 日(水))

問合せ先:

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学大学院 工学系研究科マテリアル工学専攻 神原淳

TEL/FAX: 03-5841-7099

e-mail: JSAP-PE-lecture@plasma.t.u-tokyo.ac.jp

担当幹事:

小杉直貴(パナソニック)、原島啓一(ルネサスエレクトロニクス)、仲村恵右(三菱電機)、木下啓藏(NEC)、中西敏雄(TEL-AT)、三宅賢稔(日立)、南正樹(ソニー)、栗原一彰(東芝)、清水一男(静岡大学)、神原淳(東京大学)

行事案内

7th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-7) / 63rd Gaseous Electronics Conference (GEC) / 28th Symposium on Plasma Processing (SPP-28)

名古屋大学 豊田 浩孝

プラズマエレクトロニクス分科会は毎年「プラズマプロセッシング研究会」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(ICRP)を開催しており、これまでに名古屋(1991年)、横浜(1994年)、奈良(1997年)、ハワイ(1998年)、フランス(2002年)、宮城(2006年)と、計6回の国際会議を成功裏に開催してまいりました。特に第4回、第5回のICRPはそれぞれアメリカのGEC、ヨーロッパのESCAMPIGとの合同会議として開催されていることから、ICRPはアメリカ、ヨーロッパにおいてもよく知られた国際的に著名な会議のひとつとなっております。さて、次回のICRPは再びGECと合同で主催されることとなりました。また、開催地は、欧州のグループとも連携をとり、フランス パリで開催されることとなっております。このように今回の会議はアジア、アメリカ、ヨーロッパの世界各国から研究者が集まる国際会議となります。本会議はプラズマエレクトロニクス分科会主催の重要な国際会議となっております。

講演募集は6月11日に締め切れ、今回は800件を超える講演数となりました。この数字は前回のICRP/GEC合同会議をはるかに上回るとともに、GECとしても空前の講演数となりました。このような状況から、急遽会場を手配し、3パラレルセッションから4パラレルセッションにて口頭講演をおこなうことになっております。まさに、プラズマプロセス分野の世界中の研究者が一同に会する大会議になると存じます。皆様奮ってご参加いただきますようご案内申し上げます。

【会期】 2010年(平成22年) 10月4日(月)～8日(金)

【会場】 フランス、パリ市 Maison de La Chimie
会場はパリ市中心部、セーヌ川の南にあります

化学会館Maison de La Chimieにおいておこなわれます。近くにはエッフェル塔などもあり、地下鉄などの交通の便も非常によいところです。

<http://www.maisondelachimie.com/>

【主催】 応用物理学会/アメリカ物理学会

【招待講演者】

•Allis Prize

M. Kushner, University of Michigan, USA

•ICRP Plenary Speakers

R. Hatakeyama, Tohoku University, Japan

•Modeling and Simulation

A. Fruchtman, Holon Inst. Technol., Israel

•Particles and Dust

H. Kobayashi, Hitachi Ltd., Japan

•Microplasmas and Atmospheric Pressure Plasmas

D. O'Connell, Queen's University Belfast, UK

F. Iza, Loughborough University, UK

•Plasma Thrusters

S. Mazouffre, ICARE, France

•Plasma Production and Control

R. Bravenec, Tokyo Electron America, USA

•Diagnostics

G. Hebner, Sandia National Lab, USA

H. Y. Chang, KAIST, Korea

J. Boffard, University of Wisconsin, USA

•Etching

K. Ono, Kyoto University, Japan

H. Hayashi, Toshiba Corporation, Japan

O. Joubert, LTM, France

•Deposition

K. Yasutake, Osaka University, Japan

•Plasma Interaction and Surface Modification

R. D. Mundo, University of Bari, Italy

H. P. Brinkmann, Ruhr Uni., Bochum, Germany

•Nanotechnology and Bio

R. M. Sankaran, Case Western Reserve, USA

U. Cvelbar, Jozef Stefan Institute, Slovenia

- J. K. Lee, Pohang Univ. Sci. Technol., Korea
- **Capacitively Coupled Plasmas**
Z. Donko, Res. Inst. Solid State Phys. Opt., Hungary
Y. Yamazawa, Tokyo Electron AT Ltd., Japan
 - **Plasma Chemistry**
V. Donnelly, University of Houston, USA
 - **Inductively Coupled Plasmas**
E. Kawamura, Uni. California at Berkeley, USA
 - **Lighting**
G. Kroesen, Tech. Univ. Eindhoven, Netherlands
 - **Plasma Assisted Combustion**
S. Starikovskaya, LPP, Ecole Polytech., France
 - **Electron-molecule collisions**
A. Viggiano, Air Force Research Laboratory, USA
M. Allan, University of Fribourg, Switzerland
K. Nixon, Manchester University, UK
D. Fursa, Curtin University, Perth, Australia
J. Gorfinkiel, Open University, UK
 - **Electron-ion recombination**
A. Müller, University of Giessen, Germany
 - **Heavy Particles**
A. Laforge, Missouri S&T, USA
A. Cassimi, CIMAP/CIRIL, Caen, France
J. Colgan, LANL, USA
 - **Positrons**
Z. Petrovic, Institute of Physics Belgrade, Serbia

【ワークショップ等】(10月4日(月))

- [High-frequency gas breakdown workshop](#)
- [Plasma data exchange project](#)

【イブニングセッション】(10月5日(火))

History and Future of Plasma Processing and of Collision Physics

ICRP 側からの提案により、プラズマプロセッシング分野の歴史と未来を語るイブニングセッションが開催されます。奮ってご参加ください。

- **Michael Lieberman** (Plasma Physics for processing)
- **Eldon Ferguson** (Collision physics)
- **Jeon G. Han** (Large scale processing)
- **Masaharu Shiratani** (Plasma processing road map)

【会議論文集等】

会議のプロシーディングスを発行いたします。また、本会議の特集号として、Japanese Journal of Applied Physics Special Issueを刊行する予定です。論文は通常のJ J A P査読システムを用い、10月末まで受付を致します。

【懇親会】(10月7日(木))

10月7日の夜には、セーヌ川をボートで下りながらの懇親会が開催されます。今回の懇親会はボートに乗っての開催となりますので、席数に限りがあります。また、8月15日以降の申込は受け付けられませんので、お早めにお申込ください。

