

目次

巻頭言

これから論文を書く若人へ：早く独り立ちしよう	大阪大学 接合科学研究所	斧 高一	1
------------------------	-----------------	------	---

第17回プラズマエレクトロニクス賞

第17回プラズマエレクトロニクス賞について	名城大学	平松 美根男	4
-----------------------	------	--------	---

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	産業技術総合研究所	布村 正太	5
--------------------	-----------	-------	---

		坂田 功	
--	--	------	--

		松原 浩司	
--	--	-------	--

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して	東芝メモリ（株）	大村 光広	8
--------------------	----------	-------	---

		古本 一仁	
--	--	-------	--

		松田 和久	
--	--	-------	--

		佐々木 俊行	
--	--	--------	--

		酒井 伊都子	
--	--	--------	--

		林 久貴	
--	--	------	--

研究室紹介

北海道大学 プラズマ環境プロセス研究室	北海道大学	白井 直機	11
---------------------	-------	-------	----

		佐々木 浩一	
--	--	--------	--

学生のためのページ

熱プラズマプロセスの基礎と応用	九州大学	渡辺 隆行	16
-----------------	------	-------	----

海外の研究事情

テキサス州 オースティン滞在記	東京エレクトロン宮城 （株）	福永 裕介	24
-----------------	-------------------	-------	----

応用物理学会講演奨励賞

スパッタエピタキシーによるサファイア基板直上への In-rich (ZnO) _x (InN) _{1-x} 膜の作製	九州大学	宮原 奈乃華 山下 大輔 鎌滝 晋礼 中村 大輔 古閑 一憲 白谷 正治 板垣 奈穂	28
アーク放電処理気体による養殖魚の成長促進効果	愛媛大学	福島 諒 池田 善久 神野 雅文	31

国際会議報告

11th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials / 12th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2019/IC-PLANTS2019)	名城大学	伊藤 昌文	34
---	------	-------	----

国内会議報告

2019 年第 66 回応用物理学会春季学術講演会 チュートリアル講演報告	東芝メモリ (株)	飯野 大輝	36
2019 年第 66 回応用物理学会春季学術講演会 第 21 回分科内招待講演報告	東芝メモリ (株)	飯野 大輝	37
2019 年第 66 回応用物理学会春季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム 「カーボン系材料プラズマプロセスの現状と課題」の報告	産業技術総合研究所 九州大学 滋賀県立大学	山田 英明 古閑 一憲 酒井 道	38
第 36 回プラズマプロセッシング研究会(SPP36) 第 31 回プラズマ材料科学シンポジウム(SPSM31)	高知工科大学	八田 章光	40
第 29 回プラズマエレクトロニクス講習会報告	三菱電機 (株)	友久 伸吾	41
第 29 回プラズマ新領域研究会 『プラズマ液体 界面反応場の計測・理解にむけての研究会』	北海道大学	白井 直機	42

第 30 回プラズマ新領域研究会 「プラズマ科学の教育分野への展開」	佐世保高専	柳生 義人	43
第 10 回プラズマ医療・健康産業シンポジウム/ 第 2 回病理・法医学教育イノベーションハブの構 築シンポジウム/第 31 回プラズマ新領域研究会	産業技術総合研究所 新潟大学	池原 譲 山家 清之	45

行事案内

2019 年第 80 回応用物理学会秋期学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会企画	九州大学	古閑 一憲	46
第 13 回インキュベーションホール	東京工業大学	赤塚 洋	48
第 41 回ドライプロセス国際シンポジウム 41st International Symposium on Dry Process (DPS2019)	ウエスタンデジタル 広島大学 東芝メモリ(株)	寺原 政徳 東 清一郎 林 久貴	50
AVS 66th International Symposium & Exhibition (AVS2019)	ソニーセミコンダクタ ソリューションズ(株)	辰巳 哲也	52
6th International Workshop on Atomic Layer Etching (ALE2019)	ソニーセミコンダクタ ソリューションズ(株)	辰巳 哲也	53
第 72 回気体エレクトロニクス会議 72nd Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2019)	首都大学東京	朽久保 文嘉	54
The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11)	金沢大学	田中 康規	55

掲示板

第 18 回プラズマエレクトロニクス賞 受賞候補論文の募集	名城大学	平松 美根男	56
令和元年度プラズマエレクトロニクス分科会 幹事名簿			57
令和元年度分科会幹事役割分担			59
令和元年度分科会関連の各種世話人・委員			60

活動報告	62
プラズマエレクトロニクス関連会議日程	64
当会報への広告掲載について	66
編集後記	67

巻頭言

これから論文を書く若人へ：早く独り立ちしよう

APEX/JJAP 専任編集長 斧 高一（大阪大学接合科学研究所）

今春 2019 年 4 月より応用物理学会論文誌 (APEX/JJAP) 専任編集長を務め 1 カ月を過ぎた。以前 (2010–2011 年度) 経験した仕事であるが (専任編集長は 2013 年度より、それまでは正副編集運営委員長が対応)、久しぶりに対応するとあわただしいこと限りなく、月曜から金曜まで編集事務局のオフィスアワー時は諸業務に追われた。

APEX/JJAP 編集業務の昨今の多忙さの要因の一つに、経済を含め様々な分野で発展著しい近隣中国からの怒涛の論文投稿がある (APEX において特に顕著だが JJAP への投稿も確実に増加)。実は以前 (2010–2011 年度) も似た状況に直面した。2008 年創刊した APEX のインパクトファクターが初めて 2010 年 6 月に発表されると同時に (2010 年 IF = 2.7、2011 年 IF = 3.0) 海外から APEX への投稿が指数関数的に増えていった時期である。当時の海外からの投稿は欧米と近隣韓国からの投稿が主であったが、昨今の中国からの論文投稿は絶対数において以前の比でなく、まさに怒涛の論文投稿と一種の恐怖すら日々感じるこの 1 カ月であった。

このような中国からの怒涛の論文投稿は APEX/JJAP に限らず、世界中の学術論文誌 (AIP, APS, ACS, IOP, Springer, Nature, Science, etc.) において同様である。APEX はじめいくつかの論文誌において昨今、中国からの論文が多数を占める巻・号が目立ち、一瞬どこの国の論文誌かと目を疑う光景を目にして驚くのは筆者だけだろうか。

実は日本もこのような状況にあった時期がある。1980 年代後半から 1990 年代初めにかけて AIP/APL では日本からの投稿論文ひいては掲載論文が多く、“日本からの論文を制限すべき”とい

う声もあった (実際制限したかどうか不明)。いずれにせよ、学術論文の量と質は、著者等が所属する機関や国の研究開発に関する基礎体力を反映し、ひいてはそれらの近い将来あるいは将来を暗示する指標とって過言でなく、必要条件ではないが十分条件とはいえるであろう。

このところ国内外で“日本の科学論文の世界シェア/国際競争力低下”、“日本の科学研究の失速”、“日本の科学技術の研究開発力/競争力低下”が危惧され [1–5]、要因分析や対応策の議論や提言もなされる [3–5]。シェア低下とは、ここ 10 年の間に世界中では論文数がほぼ倍増しているのに対し日本からの論文数は微増にとどまり、Top10%論文 (被引用回数が各年各分野で上位 10%に入る論文) に占める日本の論文の割合も低下していることをさす。これらについて本稿で紹介や言及はしないが、関連してこの後少し、筆者が抱く思いと期待を述べる。本題「これから論文を書く若人へ：早く独り立ちしよう」である。ここで若人とは、これから第一線に出て日本や世界の研究開発をけん引するとともに関連分野の論文生産も主導することを期待する大学・大学院生諸君および企業の若手研究者・技術者諸氏としたい。研究や開発を論文として残すことは自分の名 (人生の足跡) を歴史に残すことにつながり有意義であることに異論はなかろう。

筆者は大学院博士課程修了後 4 年間のオーバードクターを経てその後 34 年間、企業 (三菱電機) と大学 (京都大学) にほぼ半々の期間ずつ在籍し、それぞれ目的と内容に異なる部分もあるが、プラズマ関連分野を中心に研究生を送り 2016 年 3 月退職、その後大阪大学にお世話になり研究継続

させて頂いている。このような中、若人の論文作成力が進歩せず停滞していると昨今感じることがある。英語の“聴く・話す・読む・書く”4つの能力のうち、前半2つは格段に優れるが、後半2つ、特に最後の“書く”（“論理的な文章・文書作成”）に関する進歩を感じる事が少ない。

具体的には、最近多くの大学・大学院生諸君の論文作成スキルが未熟で独り立ちせず、教員の補助（指導／主導）が必要なまま修了する傾向にあると感じる。最初1~2件は仕方ないが、徐々にスキル習熟・上達して、論文作成の一連の作業（研究過程・結果整理、論文立案、論理構成、詳細作成・まとめ、推敲・脱稿、共著者との議論、修正加筆、投稿、読者対応・改訂稿作成、校正・出版）を基本的に第一著者が主体的に行えることが望ましい。大学・大学院生諸君が教員に頼らず独立に論文作成できると、教員作成の論文とあわせて日本の論文は確実に増え世界シェア低下にはどめがかかる。論理的かつアピール性の高い文章・文書作成は企業においても必須であり、スキル習得・上達はいずれの場面でも有用・有益であろう。

日本の論文シェア低下の一つに、企業論文の減少がある。日本企業の論文数のピークは1996年（Top10%論文ピークは1997年）、2010年代は1990年代の半分以下である[4]。また日本全体の論文に占める企業論文の割合も1990年代の20%程度から、2010年代は5%程度に減少している[4]。企業において、研究開発成果を特許とともに論文として残す文化やマインドが一旦低下すると、上司の勧めや鼓舞があっても、企業若手研究者・技術者諸氏の論文作成に対するモチベーションに必ずしもつながらず、現在の状況に至っているのではと感じる。筆者企業在籍時の当時若手の共同研究者の多くは現在管理職・役員になり研究開発現場を離れるが、時に会って言葉を交わすと、若手には仕事を論文として残すことを勧めている、と聞くことが多い。企業の場合、学会や論文発表に先立っての特許や、ビジネスを考慮しての発表