【参加登録費等】

事前参加登録申込は8月15日までとなっております。お早目のお申込をいただきますようお願いいたします。

	8月15日以前	8月16日以降
参加登録(一般)	350 €	440 €
参加登録(学生,退職者)	180 €	220 €
ワークショップ	30 €	50 €
懇親会	60 €	申込不可

【ICRP-7組織委員長】堀 勝 (名古屋大学)

【問合せ先】 ICRP-7 事務局 豊田浩孝

E-mail: icrp7@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

会議 HP:

<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/icrp-7/>



会場となる Maison de La Chimie 外観

行事案内

32nd International Symposium on Dry Process (DPS 2010)

第 32 回ドライプロセス国際シンポジウム案内

名古屋大学 宮崎誠一

ドライプロセスは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牽引する基幹技術であり、電気・電子、半導体工学を主軸とする先端技術産業の更なる発展への貢献と、環境やバイオ・医療等の新たなる応用分野への展開が大きく期待されています。ドライプロセスシンポジウム(DPS)は、ドライプロセスの基礎から応用に携わる世界の研究者・技術者が一堂に会して、最新の研究成果を基に、深い議論と多角的な意見交換をするユニークな会議であり、31年の長き亘り、ドライプロセス技術および関連技術分野の発展と若手研究者の育成に貢献してきました。

この度は、新しい技術的ブレークスルーを生み出すことを強く意図して、この分野のホットな話題を取り上げて、その第一線で活躍されておられる国内外の研究者に招待講演をして頂きます。また、従来と同様、オリジナルで新規な成果に基づいた一般発表とポスター発表を広く募集して開催することを計画しています。さらに、国内外の研究者間の交流をより一層深めるためのバンケットでは、この分野の発展に大きく貢献した研究者に与えられる西澤賞の受賞者の表彰と共に、前回シンポジウムで、優れた発表を行った研究者の表彰を行います。また、JJAP 特集号の出版も企画しています。詳細は次の URL をご覧ください。
<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/dps2010>

主催：応用物理学会

協賛：電子情報通信学会，電気化学会，
Electrochemical Society 日本支部，韓国表面工学会，韓国真空協会，先端プラズマ表面技術センター（韓国 成均館大学）

日時：平成22年11月11日（木）－11月12日（金）

場所：東京工業大学 デジタル多目的ホール

<http://www.titech.ac.jp/about/campus/index.html>

招待講演者（敬称略）および講演タイトル（一部仮題）

- 垣内 弘章（大阪大学）“High Rate Deposition of Si Thin Film by application of Atmospheric-Pressure Plasma CVD”
- 近藤 道雄（産総研）“Research for Photovoltaics: cost reduction of solar energy through comprehensive researches from materials to large scale PV systems”
- 大場 隆之（東京大学）“3D integration for the Wafer-on-a-Wafer (WOW) application by using stacking of thinning wafers”
- Won-Jong Yoo (Sungkyunkwan University) “Plasma etching technology to enhance solar cell efficiency”
- Gregory Friedman (Drexel University) “Advanced applications of atmospheric pressure plasmas in medicine for sterilization, decontamination and direct treatments of biological tissues”
- Luc Stafford (University of Houston) “Auger electron spectroscopy study of the chemical reactions on a plasma reactor wall”
- 佐々木 雄一朗（ユー・ジェー・ティー・ラボ）“Conformal doping for FinFETs by using a self-regulatory plasma doping process”

主要テーマ：

- ① 「プラズマ、ビーム誘起表面反応」
- ② 「プラズマ診断、モニタリング技術」
- ③ 「プラズマ、イオン照射損傷評価」
- ④ 「プラズマプロセスモデリングとシミュレーション」
- ⑤ 「プラズマプロセッシングと装置技術」
- ⑥ 「ドライエッチング技術」
- ⑦ 「CVD/PVD/ALD技術」
- ⑧ 「大気圧プラズマ、液相プラズマ応用」
- ⑨ 「各種プロセスプラズマ電子・光デバイス、有機デバイス、MEMS、生化学・薬化学、ナノテクノロジー・環境技術」
- ⑩ 「ドライプロセス技術の新概念」
- ⑪ 「ウェットプロセスと反応制御技術」

講演申込締切：2010年7月12日(月)

講演申込方法：所定の書式に従った pdf ファイル (アブストラクト A4 判 2 ページ) を次の URL から投稿ください。論文委員会の審査結果は、9月上旬に通知します。

<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/dps2010/submit/guide.html>

JJAP 特集号：11/11(木)までに JJAP の Website (<http://jjap.ipap.jp/>)から投稿してください。特集号の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。

早期参加申込締切：2010年10月10日(日)

参加費：事前登録 (10月10日以前)：関係学会
会員 30,000 円, 非会員 35,000 円, 学生 8,000 円
10月10日以降～当日：関係学会会員 35,000 円,
非会員 40,000 円, 学生 10,000 円

連絡先:名古屋大学大学院 工学研究科 プラズマ
ナノ工学研究センター

TEL/FAX: (052) 788-6077

E-mail: dps2010@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

2010（平成22）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	E-mail
幹事長	堀 勝	名古屋大学 工学研究科 電子情報システム専攻	〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町C3-1(631) TEL: 052-789-4420 FAX: 092-802-3734 hori@nuee.nagoya-u.ac.jp	hori@nuee.nagoya-u.ac.jp
副幹事長	寺嶋和夫	東京大学 新領域創成科学研究科 物質系専攻 マテリアル・機能設計学講座	〒277-8561 千葉県柏市柏の葉5-1-5 TEL: 04-7136-3797 FAX: 04-7139-3799 kazu@plasma.k.u-tokyo.ac.jp	kazu@plasma.k.u-tokyo.ac.jp
副幹事長	木下啓藏	NEC グリーンイノベーション研究所	〒252-5928 神奈川県相模原市中央区下九沢1120 TEL: 042-779-6309 FAX: 042-779-6187 k-kinoshita@ct.jp.nec.com	k-kinoshita@ct.jp.nec.com
副幹事長	金子俊郎	東北大学 大学院工学研究科 電子工学専攻	〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-05 TEL: 022-795-7046 FAX: 022-263-9375 kaneko@ecei.tohoku.ac.jp	kaneko@ecei.tohoku.ac.jp
幹事 任期 2011年3月	石島達夫	名古屋大学 工学研究科 プラズマナノ工学研究センター	〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町C3-1(631) TEL: 052-789-2726 FAX: 052-789-3152 ishijima@nuee.nagoya-u.ac.jp	ishijima@nuee.nagoya-u.ac.jp
"	伊藤剛仁	大阪大学 工学研究科 フロンティア研究センター グローバル若手研究者フロンティア 研究拠点	〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 TEL: 06-6879-7817 FAX: 06-6879-7916 tsuyohito@wakate.frc.eng.osaka-u.ac.jp	tsuyohito@wakate.frc.eng.osaka-u.ac.jp
"	神原 淳	東京大学 大学院工学系研究科 マテリアル工学専攻 プラズマ材料工学研究室	〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL: 03-5841-7099 FAX: 03-5841-7099 mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp	mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp
"	小杉直貴	パナソニック株式会社 AVCネットワークス社映像ディスプレイ デバイス(事) 映像ディスプレイデバイス(事) PDPデバイスビジネスユニット	〒674-8555 兵庫県明石市大久保町西脇64 富士通明石工場内 株式会社次世代PDP開発センター tel/fax: 078-936-1228/1229 E-mail: kosugi.n@jp.panasonic.com	kosugi.n@jp.panasonic.com
"	佐々木 実	豊田工業大学 工学部	〒468-8511 愛知県名古屋市天白区久方2-12-1 tel: 052-809-1840 fax: 052-809-1721 mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp	mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp
"	三瓶明希夫	京都工芸繊維大学 工芸科学研究科 プラズマ基礎工学専攻	〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町 TEL:075-724-7411 FAX:075-724-7411 sanpei@kit.ac.jp	sanpei@kit.ac.jp
"	仲村恵右	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 薄膜デバイスプロジェクトグループ 薄膜Siプロセス開発G	〒661-8661 兵庫県尼崎市塚本町8-1-1 TEL: 06-6497-7525 FAX: 06-6497-7285 Nakamura.Keisuke@ap.MitsubishiElectric.co.jp	Nakamura.Keisuke@ap.MitsubishiElectric.co.jp
"	原島啓一	ルネサスエレクトロニクス株式会社 プロセス技術統括部 プロセス加工技術部 ドライエッチ技術グループ	〒252-5928 神奈川県相模原市中央区下九沢1120 TEL: 042-779-9925 FAX: 042-771-0329 keiichi.harashima.ur@renesas.com	keiichi.harashima.ur@renesas.com
"	光木文秋	熊本大学 自然科学研究科 情報電気電子工学専攻	〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1 TEL:096-342-3572 FAX:096-342-3572 mitsugi@cs.kumamoto-u.ac.jp	mitsugi@cs.kumamoto-u.ac.jp
"	吉野正樹	北海道職業能力開発大学校 電子情報技術科	〒047-0292 北海道小樽市銭函3-190 TEL: 0134-62-5294 FAX: 0134-62-2154 yoshino@hokkaido-pc.ac.jp	yoshino@hokkaido-pc.ac.jp

	氏名	所属	住所・電話	E-mail
幹事 任期 2012年3月	内田儀一郎	九州大学 大学院システム情報科学研究院	819-0395 福岡県福岡市西区元岡744 Tel: 092-802-3717 Fax: 092-802-3717 uchida@ed.kyushu-u.ac.jp	uchida@ed.kyushu-u.ac.jp
"	久保田智広	東京大学 生産技術研究所 BEANS研究所	153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 As405 Tel: 03-5452-6545 Fax: 03-5452-6544 tkubota@iis.u-tokyo.ac.jp	tkubota@iis.u-tokyo.ac.jp
"	栗原一彰	東芝 研究開発センター LSI基盤技術ラボラトリー	〒235-8522 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8 TEL: 045-776-5942 FAX: 045-776-4113 kazuaki.kurihara@toshiba.co.jp	kazuaki.kurihara@toshiba.co.jp
"	佐藤岳彦	東北大学 流体科学研究所 電磁知能流体研究分野	980-0812 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1 Tel: 022-217-5261 Fax: 022-217-5261 sato@ifs.tohoku.ac.jp	sato@ifs.tohoku.ac.jp
"	清水一男	静岡大学 イノベーション共同研究センター	432-8561 静岡県浜松市中区城北3-5-1 Tel: 053-478-1443 Fax: 053-478-1443 shimizu@cjr.shizuoka.ac.jp	shimizu@cjr.shizuoka.ac.jp
"	神野雅文	愛媛大学 工学部 電気電子工学科	790-8577 愛媛県松山市文京町3 Tel: 089-927-9769 Fax: 089-927-9769 mjjin@mayu.ee.ehime-u.ac.jp	mjin@mayu.ee.ehime-u.ac.jp
"	中西敏雄	東京エレクトロンAT株式会社	〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 TEL: 06-6487-4778 FAX: 06-6487-2897 toshio.nakanishi@tel.com	toshio.nakanishi@tel.com
"	林 信哉	佐賀大学 工学研究科 電気電子工学専攻	840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1 Tel: 0952-28-8642 Fax: 0952-28-8651 hayashin@cc.saga-u.ac.jp	hayashin@cc.saga-u.ac.jp
"	松浦寛人	大阪府立大学 工学研究科 機械工学分野	599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1 Tel: 072-254-9226 Fax: 072-254-9904 matsu@me.osakafu-u.ac.jp	matsu@me.osakafu-u.ac.jp
"	南 正樹	ソニー(株) コンシューマプロダクツ& デバイスグループ 半導体事業本部 セミコンダクタテクノロジー開発部門	243-0014 神奈川県厚木市旭町4-14-1 TEL: 046-202-2965 FAX: 046-202-6374 Masaki.Minami@jp.sony.com	Masaki.Minami@jp.sony.com
"	三宅賢稔	(株)日立製作所 中央研究所 ナノプロセス研究部	158-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280 TEL: 042-323-1111 FAX: 042-327-7708 masatoshi.miyake.rv@hitachi.com	masatoshi.miyake.rv@hitachi.com
"	八木澤卓	慶応義塾大学 大学院 理工学研究科	〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1 TEL: 045-563-1141 yagisawa@mkbe.elec.keio.ac.jp	yagisawa@mkbe.elec.keio.ac.jp
"	山田英明	(独)産業技術総合研究所 ダイヤモンド研究ラボ	563-8577 大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 Tel: 072-751-9531 Fax: 072-751-9631 yamada-diamond@aist.go.jp	yamada-diamond@aist.go.jp