時期など、大学と異なる状況に直面することもあるが、多くの企業において基本的に、若手の仕事／研究開発に対するモチベーションの一つとしての論文発表が否定されることは現在に至るも無いと考える。企業若手研究者・技術者諸氏の論文が増えると、これも確実に日本の論文増加につながりシェア低下にはどめがかかる。

末尾になるが、少し論文作成スキルにふれる。論文作成ノウハウに関しては多くの参考書があり[6-9]、また立派な手引きを整備されている研究室も多いので、詳細について本稿で紹介や言及はせず、私見であるが、若人皆さんが多分あまり耳にしないであろうことを順不同で書きとめる。(1)まず論文作成スキルについて王道はなく、最初1~2件教員らの指導も受けるとともに、関連論文（特に英語を母国語とする著者の論文）の英文や英文・論理構成を参考に、多少時間を要しても各自試行錯誤の下主体的に取り組み論文作成（要は論理的かつアピール性の高い文章・文書作成）スキルを体得するしかない。ただ自分なりのスキルが一旦身に付くと、その後の論文作成はスムーズで楽しくなり、また教員らの指導や助言は不要で邪魔に感じるようになるであろう。(2)次に英語は基本的に高校および大学受験時の知識で足りる。高校の教科書や大学受験の参考書を改めて開いてみると、関係代名詞・副詞、分詞構文、コロンのセミコロン等々、論文作成に必要な英文法は全て習っていることに気が付くであろう。また1990年代前半あたりまで論文作成に英語辞書（英和、和英、英英）不可欠であったが、昨今インターネット検索すれば単語や語句の用例はごまんと見つかり手軽かつ有用である。ただ冠詞と前置詞（特に冠詞）に関しては英語国民でない限り適切な使い方は無理と諦めざるを得ない。(3)なお最近論文作成・投稿において注意を要する点に、論文投稿時に出版元が行う類似性チェック（similarity check）がある。最近APEX/JJAPを含め多くの論文誌において各論文最初のページに

“CrossMark” 記号 (初心運転者標識を 180° 回転させたような形の記号) を目にする。これは CrossRef が提供する色々なウェブページサービスのマークであるが、この CrossRef が提供する similarity check が年々高機能・高精度・高速になり、自分あるいは所属グループの論文であっても類似性が高い数値が出ると多く場合論文受付拒否される。近い将来発表予定論文の予告、国際会議論文や博士論文などのインターネット掲載など今日細心の注意要である。Similarity check の充実により、二重投稿や盗作のトラブルはここ 10 年でかなり減少したが、思わぬところで自分や所属グループの論文が対象になり足元をすくわれる。

APEX/JJAP [10,11] をはじめとする日本独自の優れた国際論文誌を維持し充実・発展させることは、応用物理学会会員を含む日本の研究者・技術者の便宜や利益のみならず、日本の科学技術力の国際的アピールの観点からも重要であると考え。前者に関し、日本の研究者・技術者が欧米の論文誌に論文投稿した際、編集委員や読者との意思疎通が言語・研究開発競争等の要因で進まず、正当に評価されずに迅速に掲載されない、あるいは掲載拒否され不利益を被ることが今日なお生じる可能性があることも現実であり、日本独自の論文誌の維持は不可欠である。また後者に関し、日本国内のみならず諸外国からも質の高い最新論文が数多く投稿され掲載される論文誌を有することは、それ自体 日本の科学技術力アピールの一端を担うものであり、日本の国際的立ち位置向上にとって有益であり国益にかなう。このような APEX/JJAP (特に JJAP) はこれから論文を書く日本の大学・大学院生諸君や企業の若手研究者・技術者諸氏にとって特に言語面の意思疎通の観点から投稿しやすく (閲読・編集のテクニカルな面でも親切・丁寧)、論文作成・投稿トレーニングの場としても有用であろう。「早く独り立ちしよう」、そして「世界に羽ばたこう」。

参考文献

- [1] 桑原真人; “各国の論文数の推移から見えるもの”, 日本物理学会誌 **72** (2017), pp. 246–251.
- [2] 松尾由賀利; “学術情報の現状–研究者を取り巻く状況”, 学術の動向 **2017.9** (2017), pp. 66–71.
- [3] 村上昭義, 伊神正貫; “科学研究のベンチマーキング 2017–論文分析でみる世界の研究活動の変化と日本の状況–”, 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 調査資料 **262** (2017), pp. 1–196 / NISTEP RESEARCH MATERIAL, No. 262, DOI: <http://doi.org/10.15108/rm262>
- [4] “日本の研究力低下の主な経緯・構造的要因案 ①”, 文部科学省資料, 2018 年 4 月, pp. 1–45. <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/yusikisha/20180913/siryo3.pdf>
- [5] Nature Index 2017 Japan / Nature **543** (2017), pp. S1–S40; Nature Index 2018 Japan / Nature **555** (2018), pp. S49–S74; Nature Index 2019 Japan / Nature **567** (2019), pp. S7–S29.
- [6] AIP Style Manual, 4th ed. (AIP, New York, 1990), pp. 1–64.
- [7] The Chicago Manual of Style, 16th ed. (The University of Chicago Press, Chicago, 2010), pp. 1–1026.
- [8] 科学英語論文のすべて, 第 2 版, 日本物理学会編 (丸善, 1999), pp. 1–338.
- [9] 兵藤申一; 科学英文技法 (東京大学出版会, 1986), pp. 1–240; *ibid.* オンデマンド版 (2015), pp. 1–250.
- [10] 山田 明; “APEX/JJAP の現状と最近の取り組み”, 応用物理 **85** (2016), pp. 716–720.
- [11] “APEX Vol. 10 記念特集”, 応用物理 **86** (2017), pp. 653–711.

第 17 回プラズマエレクトロニクス賞

第 17 回プラズマエレクトロニクス賞について

名城大学 平松美根男

2019 年 1 月 7 日を締切りとして受賞候補論文を募集し、後述するプラズマエレクトロニクス賞選考委員会を発足して選考を行って、8 件の応募の中から 2 件を選出しました。

一次選考では、応用物理学会論文賞の選考に倣った項目による評価シートを全ての論文に対して作成しました。一次選考の集計結果と各論文に対する委員のコメントを無記名で開示した上で、二次選考では特に評価の高かった 4 件に絞って、改めて慎重に検討を行い、全員一致で以下の 2 件を第 17 回プラズマエレクトロニクス賞の論文として選出しました。

受賞論文 (1)

論文: Plasma-Induced Electronic Defects: Generation and Annihilation Kinetics in Hydrogenated Amorphous Silicon

著者: S. Nunomura, I. Sakata, K. Matsubara

雑誌名: Physical Review Applied **10** (2018) 054006

受賞者: 布村 正太、坂田 功、松原 浩司

(産業技術総合研究所)

受賞理由:

本論文は、アモルファスシリコンを対象としたプラズマ誘起欠陥において、実験条件を変えながら光電流のその場計測を積み重ね、また、その変化を丹念に考察することにより、プラズマ中での様々な欠陥の生成過程、および欠陥の回復の過程を明らかにしている。欠陥の発生と修復に関する新しい学術的な知見を与えるとともに半導体デバイスの高性能化に必須の欠陥フリープロセスの開発に向け新しい指針を与えており、プラズマエレクトロニクス賞を授与するに相応しい論文である。

受賞論文 (2)

論文: Layer-by-layer etching of LaAlSiO_x

著者: M. Omura, K. Furumoto, K. Matsuda, T. Sasaki, I. Sakai, H. Hayashi

雑誌名: Plasma Sources Science and Technology **26** (2017) 065015

受賞者: 大村 光広、古本 一仁、松田 和久、佐々木 俊行、酒井 伊都子、林 久貴(東芝メモリ(株))

受賞理由:

本論文は、難エッチング材料である LaAlSiO_x の加工制御性を向上すべく、H₂ プラズマによる表面改質層の形成と C₄F₈/Ar プラズマによる改質層の選択除去を用いた Layer-by-layer エッチングを提案・実証すると共に、反応メカニズムの解明を試みている。現在広く検討されている H₂ プラズマによる表面改質を用いた ALE に先駆ける形で発展した技術と考えられ、プラズマエレクトロニクス賞を授与するに相応しい論文である。

第 17 回プラズマエレクトロニクス賞選考委員会

朽久保 文嘉(委員長・首都大学東京)

赤塚 洋(東京工業大学)

木下 啓藏(アイオーコア株式会社)

古閑 一憲(九州大学)

関根 誠(名古屋大学)

節原 裕一(大阪大学)

豊田 浩孝(名古屋大学)

永津 雅章(静岡大学)

平松 美根男(名城大学)

第 17 回プラズマエレクトロニクス賞

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

産業技術総合研究所 布村正太、坂田功、松原浩司

【はじめに】

このたびは、栄えあるプラズマエレクトロニクス賞を受賞しましたこと、共著者共々、大変嬉しく思っております。受賞にあたり、まずは、これまでに多くの先生方、関係者の方々にご支援を頂きましたこと、この場を借りて心よりお礼申し上げます。また、ご推薦・ご選考を頂きました先生方に心よりお礼申し上げます。以下に、受賞対象の論文「Plasma-induced electronic defects: Generation and annihilation kinetics in hydrogenated amorphous silicon, *Phys. Rev. Appl.* **10**, 054006 (2018).」の内容につきまして、紹介させていただきます。

【研究背景】

ロジック回路、メモリ、各種センサ、太陽電池等の最先端半導体デバイスは、プラズマプロセス技術を用いて製作される。デバイスの性能は、プロセス時に発生する“欠陥”、例えば、ダングリングボンド、不純物、格子歪等、によって律速されることが知られている。しかしながら、これら欠陥の発生と修復に関する知見は十分に得られておらず、デバイス性能の最適化は、経験的な手法に基づきこれまで進められてきた。

本研究では、太陽電池用途の水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) 半導体薄膜を一例として取り上げ、プラズマプロセス下の欠陥の発生と修復に関するメカニズムを解明する研究を進めた[1]。

【実験方法】

プラズマプロセスにおける欠陥の発生原因を特定するため、a-Si:H 薄膜に対し[2,3]、プラズマから飛来する各粒子種（イオン、ラジカル、フォトン）の照射実験を行った。図 1 にサンプルの構造を示す。サンプル(a)は通常のプラズマ照射、サンプル(b)はラジカルおよびフォトン照射、サンプル(c)と(d)はフォトンだけの照射でそれぞれカットオフ波長が

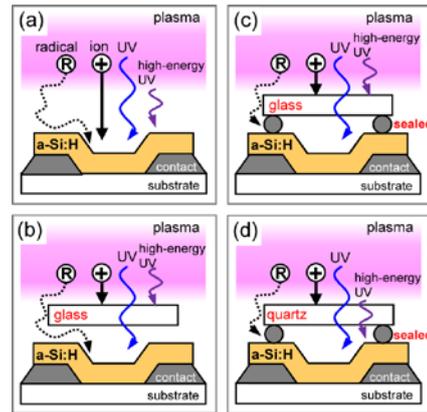


図 1 プラズマ照射実験のサンプル構造[1]

異なるケースに相当する。

各照射実験において、欠陥の発生量を定性的に評価するため、サンプルの光電流をその場計測した。具体的には、半導体レーザー (520nm, 1mW) をサンプル内 a-Si:H 薄膜に照射し、光励起キャリアを基板上の楕円電極から捕集し光電流として計測した[4,5]。光電流の減少は欠陥の発生を反映し、光電流の増加は欠陥の修復を意味する[6]。

【実験結果】

図 2 に、サンプル(a)を用いたプラズマ照射に伴う光電流の時間変化を示す。実験では、水素もしくはアルゴンプラズマを 1min 間照射し (矢印表記)、次の照射まで熱アニールを施した (約 1hr)。

図より、各プラズマ照射に伴い、光電流が大きく減少し、a-Si:H 膜中に多量の欠陥が発生することがわかる。また、照射後のアニール中に光電流が回復することから、欠陥が修復されることが確認できる。しかしながら、欠陥の修復は、水素及びアルゴンプラズマの照射で異なる。水素プラズマ照射の場合、光電流は照射前のレベルに戻ることから、欠陥はほぼ完全に修復される。一方、アルゴンプラズマ照射の場合、光電流は、照射後に元のレベルに戻らない

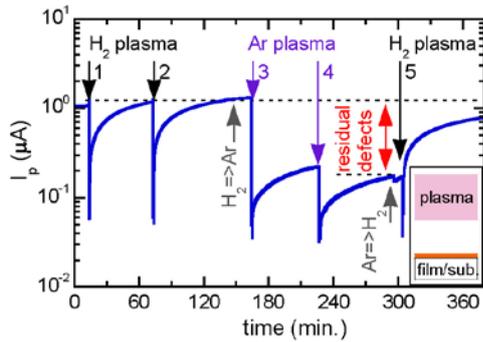


図2 水素及びアルゴンプラズマ照射に伴う光電流の時間発展[1].

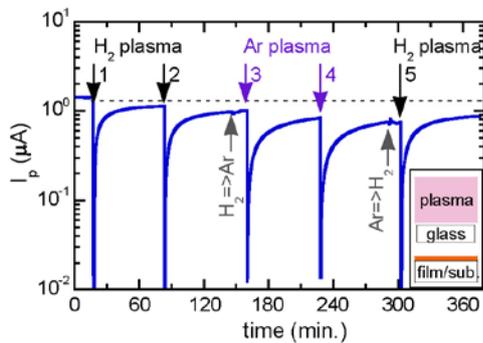


図3 ラジカルおよび光子照射に伴う光電流の時間発展[1].

ことから、膜中に欠陥が残留する。すなわち、アルゴンプラズマ照射に伴い a-Si:H 内に残留欠陥が形成されることがわかる。

次に、サンプル(b)を用いたイオン及びラジカル照射に伴う光電流の時間変化を図3に示す。イオン及びラジカル照射に伴い、光電流は大きく減少し、大量の欠陥が発生することがわかる。光電流の減少分が、上述のプラズマ照射の場合と同程度であることを鑑みると、プラズマ照射時に発生する欠陥は、ラジカル種によって形成されることが考えられる。水素プラズマでは水素原子(H)が[7]、アルゴンプラズマでは準安定アルゴン原子(Ar*)が主たるラジカル種であることから、これら粒子種が欠陥の発生に深く関与していると言える。

また、減少した光電流は、アニールによって照射前のレベルにほぼ回復することから、イオン及びラジカル照射に伴う欠陥は、アニールを経てほぼ回復することもわかる。この結果を踏まえると、先のプ

ラズマ照射に伴う残留欠陥が、アルゴンイオン(Ar+)の衝撃によって形成されることが示唆される。残留欠陥は、膜中に侵入した中性化したアルゴンイオン、もしくは、イオン衝撃によって形成された修復困難な構造乱れに起源があると考えられる。

サンプル(c)と(d)を用いた光子照射の実験においても、照射に伴う光電流の減少、すなわち、欠陥の発生が認められた。しかしながら、光子照射によって発生した欠陥は、ラジカル照射と同様にアニール時に完全に修復されることが示された。実験データの詳細は、紙面の関係で割愛する(詳細は、参考文献[1]をご覧ください)。

【考察】

ここでは、各種照射実験によって生じた a-Si:H 膜中の欠陥の修復について考察を行う。上述の実験結果の通り、欠陥はアニールに伴って一部もしくは完全に修復する。しかしながら、修復に要する時間は、“欠陥発生の起源”と“アニール温度”により異なる。

一例として、図4にプラズマ照射後の光電流の時間発展を示す。図で、実線が測定データ、破線が分散系に対する指数関数(stretched exponential function)を用いた近似曲線を示す。図より、分散系に対する指数関数がよい近似を与えることが確認できる。また、時定数(修復に要する時間) 808sを求めることもできる。

欠陥修復の活性化エネルギーを求めるため、指数関数近似で得られるこの時定数と温度からアレニウスプロットを作成した。その結果を図5に示す。図より、プラズマ照射及び光子照射による欠陥

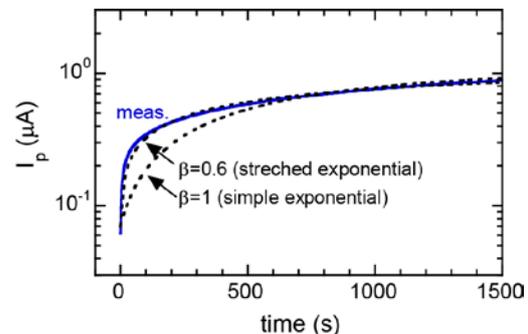


図4 アニール時の光電流の時間変化[1].

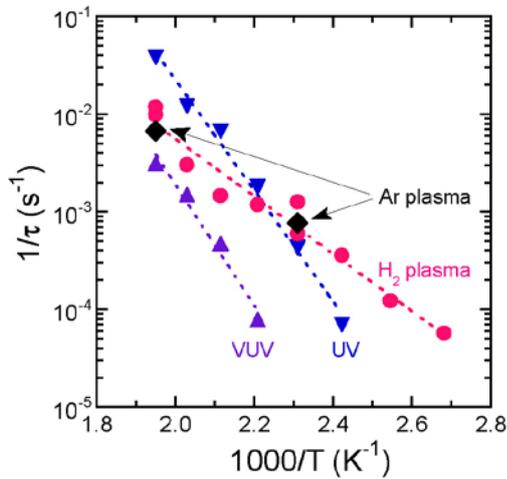


図5 欠陥修復のアレニウスプロット[1].

修復のデータが、直線に載ることが確認できる。このことより、修復は熱活性化プロセスにより進行すると結論付けられる。

興味深いことに、修復の活性化エネルギーは、欠陥発生の起源により異なることが示される。例えば、水素プラズマ照射による欠陥修復の活性化エネルギーは、 $0.53 \pm 0.06\text{eV}$ であるのに対し、フォトン照射による欠陥修復の活性化エネルギーは $1.17 \pm 0.06\text{ eV}$ であることが示される。この活性化エネルギーの違いは、現時点において、 a-Si:H 膜の構造乱れの度合いや欠陥の総量に関係があると考えている。詳細は、今後の研究で明らかにしていく。

【まとめ】

プラズマプロセス下の半導体材料の欠陥の発生と修復に関する研究を進めた。半導体材料として、 a-Si:H を取り上げ、本材料に対し、イオン、ラジカル、フォトンの選択的な照射実験を行った。照射及びアニール実験中に、 a-Si:H 薄膜の光電流計測を行い、欠陥の発生と修復に関する以下の知見を得た。(i)プラズマ照射により a-Si:H 薄膜中に欠陥が発生する。(ii)欠陥の主たる発生要因は、ラジカル種である。水素プラズマでは水素原子が、また、アルゴンプラズマでは準安定アルゴン原子が主たる欠陥の発生源であると考えられる。(iii)アニール時に欠陥は一部もしくは完全に修復する。水素プラズマ照射により生じる欠陥は完全に修復する。(iv)アルゴンプラズマ照射により、残留欠陥が形成される。残留

欠陥の形成要因はアルゴンイオンである。(v)欠陥修復の活性化エネルギーは、欠陥の発生源に依存して異なる。例えば、プラズマ照射による欠陥修復の活性化エネルギーは、 $0.53 \pm 0.06\text{eV}$ となり、フォトン照射による欠陥修復の活性化エネルギーは $1.17 \pm 0.06\text{ eV}$ となることが示された。

今後は、結晶シリコンや多層膜界面における欠陥の発生と修復について研究を進め[8-11]、半導体およびエネルギー産業の発展に貢献すべく研究を進める。

【参考文献】

- [1] S. Nunomura, I. Sakata, and K. Matsubara, *Phys. Rev. Appl.* **10**, 054006 (2018).
- [2] S. Nunomura, I. Sakata, and K. Matsubara, *Appl. Phys. Express* **10**, 081401 (2017).
- [3] S. Nunomura, I. Sakata, and K. Matsubara, *J. Non-Cryst. Solids* **44**, 436 (2016).
- [4] S. Nunomura, I. Sakata, and M. Kondo, *Appl. Phys. Express* **6**, 126201 (2013).
- [5] S. Nunomura and I. Sakata, *AIP Adv.* **4**, 097110 (2014).
- [6] S. Nunomura, X. Che, and S. R. Forrest, *Adv. Mater.* **26**, 7555 (2014).
- [7] S. Nunomura, H. Katayama, and I. Yoshida, *Plasma Sources Sci. Technol.* **26**, 055018 (2017).
- [8] S. Nunomura, I. Sakata, and K. Matsubara, *AIP Advances* **9**, 045110 (2019).
- [9] S. Nunomura, I. Sakata, and K. Matsubara, *Appl. Phys. Express* **12**, 051006 (2019).
- [10] M. Lozac'h, S. Nunomura, H. Sai, and K. Matsubara, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **185**, 8 (2018).
- [11] M. Lozac'h, S. Nunomura, H. Umishio, T. Matsui and K. Matsubara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, 050915 (2019).