2010（平成22）年度分科会幹事役割分担

役割分担	新任		留任	
幹事長	堀 勝	名古屋大学		
副幹事長	寺嶋和夫	東京大学		
	木下啓藏	NEC		
	金子俊郎	東北大学		
1. 分科会ミーティング	林 信哉	佐賀大学	石島達夫	名古屋大学
2. シンポジウム総合講演合同セッション	金子俊郎	東北大学	佐々木 実	豊田工業大学
	佐藤岳彦	東北大学	三瓶明希夫	京都工芸繊維大学
	山田英明	(独)産業技術総合研究所	小杉直貴	パナソニック
	栗原一彰	東芝		
3. プラズマプロセッシング研究会 SPP-28 & ICRP-7	寺嶋和夫	東京大学	神原淳	東京大学
	久保田智広	東京大学	原島啓一	ルネサスエレクトロニクス
	清水一男	静岡大学	佐々木 実	豊田工業大学
	山田英明	(独)産業技術総合研究所	三瓶明希夫	京都工芸繊維大学
	中西敏雄	東京エレクトロンAT	仲村恵右	三菱電機
			石島達夫	名古屋大学
4. 光源物性とその応用研究会	神野雅文	愛媛大学	吉野正樹	北海道職業能力開発大学校
5. プラズマ新領域研究会	佐藤岳彦	東北大学	伊藤剛仁	大阪大学
	八木澤卓	慶応義塾大学	仲村恵右	三菱電機
	内田儀一郎	九州大学	神原 淳	東京大学
	松浦寛人	大阪府立大学		
	堀 勝	名古屋大学		
6. インキュベーションホール	寺嶋和夫	東京大学	吉野正樹	北海道職業能力開発大学校
	三宅賢稔	(株)日立製作所	伊藤剛仁	大阪大学
	林 信哉	佐賀大学	光木文秋	熊本大学
	神野雅文	愛媛大学	小杉直貴	パナソニック
	久保田智広	東京大学	石島達夫	名古屋大学
7. プラズマエレクトロニクス講習会	木下啓藏	NEC	小杉直貴	パナソニック
	中西敏雄	東京エレクトロンAT	原島啓一	ルネサスエレクトロニクス
	三宅賢稔	(株)日立製作所	仲村恵右	三菱電機
	南 正樹	ソニー(株)	神原 淳	東京大学
	栗原一彰	東芝		
	清水一男	静岡大学		
8. 会誌編集・書記	南 正樹	ソニー(株)	伊藤剛仁	大阪大学
	松浦寛人	大阪府立大学	原島啓一	ルネサスエレクトロニクス
9. ホームページ	八木澤卓	慶応義塾大学	光木文秋	熊本大学
10. 庶務	久保田智広	東京大学	伊藤剛仁	大阪大学
11. 会計	内田儀一郎	九州大学	石島達夫	名古屋大学
12. プラズマエレクトロニクス賞	堀 勝	名古屋大学		
13. アカデミックロードマップ (戦略企画室)	金子俊郎	東北大学	神野雅文	愛媛大 (オブザーバー)
	堀 勝	名古屋大学		
14. PE懇親会 秋:長崎大学	林 信哉	佐賀大学	小杉直貴	パナソニック
15. PE懇親会 春:神奈川工科大学(厚)	南 正樹	ソニー(株)		
GEC委員 (オブザーバー)	藤山 寛	長崎大学		

太字:取りまとめ役

2010（平成22）年度分科会関連の各種世話人・委員

- | | | |
|---------------------|------|------------|
| 1. 応用物理学会講演分科の世話人 | | |
| 8.1 プラズマ生成・制御 | 林 信哉 | (佐賀大) |
| | 中村圭二 | (中部大) |
| 8.2 プラズマ診断・計測 | 山形幸彦 | (九大) |
| 8.3 プラズマ成膜・表面処理 | 一木隆範 | (東京大) |
| 8.4 プラズマエッチング | 林 久貴 | (東芝) |
| 8.5 プラズマナノテクノロジー | 佐藤孝紀 | (室蘭工大) |
| 8.6 プラズマ現象・新応用・融合分野 | 明石治朗 | (防衛大) |
| 2. 応用物理」編集委員 | 栗原一彰 | (東芝) |
| 3. 応用物理学会代議員 | 豊田浩孝 | (名古屋大学) |
| | 金子俊郎 | (東北大学) |
| | 林 信哉 | (佐賀大学) |
| 4. GEC組織委員会委員 | 藤山 寛 | (長崎大) |
| 5. その他：本部理事 | 堀 勝 | (名古屋大) |
| | 斧 高一 | (京都大) |
| 6. 評議員 | 河野明廣 | (名古屋大) |
| | 白谷正治 | (九州大) |
| | 中山喜萬 | (大阪大) |
| | 畠山力三 | (東北大) |
| | 藤山寛 | (長崎大) |
| | 真壁利明 | (慶應大) |
| | 宮崎誠一 | (名古屋大) |
| 7. フェロー | 岡本幸雄 | (東洋大) |
| | 寒川誠二 | (東北大) |
| | 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) |
| | 藤山 寛 | (長崎大) |
| | 真壁利明 | (慶応大) |
| | 渡辺征夫 | (九州電気専門学校) |
| 8. 名誉会員 | 後藤俊夫 | (中部大学) |

平成 21 年度後期および平成 22 年度前期活動報告

第 5 4 回プラズマエレクトロニクス分科会ミーティング／

平成 21 年度第 4 回幹事会議事録

日時：平成 22 年 2 月 1 日（月） 12:30 - 13:30

場所：横浜市開港記念会館 2F-7

1. 平成 22-23 年度幹事選挙結果報告、他諸報告について

白谷幹事長（九大）から平成 22-23 年度幹事選挙に関して、全員信任との結果報告があった。次期幹事長は堀先生（名大）。現在まで副幹事長 2 名の体制（大学から 1 名、企業から 1 名）であったが、大学側副幹事長 2 名とし、合計 3 名の体制とできるよう規約を改定する意向であることの報告がされた。