第 17 回プラズマエレクトロニクス賞

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

東芝メモリ株式会社 大村 光広, 古本 一仁, 松田 和久, 佐々木 俊行,
酒井 伊都子, 林 久貴

はじめに

この度は、第 17 回プラズマエレクトロニクス賞という大変栄誉ある賞を賜りまして、誠に光栄に存じます。ご支援いただきました皆様、ならびに選考に関係されました諸先生方に厚く御礼申し上げます。今回、受賞対象となりました論文「Layer-by-layer etching of LaAlSiO_x」[1] に関しまして、その研究背景と内容の一部を簡単にご紹介させていただきます。

論文内容

【背景】半導体デバイスの微細化に伴いゲート絶縁膜の薄膜化が求められていますが、シリコン酸化膜を用いた場合は薄膜化に伴ってリーク電流の増加や信頼性の低下が懸念されるため、高誘電率を有するゲート絶縁膜(High-k 膜)が注目を集めています。本研究では High-k 膜と Si 基板間の酸化層が抑制でき、材料として安定な LaAlSiO_x を対象としていますが[2, 3]、この膜をデバイスに適用する場合、配線からのコンタクトプラグを形成するためにソース、ドレイン領域の high-k 膜を除去しておかなくてはなりません。その際には当然、Si 基板に対する高い選択性とエッチング量の制御性が求められます。Sasaki らは C₄F₈/Ar/H₂ プラズマを用いた LaAlSiO_x 加工において、水素が LaAlSiO_x 中の結合を切断する事で LaAlSiO_x のエッチングが促進されることを示し、Si 基板に対する高選択比加工（選択比 6.7）を実現しています

[4]。そこで本研究では、エッチング量の高精度制御、特に産業応用で求められるウェハー面内の均一性に着目しました。エッチング量をウェハー面内で均一に制御する方法としては、エッチング反応が Self-limiting 特性を有する Atomic Layer Etching(ALE)が注目されています[5]。通常の ALE は活性種の表面吸着を用いた反応層形成と、イオン衝撃による反応層の脱離を用いますが、La 化合物は難エッチング材料として知られているため、反応層形成ステップにもイオン衝撃が必要と考えました。そこで、前述の Sasaki らの研究成果をヒントに H₂ プラズマによる表面改質ステップと C₄F₈/Ar プラズマを用いた改質層の脱離ステップを用いた LaAlSiO_x の Layer-by-layer エッチングを考案し、検討致しました(図 1)。

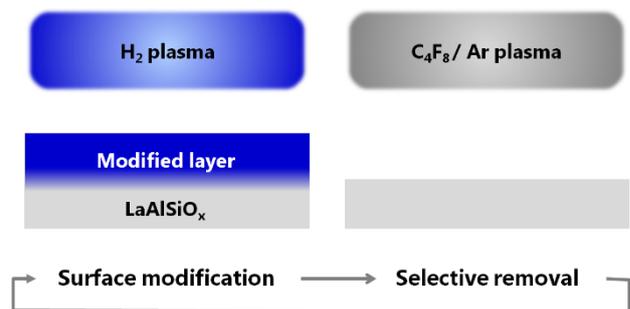


図 1 : LaAlSiO_x Layer-by-layer エッチングのコンセプト

【実験方法】実験には 100/ 13.56MHz の 2 周波重畳容量結合型のプラズマエッチング装置を用い、LaAlSiO_x の膜厚計測には蛍光 X 線分析法を使用しています。

【結果と考察】まず、表面改質層の選択除去を検討致しました。図 2 は各種プラズマ条件における LaAlSiO_x のエッチング深さを示しています。 H_2 プラズマ及び $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ プラズマでは共に LaAlSiO_x はエッチングされませんが、 H_2 プラズマ処理後に $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ プラズマ処理をすると LaAlSiO_x がエッチングされる事がわかります。これは即ち、 H_2 プラズマで形成された表面改質層が、 $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ プラズマによって下地の LaAlSiO_x に対して選択的に除去出来る事を示しています。

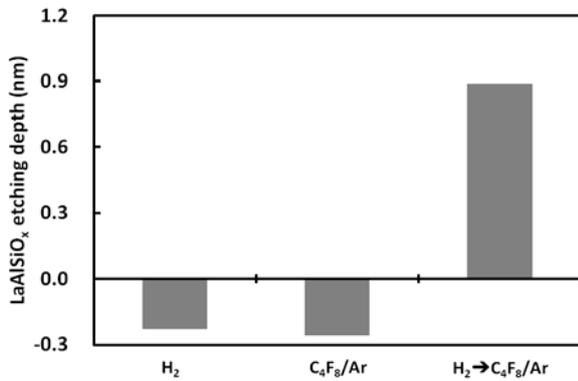


図 2：各種プラズマ条件における LaAlSiO_x エッチング深さ

次に、深さ制御に重要な **Self-limiting** 特性(エッチング量の飽和傾向)を検証致しました。 H_2 プラズマの処理時間を 10 秒に固定し、 $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ プラズマの処理時間を変化させてサイクル毎の LaAlSiO_x エッチング深さを計測しましたが、**Self-limiting** 特性は得られませんでした(図 3、凡例：◇)。ここで LaAlSiO_x エッチング深さが飽和せず単調に増加していく理由は、 H_2 プラズマステップ中に、 $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ プラズマによってチャンバ内壁に堆積したフルオロカーボン膜から F を含む活性種が供給されて LaAlSiO_x を削ってしまうためと予想しました。そこで H_2 ステップの前に O_2 クリーニングステップを挿入したところ(図 4)、 LaAlSiO_x のエッチング深さは $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ ステップ時間に対して **Self-limiting** 特性を示す事が判明

しました(図 3、凡例：○)。

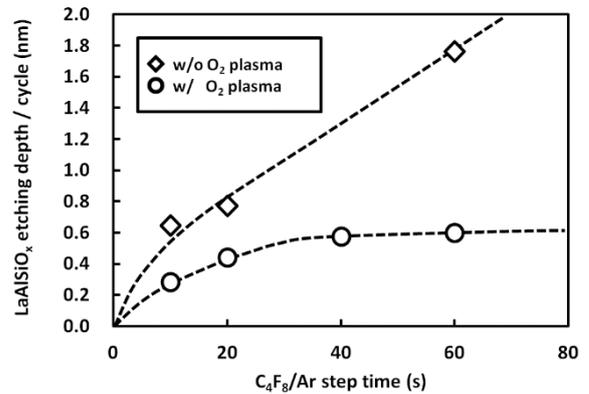


図 3：サイクルあたり LaAlSiO_x エッチング量の $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ ステップ時間依存性

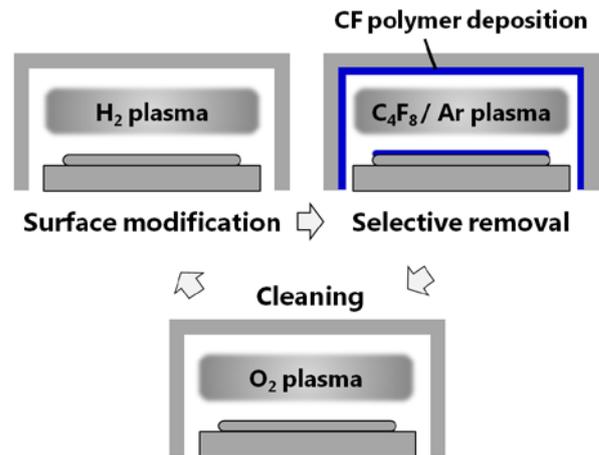


図 4： O_2 プラズマクリーニングステップ最後に、エッチング量の高精度制御に重要な、**Self-limiting** 反応の繰り返し再現性を確認しました。図 5 は LaAlSiO_x エッチング深さのサイクル数依存性で、プロセスシーケンスは O_2 、 H_2 、 $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ プラズマの 3 ステップを用いています。エッチング深さはサイクル数に対して、ほぼ線形に増加しており、その傾きから 1 サイクルあたりのエッチング深さは 0.6nm と見積もられます。この値は図 3 における **Self-limiting** 反応の飽和値とも良い相関を示しました。以上述べたとおり、 H_2 プラズマによる表面改質層形成、 $\text{C}_4\text{F}_8/\text{Ar}$ プラズマによる改質層の選択除去、 O_2 プラズマによるチャンバ内壁のフルオロカーボン膜除去をシー

ケンシヤルに行う事で、Self-limiting 特性を有する LaAlSiO_x の Layer-by-layer エッチングを実現する事が出来ました。

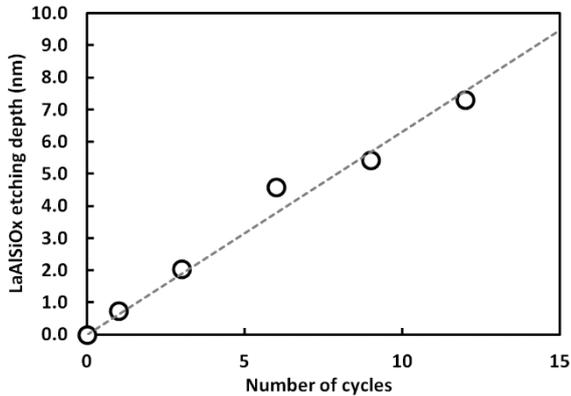


図 5 : LaAlSiO_x エッチング深さのサイクル数依存性

最後に反応メカニズムに関する考察を述べておきます。特に興味深いのは H₂ プラズマの役割です。そこで、サイクル処理における O₂ 及び H₂ プラズマ処理後に LaAlSiO_x 表面を XPS で解析しましたが、La の結合に変化は見られませんでした(図 6)。つまり LaAlSiO_x は H₂ プラズマによって化学的に還元されていないと考えられます。よって水素イオンが物理的なエネルギーによって LaAlSiO_x の金属-酸素の結合を切断する事で C₄F₈/Ar プラズマによるエッチング反応を促進していると推察しています。

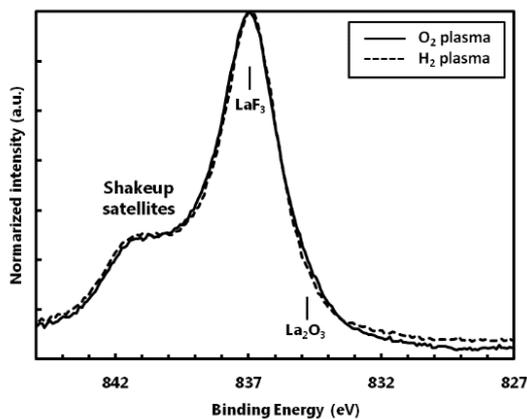


図 6 : La 3d_{5/2} XPS スペクトル

【まとめ】High-k ゲート絶縁膜として期待される LaAlSiO_x のエッチング量を高精度に制御するため、H₂ プラズマによる表面改質層の形成と C₄F₈/Ar プラズマを用いた改質層の選択除去を用いた Layer-by-layer エッチングを考案し、検証致しました。H₂ プラズマによる表面改質層は C₄F₈/Ar プラズマで選択的に除去される事を確認し、更に Self-limiting 特性を得るには O₂ プラズマによるクリーニングステップの挿入が効果的である事を発見しました。更に、この Self-limiting 反応は繰り返し再現性を有しており、1 サイクルあたりのエッチング深さは 0.6nm と見積もられています。

【終わりに】

近年、半導体デバイスは更なる微細化に加えて新規材料の導入が盛んに検討されており、難エッチング材料の高精度加工技術に対する期待が高まっています。特に ALE 分野の研究は急速な進歩を遂げており、新規デバイスの実用化を強く後押しするものだと考えています。産業応用の観点からも、本分野の研究が更に発展することを強く願っています。

参考文献

- [1] M. Omura et al., Plasma Sources Sci. Technol. 26 (2017) 065015.
- [2] M. Suzuki et al., J. Appl. Phys. 103 (2008) 034118.
- [3] I. Hirano et al., Ext. Abstr. 58th Spring Meet. Japan Society of Applied Physics and Related Societies (2011) 26p-KW-3 (in Japanese).
- [4] T. Sasaki et al., Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 06GB03.
- [5] K. J. Kanarik et al. J. Vac. Sci. Technol. A 33(2) (2015) 020802.

研究室紹介

北海道大学 プラズマ環境プロセス研究室

北海道大学 白井直機、佐々木浩一

はじめに

本稿は北海道大学大学院工学研究院量子理工学部門・プラズマ環境プロセス研究室の紹介記事となります。本来は佐々木教授がメインで書くべきところですが、こういう文章は苦手ということで私（白井）にそのまま原稿依頼のメールが転送されてきました。そういった事情もあり本稿では私の知る限りの話を中心に書きたいと思います。佐々木先生の文章を期待していた読者の皆様、申し訳ありません。皆様に研究室の様子がどのように伝わるかわかりませんが、とりあえず私が思いついたことを（あらぬ誤解がないよう）書いてみたいと思います。

実は昨年も原稿執筆の依頼があったのですが、その際には大学院の改組があるので、改組後に書かせてほしい旨をお伝えしていました。しかし学内で色々とゴタゴタがありまして改組そのものが一旦白紙のような形になり、見かけ上は昨年と何も変わらない姿となります。昨年の編集の方に改組してないじゃないかと思われる可能性もありますので、一言申し添えておきます。細かいところを言いますと予定した改組に合わせて研究室名も変える予定だったのですが、改組だけがなくなり昨年より研究室名が“プラズマ応用工学研究室”から“プラズマ環境プロセス研究室”と変わりました。そのあたりの詳しい経緯は、学会の飲み会の時にでも佐々木先生に聞いていただければと思います。そういうわけで改組しなかったわけですが、我々の所属する“プラズマ環境プロセス研究室”は北海道大学大学院工学研究院量子理工学部門に所属しています。量子理工学部門はプラズマ

系の研究室が3つ、量子ビーム関連の研究室が3つ、さらにナノ材料関連の研究室が2つで構成されます。現在、学部は機械知能工学科に所属しておりますが、以前は原子工学科に所属しており平成17年の改組によって現在のような姿に、大学院は平成22年の改組で現在の形となったようです。（細かい歴史をあまり知らなくて申し訳ありません。数年後には改組でまた大きく変わる予定です。）

佐々木教授も私も学部は電気電子系の出身であります。研究室に入ってくる学生は機械工学をバックグラウンドにもった学生となり、電磁気や電気回路に関しての知識はあまりありませんが、代わりに流体力学や熱力学への造詣が深い学生がはいってきます。（余談ですが、機械系にいるからか、或いは別の理由もあってか、現在研究室の人氣があまりないので、そもそもしっかり勉強してきた学生が入ってくることは稀なわけですが。プラエレ分科会の先生で人氣研究室を運営されている方には研究室の人氣をあげる方法を伝授していただきたいです。）

2010年5月より佐々木教授が、2016年4月より白井が准教授として着任し、現在は教授の佐々木先生と助教の西山修輔先生と、白井の3名で研究室を運営する形となっております。2010年当時、佐々木先生が名大から北大に異動したと聞いたときには、非常に驚いたものですが、まさかその数年後に私も北大に行くとは考えもしませんでした。ちなみにですが、佐々木先生は単身赴任で生活されており、名古屋に帰らない週末はすすきののサウナに行くことを楽しみに過ごしています。札幌

はいつか住んでみたい街ランキングで常に上位に位置していますが、実際住んでみると冬の生活は過酷です。冬の季節にいらっしゃる場合は、防寒対策と地面の防滑対策を十分にしてお越してください。佐々木先生は数年前まで「僕は札幌に来てからまだ3回しか転んでいないよ」と自慢していましたが、昨年何度も転ばれたようで、その話はしなくなりました。図1は夏と冬の景色の違いです。夏と冬で景色は一変します。

これまた話が脱線しますが、北大の量子理工学部門は、他大学出身者、或いは別組織から北大に異動された方が多く、結果的に単身赴任をされている先生が多いです。ご家族と離れてさみしいけれど、それでも研究が好きで頑張っておられるという先生が多いというのが私の印象です。

(余談を書きすぎて、そろそろ怒られそうなので、一旦余談を止めておきます。)

研究室の構成とプラズマ理工学大講座

研究室の構成は2019年5月現在で教員3名、秘書1名とポスドク1名、博士課程学生2名、修士課程10名、学部4名です。通常は学部から修士までの学生は1学年5名くらいとなります。道内出身者も数名いますが、道外出身者が多くそういった学生たちは大学キャンパス近くに住んでいる人が多いようです。

また量子理工学部門はプラズマ系の研究室が3つあると述べましたが、当研究室以外に「プラズマ材料工学研究室」と「プラズマ生体応用工学研究室」があり、それらをまとめてプラズマ理工学大講座となります。「プラズマ材料工学研究室」は昨年度まで越崎直人先生が教授でいらっしゃいましたが、定年退職により今年度は佐々木先生が兼担で研究室の教授となり、実質二つの研究室が合同で運営される予定です。また「プラズマ生体応用工学研究室」はこれまでは核融合関連の研究も



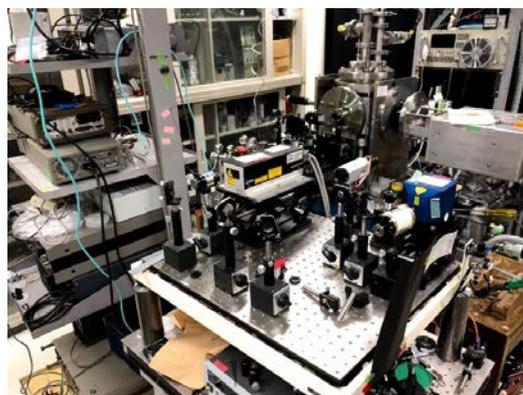
図1. (Color online)工学部A棟著者の部屋からの景色(上は6月、下は1月)

多く行ってきましたが、最近になって生体応用の研究もはじめている研究室で、近いうちに応物のプラエレ皆様とも議論する機会が出てくるのではと思います。

研究室の設備

研究室の設備は、名大から佐々木先生が持ってきたもの、北大に来てから仕入れたものを含めて他所から見たら羨ましがられるものが沢山あると思います。ただし物が多くて、実験室が手狭になっているところもあります。装置を具体的に挙げると切りがありませんが、例えば現在実験室には波長可変レーザーが3台(色素レーザー2台、OPO

(Optical Parametric Oscillation) レーザー1台) 設置されています。日本国内はもちろん、海外のプラズマの研究室を見てもこれだけのレーザーを所有している低温プラズマ関連の研究室はあまりないのではないのでしょうか。ただレーザー以外にもそうですが、故障したりすると修理だけで結構な費用がかかるので、装置を維持するのもなかなかの経済力(研究費的な意味で)が必要であると北大に来てからしみじみ思いました。学生達はというとこれだけ恵まれた装置がありながら、あまりそれを実感していないかもしれません。時々高価な装置が無造作に置きっぱなしになっているのを見て絶句します。(他所の研究室はどうでしょうか?) 実は私自身もどれだけの装置があるのかすべては把握しきれていません。種々の装置がございますので、北大にお立寄りの際にはぜひ研究室の見学にも来ていただければと思います。図2は実験室の一部のスナップ写真を載せました。