2. PE インキュベーションホールの準備状況について

石島幹事（名大）から準備状況に関して報告があった。開催時期は応用物理学会直後、2010 年 9 月 21 日～23 日、開催場所は昨年同様「国立中央青少年交流の家」であり施設予約済みである点、施設に関する設備、アクセス情報、講義内容・講師先生に関する検討状況、準備スケジュール案、収支案についての報告がなされた。講義案に関し、白谷幹事長より、大気圧プラズマに関するものを含めてほしいとの意見があったとの報告があった。

3. SPP の状況について

中野先生（防衛大）から SPP 開催初日、昼時点での現状報告があり、前回よりも多数の参加者が見込めそうな点等が報告された。

4. アカデミックロードマップについて

白谷幹事長（九大）から報告があった。現存のアカデミックロードマップの改訂、歴史マップの作成、人材育成や異分野融合に関するロードマップの主に 3 点が進められていることが報告された。

春の応物期間中、3 月 18 日にアカデミックロードマップのシンポジウムがある。応用物理学会誌 8 月号前後に、アカデミックロードマップの特集号が計画されている。

5. SPP アーカイブス公開について

白谷幹事長（九大）より報告があった。橘先生（愛媛大）、石島幹事（名大）、荻野幹事（静大）のご尽力でアーカイブスができたことの報告。分科会会員に送付済みのパスワードにてアクセス可能（分科会会員でないと見られない形となっている）。一年に一度程度のパスワード更新が更新頻度として適当ではないかとの議論や、公開方法改善の必要性に関する議論が行われた。

尚、SPP の予稿集を CD-ROM 化したのが、CD-ROM を付属していないパソコンの使用者から、USB メモリーでの配布希望があったことが報告された。今後の対応策として、事務局に USB メモリーを若干数備えておき、希望者にはその場でコピー頂く方法が白谷幹事長より提案された。

6. 春の応用物理学会での PE 懇親会について

深沢幹事（ソニー）が懇親会幹事を行う点が再確認され、通常、シンポジウムの日に合わせて行うものの、今年は応用物理学会の懇親会と重なるために不可能である点が白谷幹事長より通知。3 月 18 日、本厚木近辺で開催予定となった。

7. 春の応用物理学会での PE 幹事会について

石島幹事（名大）より、3 月 17 日、12 時～13 時、東海大学 6 号館 2F 6A-203 号室にて、参加者 50 名程度の予定で計画されている旨が報告された。

8. その他（白谷幹事長より）

A) 秋の応用物理学会でのシンポジウムについて

基本的に堀次期幹事長の元、次年度の幹事会で計画されるべき点が確認された。白谷幹事長、白藤副幹事長をはじめ、今年度退任幹事は情報提供という形で協力する。秋の応用物理学会は、プラ

ズマ関連の先生が要職を占めることもあり、しっかりと取り組むようにとの確認がなされた。

B)秋の応用物理学会でのスクールについて

プラズマエレクトロニクスが中心となって、スクールを開催する予定であり、中村先生(中部大)を中心に計画されている点が報告された。

また、春の応物から、スクールは展示会場と同じ場所で行うことになったことも併せて報告された。

C)ICRPについて

次回ICRPはパリで開催であり、奮ってご参加くださいとの連絡。

D) 2011年のプラズマカンファレンスについて

2011年、金沢でプラズマカンファレンスが開催され、SPPはそれに合流する形となる。事務局は、プラズマ・核融合学会が引き受けてくれるとのこと。PE分科会としての負担金は無い方向で進めたい。藤山先生(長崎大)が取りまとめ。

E)プラズママップについて

文部科学省の小中学生向けに配っている科学マップに関して報告があった。今年は、藤山先生(長崎大)が中心となって「プラズママップ」を作成中。進行状況に関する報告がなされた。配布は恐らく今年度末から来年にかけてされる予定。

F)応用物理学会の賞について

プラズマは、分野的に苦しい状況ではあるが、推薦がないと取れないので、自薦他薦問わず、是非推薦頂くようにとのこと。希望があれば、幹事長からの推薦という形もとれるとのこと。

第55回プラズマエレクトロニクス分科会ミーティング/平成21年度第5回幹事会議事録

日時：平成22年3月17日(水)12:00~13:

00

場所：東海大学6号館2階6A-203

1. 退任幹事紹介

白谷幹事長(九大)から退任幹事が紹介され、各幹事の退任挨拶があった。

2. 平成22-23年度、幹事選挙結果報告、新幹事紹介

新任幹事の自己紹介があった。新幹事長として堀先生(名大)、また、副幹事長は3名となり、寺嶋先生(東大)、金子先生(東北大)、木下様(NEC)が就任される事が報告された。

3. 平成21年度活動報告、収支決算報告

白谷幹事長(九大)より分科会の活動報告の紹介があった。また、荻野幹事(静岡大)より収支決算報告がなされ、2009年度収支差額は-98万であり、前年度との違いとしてSPP26がPSS2009と共催のため収入なし、SPP27とICRP7の共催会合分担金支出160万円、及びSPPアブストラクトデジタルアーカイブ化による支出60万円があった事が報告された。2010年度予算案としては新領域研究会、インキュベーションホールの活性化支援金を見込んでおり、申請をお願いしたいとのコメントがあった。また白谷幹事長(九大)より、SPP27の収入が予想より伸びており、次回のICRP共催に目処がついたとのコメントがあった。

4. 第24回光源物性とその応用研究会報告

吉野幹事(北職大)より第24回光源物性とその応用研究会が11月13日に実施された事が報告された。

5. 第20回プラズマエレクトロニクス講習会報告

北嶋幹事(防衛大)より第20回プラズマエレクトロニクス講習会報告がなされた。収入は220万円、支出は56万円であり、厳しい状況の中では黒字を確保する事ができ、また、アンケート結果についてはおおむね良好な意見が得られたとの報告があった。

6. 会報 No.51 (2009年12月発行) 報告

伊藤幹事(阪大)より会報 No.51 は年内に発行、分科会員に送付された事が報告された。

7. 第27回プラズマプロセッシング研究会報告

中野先生(防衛大)より第27回プラズマプロセッシング研究会報告がなされた。分科会からの参加呼びかけ、現地実行委員会による開催経費を縮小した事が功を奏し、195万の黒字を確保出来た事が報告された。