研究内容

扱うプラズマは低気圧から高気圧、さらには超臨界まで本当に幅広く研究しています。最近では私も参加させて頂いている関係で、大気圧プラズマの内容も今までより増えてきています。佐々木先生が基礎から応用まで幅広くプラズマ研究テーマを扱い、西山先生は現在、主としてレーザーによる電界計測を中心に行っております。詳しい内容は本会報 68号(2018)の西山先生の「プラズマエレクトロニクス賞を受賞して」の記事をご覧ください。また白井は主として大気圧プラズマについての研究を行っております。それぞれの研究内容の詳細については、学会発表、論文発表等、別の解説記事等でさせていただくこととして、今回は割愛させていただきますが、最近の研究トピックとして公開している内容として以下があります。成果をなるべく早く発表できるようにしたいと思います。

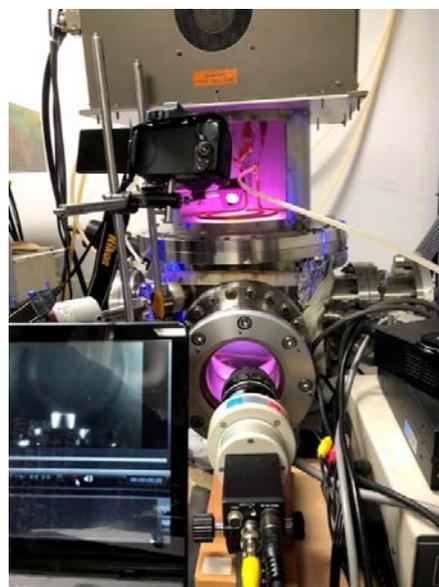


図2 (Color online)実験室の様子
上：電界計測のためのレーザー計測系、
中：波長可変レーザー（色素レーザー）、
下：プラズマと液体金属の相互作用の実験



図 3 (Color online) 研究室のジンパの様子（上は予約を宣言する張り紙）

います。

- ・プラズマ支援触媒反応によるグリーンイノベーションの実現
- ・プラズマ電気分解による微粒子生成プロセス
- ・超低電子温度プラズマを用いたガスリフォーミング
- ・プラズマと溶媒和電子の反応機構の解明
- ・プラズマと相互作用する液体の反応機構の解明と応用法の開拓
- ・ジャガイモの萌芽防止に役立つプラズマ源の開発
- ・レーザー誘起ブレイクダウン分光法による分析



図 4(Color online) 定山溪で研究室集合写真
2019年3月撮影

技術の開発

発表リストは研究室ホームページで公開しております。

<http://tyche.qe.eng.hokudai.ac.jp/index.html>

研究以外の活動

研究以外の活動も学生を中心に色々やっていますが、北大ならではのイベントとして“ジンパ”があります。これは多くの方はご存知かと思いますが、ジンギスカンパーティーの略で、要するに羊の肉で専用鍋を使ってBBQといった感じのイメージでしょうか。新入生歓迎はもちろん、研究室・ゼミの交流など北大では広く行われています。聞いた話によると昔は夏ごろになると北大のありとあらゆる場所で、羊の肉を焼く集団がいたそうですが、芝生が傷んだりする問題もあって一旦は学内でのジンパは禁止となり、その後、指定された場所でのみ実施可能となったそうです。工学部は建物の中庭のようなところで実施するのが恒例で、中庭近くの窓に日付を書いた予約の張り紙をして実施するのが暗黙のルールになっているみたいです。(図3参照)。当研究室でも毎年実施し

ていますが、佐々木先生は「ぼくは羊の肉なんて食べないよ～」と毎回言われるので、ジンパ開催時には羊以外の（高めの？）牛肉、豚肉なども用意されます。

また昨年度は定山溪で研究室の追いコンを実施しました。定山溪というのは、札幌の奥座敷ともいわれるところで札幌中心部から比較的近くにある温泉街です。数名の研究室OBも訪ねてきて、温泉にゆったり浸かった後、各自が飲みたいお酒も持ち寄りして、夜遅くまで研究室メンバーで飲み明かしました。

XXXIV ICPIG & ICRP-10 札幌にて開催

この原稿が出版される頃は、開催直前になっているかと思いますが、2019年7月にXXXIV ICPIG & ICRP-10が札幌で開催されます。ご存知のように反応性プラズマ国際会議(ICRP)はプラズマエレクトロニクス分科会が運営する国際会議で、約3年に1度開催され、国内会議であるプラズマプロセス研究会と並び、本分科会にとって最も重要な行事に位置づけられると思います。電離気体現象国際会議(ICPIG)は、低温プラズマ関連の国際会議としては最も長い歴史と伝統を持ち、2年に1度の頻度で主に欧州にて開催されています。これまでの70年の中で欧州外での開催は3回のみで、今回、第34回のICPIGがICRPとの合同会議として札幌で開催されることは、大変画期的なことです。現在、学会開催に向けて佐々木先生はじめ関係の先生方が奔走しているところであります。本会報の読者の皆様はほとんどの方が参加されると存じますが、会議が成功裏に終わりますように皆様のご協力ご支援、どうぞよろしくおねがいします。

終りに

好き勝手に書いてまとまりのない文章になってしまいました。最後まで読んでくださった方にはありがとうございました。北海道大学プラズマ環境プロセス研究室の様子が少しでも伝われば幸いです。

多くの方がご存知かと思いますが、佐々木先生は非常にパワフルに研究活動を行っていますが、愛されるべきお茶目なところもあります。私としては北大の機械系の学生にこのことがもう少し伝わって、研究室の人气が上がるのもっといいと思うのですが、私の方でももう少し広報活動含め学生に注目されるよう頑張りたいと思います。北大は北海道開拓の合言葉にもなっていた“フロンティア”という単語が好きみたいで、建物の名前やプロジェクトにもやたらとフロンティアという名前を冠したものをつけたがりますが、我々の研究室でも新しいプラズマ研究の開拓者となるようフロンティアスピリッツでこれからもがんばっていききたいと思います。

今年度はICPIGだけでなく応用物理学会秋季大会も札幌で開催されます。多くの方が札幌を訪れると思いますが、ぜひお気軽にお声いただき研究室を訪ねてきていただければと思います。

今後とも北海道大学プラズマ環境プロセス研究室をよろしくお願ひします。

熱プラズマプロセスの基礎と応用

九州大学 渡辺隆行

1. はじめに

工業的に用いられるプラズマは、1万 K 以上の高温を有する熱プラズマと、常温から数百 K 程度の低温プラズマに大別できる。低温プラズマ(低圧プラズマと大気圧非平衡プラズマ)は電子温度のみが高温であるが、熱プラズマは電子のみならず原子やラジカルも 1 万 K 以上の高温を有していることが特徴である。この高温を利用するという観点から、熱プラズマはプラズマ溶射や溶接として産業的に広く展開されてきた。他にもプラズマ溶解や製錬、さらにごみ処理で発生する焼却灰を溶融固化するプロセスにおいて活用されている。

熱プラズマの利点としては、プラズマそのものを反応性流体として活用するので、雰囲気ガスを材料プロセッシングに適した高温反応場として制御できることである。アルゴンを用いた不活性雰囲気に加え、有機系廃棄物の処理に適した空気、酸素、水蒸気による酸化雰囲気、水素を用いた還元雰囲気などを自由に選択することができる。

熱プラズマプロセスでは、高温領域のみならずプラズマ尾炎部の低温領域における反応制御も重要となる。この点が非平衡プラズマによるプロセッシングと異なる点である。熱プラズマプロセスでは、1 万 K 以上の高温を利用して原料を蒸発させ、目的物質を得るための各種の反応を起こす。このときに熱プラズマによる加熱に加えて、下流での冷却過程が重要な役割を果たしている。熱プラズマでは蒸気を $10^5 \sim 10^6$ K/s 程度で急冷することが可能なので、熱プラズマ中の非平衡状態を生み出し、通常では合成ににくい非平衡相や準安定相を得ることができる。廃棄物処理においては急

冷によって副生成物の発生を抑制できる。

材料合成や廃棄物処理において、熱プラズマは非常に高いポテンシャルを有しており、多くのプロセッシングに利用することが試されてきた。しかし工業生産技術として確立したものが少ないのは、熱プラズマの特徴である高温が制御の難しさとなり、材料プロセッシングでは負の作用をもたらす場合となることが理由のひとつである。

本稿では、熱プラズマプロセスの本質を理解するためにプラズマ発生システムを解説し、プラズマの特性を知るための基礎知識と応用を解説する。

2. 熱プラズマの発生方法

熱プラズマを発生するには直流放電、交流放電、高周波放電、マイクロ波放電が用いられる。材料プロセッシングに熱プラズマを用いるには、それぞれの熱プラズマシステムの特徴を理解した上で、適切なシステムを選択しなくてはならない。

直流アーク:直流放電アーク(DC アーク)を利用したプラズマジェットおよびプラズマアークは発生方法が汎用的で手軽であることから、各種のプロセッシングに広く用いられている。DC アークは出力の増大が容易であること、設備費が比較的廉価であること、DC アークシステムは確立しており簡単で汎用性があること、安定な放電を長時間持続できることなどの利点がある。

DC アークは陰極と陽極の間で発生するアークそのものをプロセッシングに用いる方法(図 1)と、電極間で発生した高温の熱プラズマを高速のガスで吹き出してプラズマジェットとして用いる方法(図 2)がある。プラズマジェットは数 100 m/s 程

度の高速でノズルから噴出しており、この高速という特徴を活かしているプロセッシングがプラズマ溶射である。一方でこの高速という特徴は、一方でプラズマ中での処理物質の滞留時間を短くしてしまうという欠点になってしまう。

DC アークをプロセッシングに用いる際の問題点は、プラズマの物性値を考えると明確になる。図 3 はアルゴンと水素の混合ガスの粘度[1]を示すが、1 万 K 程度の熱プラズマの粘度は液体の粘度と同程度である。このように熱プラズマが高粘性流体であることは、高速のプラズマジェットの流れに対して処理物質を高温領域に供給することが困難であることを意味している。つまりプラズマジェットは、溶射以外の材料プロセッシングには適していないことになる。