8. 第8回プラズマエレクトロニクス賞報告

白谷幹事長(九大)より、第8回プラズマエレクトロニクス賞に東北大学 寒川先生グループの論文を選考した事が報告された。今回は応募件数が3件と非常に少なかったため、今後ぜひ多数の応募、推薦をお願いしたいとのコメントがあった。

9. 2010年春季応物関連連合講演会 シンポジウム, 合同セッション

白藤副幹事長(名大)より2010年春季応物分科内招待講演、シンポジウムの報告があった。分科内招待講演は「プラズマサイエンスに基づくものづくりを語る」と題し、佐藤先生(東北大)、松田先生(阪大)に講演を頂く事、及びPE分科会企画シンポジウムでは新学術領域について「プラズマとナノ界面の相互作用～プロセス揺らぎの制御を目指して～」と題し開催する事が報告された。

10. 会報 No.52 (2010年6月発行) について

原島幹事(NEC エレクトロニクス)より会報 No.52 の準備状況について報告があった。

11. 第4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について(吉野)

吉野幹事(北職大)より第4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の準備状況について報告があった。日程は9月21日-9月23日までの3日間、場所は前回と同じ御殿場、国立中央青少年交流の家で実施する予定。各講座の講師については依頼、打診中。担当幹事は昨年からの留任幹事及び新任幹事で構成する事が報告された。白谷幹事長(九大)より活性化支援金査定が

厳しいので申請を上手くお願いしたい事とのコメントがあった。

12. 2010年秋季講演会のシンポジウム, 合同セッションについて

白藤副幹事長(名大)より、2010年秋季応物(長崎)のシンポジウム、分科内招待講演の検討状況の報告があった。シンポジウム案として、堀先生(名大)より板谷先生追悼シンポジウムとして開催し、反応性プラズマの制御による先進プロセッシング としてはどうかとの案が出された。討議の結果、本案をベースとして講演者等、内容をさらに検討する事とした。また、分科内招待講演の依頼候補者案が出された。シンポジウム、招待講演ともに5/10締め切りのため4月中に人選を行いたく、提案をお願いしたいとのコメントがあった。

13. GEC2010/ICRP-7 について

堀先生(名大)よりICRP-7/GEC-63/SPP28の紹介があった。10月4日-8日にパリで開催される。3月22日に開催がアナウンスされ、abstractは6月締め切り予定。ぜひ参加をお願いしたいとのコメントがあった。

14. 分科会規約改定

白谷幹事長(九大)より分科会規約改定についての報告があった。副幹事長に負担がかかりすぎる事、及び分科会をリードする人材の育成のため、副幹事長の人数を2ないし3名と改定した事が報告された。

15. アカデミックロードマップ

白谷幹事長(九大)よりアカデミックロードマップの紹介があった。今回春季応物シンポジウムで報告予定であり、内容として前回ロードマップの改定及び新たに歴史マップが加えられている事が紹介された。

16. その他

A) 退任幹事挨拶、新任幹事自己紹介が行われた。
B) 深沢幹事(ソニー)より懇親会案内があった。
C) プラズママップ紹介

藤山先生(長崎大学)よりプラズママップの紹

介があった。科学技術週間のポスター教材第6弾でプラズマが採用され、プラズママップを作成した。今後文部科学省から小中学校に配布される。また、プラズマ関連の研究者にも配布を検討しており、1万部程度が無償で確保される予定。希望者は連絡を頂きたいとのコメントがあった。

第56回プラズマエレクトロニクス分科会ミーティング／平成22年度第1回幹事会議事録

日時：平成22年4月24日（土）13：00－17：30

場所：名古屋大学 IB 電子情報館電機系会議室

1. 幹事紹介

堀幹事長（名大）の挨拶の後、出席幹事一人一人からの挨拶が行われた。

堀幹事長より、今年度より副幹事長が合計3名となる旨が説明された。また、プラズマエレクトロニクス分科会は、プラズマエレクトロニクスにおいて会員450名以上を抱える海外的にも大きな集団であり、日本の産業応用のプラズマをリードしていく集団である点が再確認された。

2. 幹事役割分担

担当幹事の確認と合わせ、各役割の内容について堀幹事長より説明が行われた。役割概略ならびに合わせて報告された関連事項は以下の通り。

・幹事長： 全ての責任を持つ。その他対外的な窓口としての役割。

・副幹事長： 幹事長の補佐

・分科会ミーティング： 分科会ミーティングの設定等。PE 分科会の総会に当たるインフォーマルミーティングの開催時間、今年から60分から90分への延長を検討。

・シンポジウム総合講演合同セッション： 秋、春の応用物理学会時に開催。現在まで毎回開催している。今年度秋のシンポジウム案提出締切は5月10日。

・プラズマプロセッシング研究会： 年一回のSPP開催に関する運営。3年程に一度はICRPとの合同開催。また、3年程に一度、プラズマ核融合学会、日本物理学会との合同のプラズマカンファレンスといった形となる(次回は2011年11月に金沢で開催予定)。

オブザーバーである藤山先生(長崎大)よりプラズマカンファレンスに関する捕捉説明があり、5~6月に運営会議を予定、金沢大学の上杉先生が現地実行委員長である点、プラズマ核融合学会の年会と同期する予定である点などが説明された。

・光源物性とその応用研究会： プラズマ応用の重要な分野である光源に関する研究会の開催

・プラズマ新領域研究会： 年4回ほど開催するミニワークショップの開催。より特定の研究領域、より地域に密着した形での会合。会員数の増加、会員へのフィードバックといった役割も持つ。研究活性化支援金への応募。

・インキュベーションホール(IH)： 学生を主な対象とした夏の学校。研究活性化支援金への応募。

・プラズマエレクトロニクス講習会： 企業の方を主な対象とした講習会。

・会誌編集・書記： 年2回の分科会会誌編集、ミーティング等の書記。

・ホームページ： ホームページの管理。

・会員名簿： 応用物理学会の意向により今後の発行は無くなり、新任担当幹事は無。

・庶務： 幹事長、副幹事長が対応できない際の窓口。

・会計： 分科会の資金管理。

・プラズマエレクトロニクス賞： 賞の応募締め切りは例年年末。最近に応募数が減少気味であり、応募数を増やしたい。

・アカデミックロードマップ(戦略企画室)： 昨年までのアカデミックロードマップ作成で培った知識を元に、今年からは戦略企画室として運営。外部資金取得に向けたグループ戦略、学会・国際会議などの整理、科研費の枠組み等、戦略的に取り組んでいくことを検討。