次の問題点は、プロセスの制限要因のひとつとなる電極消耗である。アーク溶接やナノ粒子合成プロセスにおいて、電極消耗は、品質、処理速度、生産性に直結する。熱陰極の熱電子密度 J は、リチャードソン・ダッシュマンの式

$$J = AT_c^2 \exp(-e\phi_c/k_B T_c) \quad (1)$$

で表され、陰極表面温度 T_c の関数であることがわかる。ここで、 ϕ_c は仕事関数、 A はリチャードソン定数、 k_B はボルツマン定数である。DC アークを安定に維持するには 10^8 A/m^2 程度の電流密度が必要となるので、タングステンのような高融点金属でも陰極表面温度は融点以上になる。タングステンの仕事関数(4.5 eV)よりも低い仕事関数の ThO_2 (2.6 eV) を添加して、電極消耗を低減することが通常である。最近 ThO_2 は放射性物質であることから使用が避けられており、 La_2O_3 (3.1 eV) や CeO_2 (3.2 eV) などを数% 添加した電極が使われている。添加酸化物によって電極表面温度やアーク電流密度が変わり、さらに電極消耗量も影響を受ける。また、アルゴンや水素アークでは問題にならない電極消耗が、窒素アークでは消耗量が

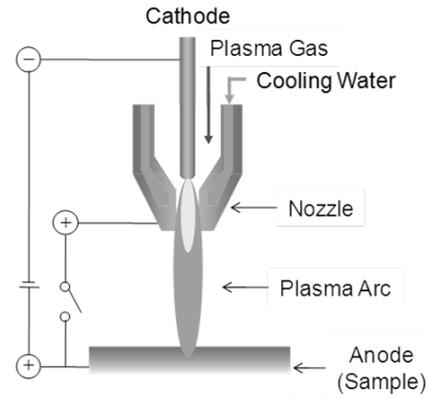


図 1 移行型アーク

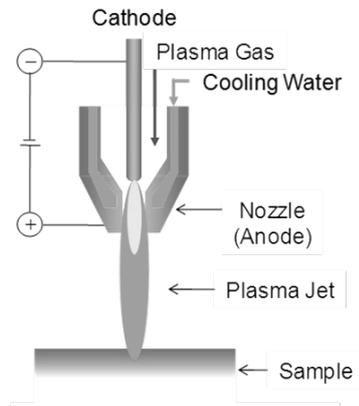


図 2 非移行型アーク (プラズマジェット)

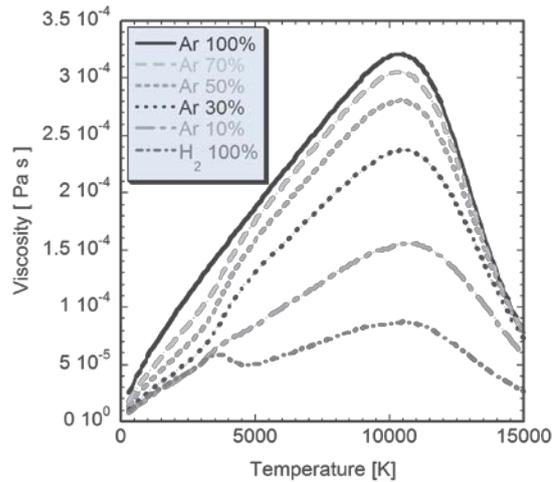


図 3 アルゴン-水素プラズマの粘度

大きくなることが指摘されている[2]。これはアーク中で解離した窒素ラジカルが電極表面において

再結合して電極温度を上昇させることと、窒素ラジカルによる酸化物の分解が理由であると考えられている。なお、陰極の消耗現象については後述する。

DC アークには数 kHz でアークが変動しているという本質的な欠点もある[3]。この変動は電極上の陰極点や陽極点の周期的な変動に起因しており、DC アークでは避けることができないものである。DC アークの変動は数十から数百 kHz であり、この変動によって DC アーク中に供給した原料はその飛行中に DC アークの高温領域だけではなく、低温領域も通過することになる。これは処理物質の加熱履歴が均一にならないことを意味している。

高周波プラズマ：高周波(RF)熱プラズマは無電極放電の一種であり、電極物質が不純物としてプラズマ中に混入しないことが特徴である。RF 熱プラズマは、石英管等の絶縁材でできた水冷トーチの一端にガス導入部を設け、トーチ外部の誘導コイルによりトーチ内のガスをプラズマ状態にするものであり、誘導結合型放電によって図 4 に示すような熱プラズマを発生する。

RF 熱プラズマの特色は、大きな直径(5-10 cm 程度)のプラズマであること、ガス流速が DC アークに比べて 1 桁程度低いことである。そのためにプラズマ内における処理物質の滞留時間を長くすることができる。プラズマジェット内の物質の滞留時間は 1 ms 程度であるが、RF 熱プラズマの滞

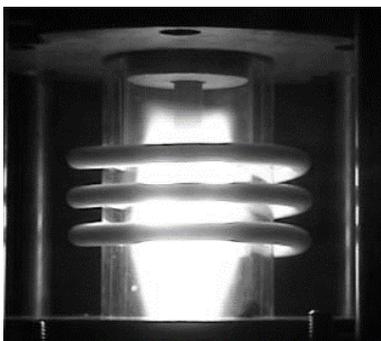


図 4 RF 熱プラズマ

留時間は 10 ms 程度なので、プラズマ中の加熱や分解反応の進行を充分行うことができる。

RF 熱プラズマに処理物質を供給する場合には、流れ方向に沿った供給が可能であるので、プラズマジェットのような問題は生じない。しかし供給した原料によって、プラズマが局所的に不安定になってしまう場合がある。RF 熱プラズマの安定性の問題から、原料の供給量が制限されてしまうことがこの方法の本質的な欠点となっている。

この欠点を克服するために開発されたものがハイブリッドプラズマである[4]。RF 熱プラズマの上部中央にプラズマジェットを重畳させることによって、RF 熱プラズマの欠点を克服している。ハイブリッドプラズマは単に 2 種類のプラズマを組み合わせただけのものではなく、従来の RF 熱プラズマの熱流動特性を改善したものである。

パルス変調 RF 熱プラズマによる非平衡性の顕在化もプラズマ発生システムとしての新しい展開である[5]。これは RF 熱プラズマの発生に対して時間的なダイナミック制御を行う方法である。RF 熱プラズマを発生するための基本的な周波数は数 MHz であるが、このコイル電流をミリ秒オーダーの周期で振幅変調すると、熱プラズマの特徴である高温反応場と、低温場の遷移過程を含んだ新しい反応場を意図的に繰り返すことができる。

多相交流アーク：従来の交流アークは産業的に普及している状況ではない。この要因としては、電流値が変化するためのアーク変動や、電流値が 0 となる瞬間が存在し、交流周期毎のアーク消弧に起因した不安定性が生じるためである。

6 相や 12 相などの多相交流放電を用いると、複数のトーチ間に容易に大型のアークを発生させることができる。3 相アーク放電は産業的に用いられているが、これは多相交流アークとは異なるものである。多相交流アークは、放電空間にプラズマが連続的に発生しているので放電状態が常に持

続されており、安定した連続放電を得ることができる。

多相交流アークは 6 本または 12 本の各々の電極に位相の異なる交流電圧を印加することにより、電源周波数によって回転するプラズマを電極間に発生させる熱プラズマ発生方法である。12 相の多相交流アークでは位相が 30 度ずつ異なる交流電圧を 12 本の電極間に印加することで大口径のアークを安定に発生することができる[6]。

多相交流アークでは常に複数のアークが存在していることが図 5 の高速度写真に示されており、これによってアークの再点弧が容易であることがわかる[7]。また、アークが左右にスウィングする挙動も確認できる。これは、常に複数のアークが存在する多相交流アーク特有の特徴であり、周囲に存在するアークとの間に働くローレンツ力、また回転する電磁場の影響を受けているためである。

多相交流アークは入力電力から熱プラズマへのエネルギー変換効率が高いこと、プラズマ流速が遅いことから処理物質への加熱を十分に行えること、出力の大きいシステムが実現可能であることなどの利点を有しているため、様々なプロセスで用いることが期待されている。

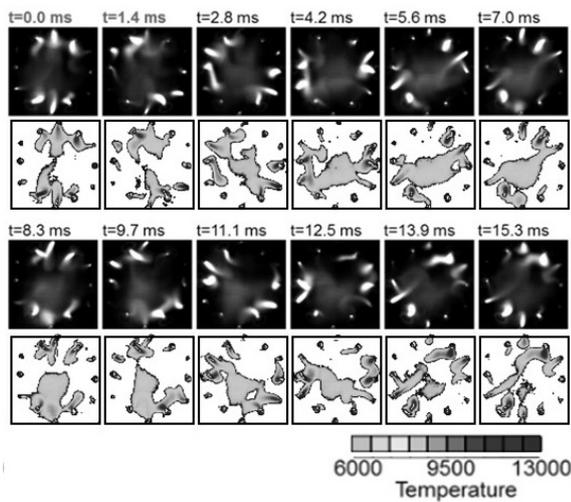


図 5 多相交流アークの高速度写真と温度分布

3. 電極温度の計測

熱プラズマ電極の近傍には高輝度のアークが存在するため、プラズマ現象を可視化することは簡単ではない。プラズマ由来の線スペクトルや連続スペクトルに加えて、電極や反応容器からの熱放射もあるため、観測したい現象だけを見るためには何らかの工夫が必要となる。アークにおける電極現象は、熔融、液滴生成・飛散、蒸発、昇華などの多因子プロセスであるため、放電中の電極温度測定は極めて重要である。

電極表面の温度分布は、分光器やバンドパスフィルターと高速度カメラを組み合わせた算出手法が確立されている。空間分解能と時間分解能を考えると、電極現象の可視化には高速度カメラを用いる方法が適している。従来の分光法と比較すると波長分解能は低くなるが、非定常な対象の可視化に有用である。高速度カメラによる観察は、時間分解能も高く、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ s オーダーの変動を捉えることができる。観測する波長域を選定することで、高い空間分解能を維持しつつ、 10^{2-3} mm²以上の領域における計測も可能である。