藤山先生からのコメントも加わり、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会として、「プラズマ応用」の様な科研費の枠を新設する要望を提出する事で幹事会の合意が得られた。

・PE 懇親会： 秋、春の応用物理学会に合わせ
て開催される懇親会。

・オブザーバー： GEC 役員に入っている先生に
オブザーバーとして入って頂いている。真壁先生
から約 20 年続いている GEC 役員。現在は藤山先
生。役員選出の際、組織をもって選出していかな
いといけない事の確認。

3. 引き継ぎのプロセスについて

堀幹事長より、各役割で前任者と連絡を取り引
き継ぎをすることの要請が出された。

4. 秋季応用物理学会学術講演会内シンポジウム 案について

堀幹事長より秋季応用物理学会学術講演会内シ
ンポジウム案に関して説明がなされた。応物への
提出締め切りは 5 月 10 日。取りまとめは金子幹
事(東北大)。「反応性プラズマの制御による先進プ
ロセッシング—板谷良平名誉教授追悼シンポジウ
ム—」といった題目で、4 時間行う予定。

板谷先生のご遺志をついで基礎がしっかり議論
できる発表といった観点、また、企業からの発表
も取り入れるといった観点等の元、議論の上 7 件
の講演候補者を仮決定した。

5. 秋季応用物理学会学術講演会内セッション内 招待講演

秋季応用物理学会学術講演会内セッション内招
待講演者について議論がなされた。講演内容の関
連性等も考慮の上、2 名の候補者を決定した。

6. 秋季応用物理学会学術講演会内特別シンポジ ウム企画案について

堀幹事長より、秋季応用物理学会学術講演会期
間中に開催される特別シンポジウム案について説
明がなされた。特別シンポジウムは、一日単位で
開催される大型のシンポジウム。応物・講演企画
員会で、プラズマ関連、レーザー 50 周年関連とい
った 2 件の特別シンポジウム開催が決定されてい
るとの報告。

5 月 10 日が、特別シンポジウム案提案書(タイ
トル、予定人数等)の提出締め切り。金子幹事(東
北大)が責任者。題目は、グリーンプラズマテクノ

ロジーといった題目を予定。

各種議論がなされ、「本シンポジウムを通じてグ
リーンプラズマといった言葉のイメージ作成・定
義化につながれば良い」、「プラズマとの関連が明
確にされている必要がある」、「基礎は扱わずに応
用研究を中心に構成すべき」、「水の処理や大気
環境の処理も加えるべき」等の意見が出された。
プラズマがグリーンに重要といった点をアピール
したいとの旨も堀幹事長より述べられた。

講演候補者が多数挙げられ、詳細は後ほど決定
していくことに。アイデア、意見があれば、電子
メールにて金子幹事(東北大)、藤山先生(長崎大)
まで連絡とのこと。中村先生(中部大学)も企画に
携わっている。

7. 秋季応用物理学会学術講演会内国際シンポジ ウムについて

藤山先生(長崎大)より、九州支部、長崎大学共
催の国際シンポジウムについて説明がなされた。
九州半導体イノベーション協会の協力を得て海外
からの招待講演者を招く旨、アジアからの参加を
増やしたい旨等をご説明いただいた。言語は英語。
基本的に PE 分科会としての役割分担は無。

8. 秋季応用物理学会学術講演会内シンポジウム (ナイトセッション or イブニングセッション)に ついて

同じく藤山先生よりご説明いただいた。九州支
部、PE 分科会共催。仮題目は「Solar Island
Kyushu の戦略」。PE 分科会としては、講演者の
推薦に協力。様々な因子があるが、可能であれば、
アルコールも含めた革新的なナイトセッションと
したいとのこと。5 月 10 日が応物への提出締め切
り。意見があれば藤山先生までメールにて連絡す
る。

9. PE 分科会会報第 52 号(6 月号)案

原島幹事(ルネサス)より準備状況が報告され
た。執筆者が固まる傾向があったため、できるだ
け多くの方にご執筆頂けるよう、議論を通じ、各
執筆者の選定がされた。プラズママップに関する
記事も含める。会報表紙は、専門のデザイナーに
依頼し作成したものである点、再確認された。表

紙を効果的な情報媒体が取り込めないか、今後、慎重に議論していく内容としたい旨堀幹事長よりコメントがあった。

10. プラズママップについて

藤山先生(長崎大)よりプラズママップの作成経緯についてご報告を頂いた。約22-23万部印刷されたとのこと。問合せに応じ、送付いただけるとのこと。

11. インキュベーションホールについて

吉野幹事(北職大)よりインキュベーションホールの準備状況に関して報告がなされた。開催時期は9月21日から23日である点、場所が昨年同様静岡県の国民青少年交流の家である点などが報告された。講師案が最終決定された。定員数は昨年より若干増やし60から80名とした。「行事案内」において、交通費補助や、参加費の区分に関する不明瞭な点が指摘され、訂正する事になった。副題については、基本的に例年通りとするが、より良い案があれば、インキュベーションホール担当者の決定に沿う形で合意がなされた。

12. GEC/ICRPについて

堀幹事長よりパリで開催されるGEC/ICRPについて説明があった。GECのアブスト投稿が必須であり、投稿後には番号が発行される。この投稿番号を用い、ICRPのプロシーディングス(2ページ、GECアブストと同じ締め切り日)にも、必ず投稿し、研究成果をより詳細に、広く世界に宣伝して欲しいとの要請があった。

13. 新領域研究会について

神原幹事(東大)より、第6回プラズマ新領域研究会案について報告があった。環境関係の研究会を9月頃に検討しているとのこと。応物のシンポジウムと内容が重なる可能性がある点、第二回プラズマ医療研究会等その他の内容の可能性、開催時期等について意見交換がなされた。最終的には神原幹事に一任。

合わせて、新領域研究会の研究活性化支援金の申し込みは、伊藤幹事(阪大)が責任を持って準備する事が確認された。研究会出席者の参加資格は

問わないが、分科会への入会を勧誘する点が堀幹事長より補足説明された。

14. 賞について

堀幹事長よりJJAP論文賞をプラズマ分野から出したいとの旨が伝えられた。戦略企画室の取り組みの一つとしたいとのこと。

15. インターナショナルトレーニングプログラムについて

堀幹事長より、博士進学意思の強い修士学生、博士学生、助教、講師を、2ヶ月間海外のパートナー校へ派遣するインターナショナルトレーニングプログラムの説明があった。名大でトレーニング期間の後、パートナー校へ派遣。英会話教育も受けることができる。金銭的な面は名古屋大学が受け持つものの、名大の学生でなくても参加するため、多くの参加者を募集。派遣先の先生を博士論文の副査にできればなお良いとのこと。

16. 教科書について

プラズマ研究者が現場で役立つノウハウや知識を網羅した、画期的な教科書の計画が8年前からある点が堀幹事長より報告された。

17. その他、堀幹事長より報告

- ・レーザー50周年の企画案要請の可能性はある。
- ・MRS2012と応物がアメリカで合同開催する会議の話があり、企画案の要請がある可能性がある。
- ・プラズマ関連の新学術領域(白谷先生代表、ナノプラズマ界面)が発足した事の報告

第9回プラズマエレクトロニクス賞受賞候補論文の募集

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。

記

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、且つ2008、2009、2010年の発行の国際的な学術刊行物（JJAP等）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、及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 2011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2011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 決定後ホームページに掲載します
(<http://annex.jsap.or.jp/plasma/>)

書類提出先 〒102-0073 東京都千代田区九段北1-12-3 井門九段北ビル5階
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お行う。
 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

2010.8.8-13

15th International Congress on Plasma Physics (ICPP 2010)

Santiago de Chile

<http://www.icpp-lawpp-2010.cl/>

2010.8.22-26

240th American Chemical Society, National Meeting and Exposition

Boston, USA

<http://www.plasma.nu/acs.html>

2010.9.13-17

Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering(PSE2010)

Garmisch-Partenkirchen, Germany

<http://www.pse2010.net/>

2010.10.4-8

7th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-7) / 63rd Gaseous Electronics Conference (GEC) /

28th Symposium on Plasma Processing (SPP-28)

フランス、パリ市 Maison de La Chimie

<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/icrp-7/>

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

2010.10.17-22

AVS 57th International Symposium and Exhibition

Albuquerque, New Mexico, USA

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

2010.11.8-12

52nd Annual Meeting of the Division of Plasma Physics of the American Physical Society

Chicago, Illinois, USA

<http://apsdpp.org/>

2010.11.11-12

The 32nd International Symposium on Dry Process(DPS2010)

東京工業大学大岡山キャンパス

<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/dps2010/>

2011.3.6-9

3rd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2011)

<http://www.isplasma.jp/>

国内会議・会合

2010.9.14-17

2010年(平成22年)秋季第71回応用物理学会学術講演会

長崎大学 文教キャンパス

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

2010.9.21-23

第4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

国立中央青少年交流の家（静岡県御殿場市）
http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2010/index.html

2010.9.23-9.26

日本物理学会 2010 年秋季大会[物性]
大阪府立大学 中百舌鳥キャンパス
<http://www.soc.nii.ac.jp/jps/jps/bbs/meeting.html>

2010.10.28-29

第21回プラズマエレクトロニクス講習会
慶應義塾大学 日吉キャンパス 来往舎（神奈川県横浜市）

2010.11.4-11.6

真空・表面科学合同講演会
大阪大学コンベンションセンター
<http://www.sssj.org/Kouen-Taikai/30kai.pdf>

2010.11.30-12.3

第 27 回プラズマ・核融合学会年会
北海道大学学術交流会館
http://www.jspf.or.jp/jspf_annual10/

2011.3.24-3.27

応用物理学会平成 23 年春季講演会
神奈川工科大学
<http://www.jsap.or.jp/activities/annualmeetings/regularmeeting.html>

編集後記

平成22年度4月より、プラズマエレクトロニクス分科会幹事長が白谷正治教授（九州大学）から堀勝教授（名古屋大学）へと引き継がれ、新しいスタートを切りました。ここにプラズマエレクトロニクス分科会会報No. 52をお届けいたします。お忙しい中、本誌にご寄稿いただきました皆様に心よりお礼申し上げます。また、通常6月発行のところ、会員の皆様へのお届けが遅れてしまったことお詫び申し上げます。

残念な事に、本年3月に板谷良平先生が逝去されました。先生は本分科会の初期より大変ご尽力頂いた方であります。今回、橘先生より「板谷先生を偲んで」と題した寄稿をいただきました。板谷先生の研究成果のみならずプラズマに対する思い、その人柄にも触れられており、大変感銘を受けました。また、秋季応用物理学会では板谷先生が礎を築かれた「反応性プラズマ」をテーマにした追悼シンポジウムが開催されます。会員の皆様方におかれましてもぜひ参加していただきたいと思っております。

今回、「一家に一枚 未来を作るプラズマ」を同封しております。科学技術週間のサイエンスマップシリーズの第6段として発行されたもので、作成にご尽力された藤山先生、比村先生にその解説をご寄稿いただいております。全国の小中高校に配布される

との事で、近年“理科離れ”が言われている中、多くの人が興味を持って将来この世界に飛び込んでくれる事を期待したいと思います。

すぐに役立つプラズマエレクトロニクスは第5回目としてプラズマの生成と制御について節原先生にご寄稿いただきました。様々な分野に発展しているプラズマの基礎について、わかりやすく解説されており、我々にとっても基本を再確認する上で有益な解説を頂きました。ご多忙な中ご執筆頂き、感謝申し上げます。

また、研究の紹介、会議報告、行事案内を多くの方々にご執筆頂きました。大変お忙しい中、大変貴重な報告をしていただき感謝申し上げます。

最後に、研究会や国際会議などを開催する際には、ぜひ本誌に案内記事をご寄稿いただきますようお願いいたします。また、会議報告、研究室紹介、海外情報などの記事も随時募集しております。より多くの皆様に本分科会の活動を知っていただくとともに、皆様の研究の一助となるように分科会幹事一同、創意工夫してまいります。皆様のご協力も賜りますよう、重ねてお願い申し上げます。

（平成22年度会報編集担当：伊藤、松浦、南、原島）
（文責：原島）

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 52

2010年 7 月 31 日 発行

編集：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 堀 勝

発行：社団法人 応用物理学会

〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-12-3

井門九段北ビル 5 階

（©2010 無断転載を禁ず）