赤外線二色放射測温法を用いることによって、直流放電アークの陰極、陽極の温度計測が行われている。赤外線二色放射測温法は、単色放射測温法よりも放射率の変動の影響を受けにくい。放射率 ϵ を用いて単位波長当たり換算した灰色体の分光放射輝度を表すプランクの式を示す。

$$I_{\lambda} = \epsilon \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{k_B \lambda T}\right) - 1} \quad (2)$$

ここで、 h はプランク定数、 c は光速であり、分光放射輝度 I_{λ} は、波長 λ と温度 T の関数であることを示している。式(2)を整理すると式(3)となる。

$$I_{\lambda} = \epsilon \frac{2C_a}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_b}{\lambda T}\right) - 1} \quad (3)$$

放射率が等しいと仮定し、また $\exp(x)$ の x が十分

大きい場合に $\exp(x)-1$ は $\exp(x)$ に近似できることを用いると、異なる波長 λ_1 と λ_2 において式(3)の比をとると式(4)となる。

$$R = \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^5 \frac{\exp(C_b/\lambda_2 T)}{\exp(C_b/\lambda_1 T)} \quad (4)$$

式(4)を T について解くと式(5)が導かれる。

$$T = \frac{C_b(\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_1 \lambda_2} \left[\frac{1}{\ln R + 5 \ln \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)} \right] \quad (5)$$

異なる二波長を選択し、それぞれの発光強度を測定することで式(5)から温度を算出できる。

二色放射测温法によって電極温度測定を行う場合、電極由来の連続スペクトルのみの測定を行うことが重要となる。図6の放電中の電極近傍における発光スペクトルより、785 nm, 835 nm, 880 nm の付近において線スペクトルが存在しないため、これらの波長が二色放射测温法に適切と判断できる。

多相交流アークでは時々刻々とアークが変動するため、電極温度も共に変化する。したがって、高速度カメラにより電極温度の時間変動を計測することで、多相交流アークにおける電極現象の理さ解を深めることができる。アーク光を除去し、放電中の多相交流アーク電極の交流一周期中の二次元電極温度分布を図7に示す。60Hzの交流電源を用いているため、前半8.3 ms間が陽極時、後半が陰極時である。電極温度分布図から、電極先端がタングステンの融点(3,695 K)以上であることがわかる。このような電極の溶融は、溶融部からの液滴飛散や蒸発を引き起こす。

4. 電極消耗現象の可視化

アーク中の様々な発光種の中には、プラズマ由来の発光だけではなく、電極金属であるタングステンの蒸気も含まれている。電極由来の金属蒸気の動的挙動を可視化することによって電極蒸発機

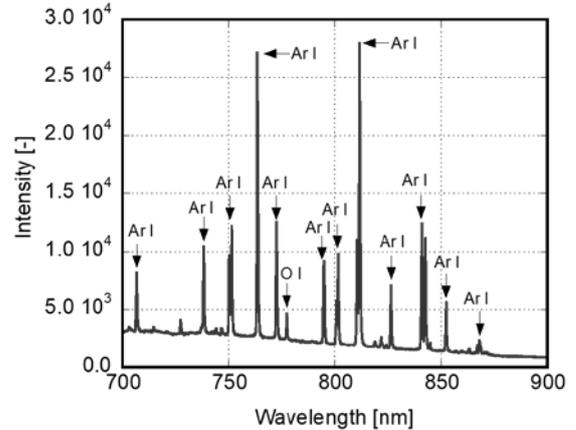


図6 多相交流アーク放電中の発光スペクトル

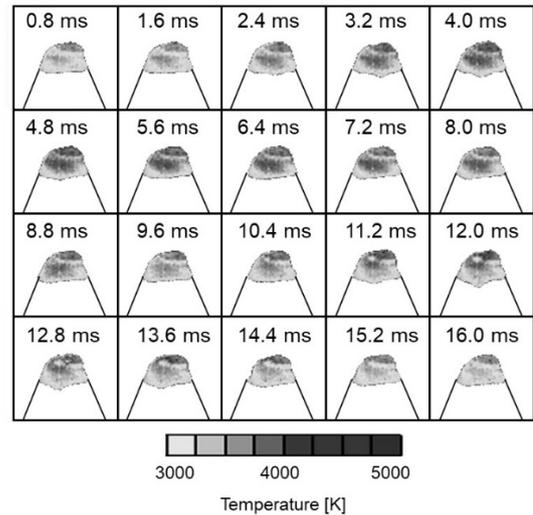


図7 多相交流アークの電極温度分布

構を解明することが可能となる。

準位 k から準位 i の遷移で波長 λ のスペクトル線が発光する場合、そのスペクトル線強度 I_{ki} は一般に式(6)で表される。

$$I_{ki} = \frac{hc}{\lambda} \frac{g_k}{Z(T)} A_{ki} N \exp\left(-\frac{E_k}{k_B T}\right) \quad (6)$$

ここで、 g_k は励起準位 k の統計的重価、 E_k は励起準位 k の励起エネルギー、 A_{ki} は k から i の遷移に対する遷移確率、 $Z(T)$ は温度 T におけるその原子の分配関数、 N は粒子数密度を表す。式(6)を用いて発光強度を評価する際、 \exp 項の温度 T の影響が大き

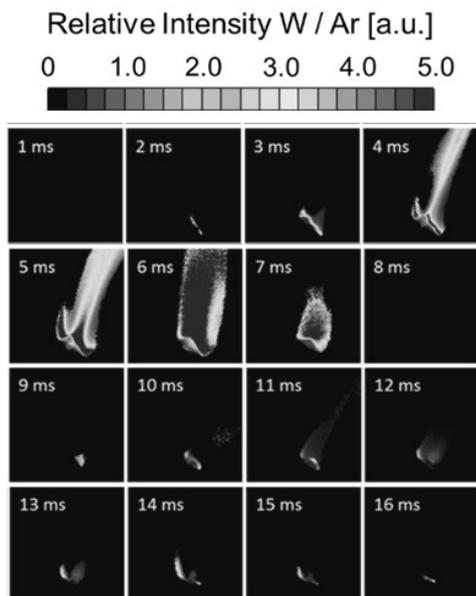


図8 多相交流アーク電極からの金属蒸気発生

いので、アルゴンの発光との発光強度の比を算出することで温度 T の影響を低減させ、タングステン蒸気挙動を評価できる。

タングステン蒸気の相対強度分布の算出の結果を図8に示す[8]。図7と同様に、前半8.3 ms間が陽極時、後半が陰極時である。陰極時にはタングステンの蒸発はあまり生じないのに対して、陽極時にはタングステンが激しく蒸発している様子が鮮明に確認できる。高温のアーク中でイオン化した金属蒸気が、陰極時には電場の影響を受けて蒸気が電極側に戻るためである。さらに陽極時において電極への熱的負荷が大きく、タングステン電極が熔融し、その融液からタングステンが蒸発することも理由である。陽極時の方が電極温度が高くなる結果は電極温度計測でも示されている。

5. 熱プラズマによるナノ粒子合成プロセス

熱プラズマによるナノ粒子合成は、一つのステップで原料供給からナノ粒子合成までを実現する効率的なナノ粒子量産システムであり、産業的に期待されているプロセッシングである。しかし複

雑な組成を持つナノ粒子を大量に生産するには至っていない。プラズマ中でのナノ粒子の合成過程は核生成や凝縮、ナノ粒子間の凝集がミリ秒オーダーで同時に起こり、その制御が困難であることが理由である。

ナノ粒子合成プロセスにおいては、熱プラズマを高温流体として扱うことに意義がある。つまり高温のプラズマ中に原料を吹き込み、プラズマの高温領域で原料を蒸発させ、原料の蒸気は対流や拡散によって熱プラズマの領域を抜け、急激な温度降下に伴い過飽和状態に達して凝縮相が発生する。過飽和状態にある気相種は互いに衝突し合い、均一核生成という段階においてナノ粒子の前駆体の核を形成する。核が形成されると、蒸気はその核に対して凝縮して、大きな粒子へと成長する。熱プラズマにおけるナノ粒子合成プロセスにおいては、核生成を理解することが大切である。詳細は前号の神原による「学生のためのページ」を参考にしていきたい。

DC アークによるナノ粒子の合成: 前述したように材料プロセッシングにDCアークは不適である。しかし金属原料を謡曲としてアークを発生させて、その金属を蒸発させるナノ粒子合成方法はアークの特性を活用した好例であり、産業的にも成功している。

水素を用いるナノ粒子合成方法においては、高温のアーク中で解離した水素が熔融金属表面上の境界層内では水素分子に再結合することなく、ラジカルのまま熔融金属に達する。熔融金属の温度域ではラジカルは分子に再結合するほうが安定なので、熔融金属に到達した水素ラジカルは直ちに水素分子になる。この再結合による発熱によって熔融金属が局所的に加熱されることが、ナノ粒子の生成の促進に役立っている。この現象を活用して大量の金属ナノ粒子を合成する方法が活性プラズマ-熔融金属反応法である[9]。

高温のアーク中で解離した水素は溶融金属において再結合するだけでなく、金属との水素化物を生成し、これが蒸発現象に大きな影響を与える可能性がある。Sn-Ag 合金ナノ粒子の合成において、分光計測によってアークと陽極の境界層に Sn の水素化物である SnH の存在が確認されている [10]。この実験結果は、水素化物の生成によって溶融金属の蒸発が促進されることを示している。また、水素アークによって溶融金属の蒸発が促進されるのは、水素溶解によって溶融金属の活量が変化することが原因となっている可能性もある。

RF 熱プラズマによるナノ粒子の合成：RF 熱プラズマを用いたナノ粒子合成では、幅広い種類と組成に対応することが可能であり、様々な応用分野で使用ができるナノ粒子の合成プロセッシングとして位置づけることができる。RF 熱プラズマを用いたナノ粒子合成については数多くの研究成果が報告されており、そのプロセスは前述の DC アークとは大きく異なる。DC アークが主に蒸発過程によってナノ粒子の組成が決定されることに対して、RF 熱プラズマの場合には冷却過程においてナノ粒子の組成が決定される。

RF 熱プラズマに 2 種類以上の金属粉体を供給した場合には、それぞれの蒸発過程を経て、続いてその高温金属蒸気を急冷することによって、合金ナノ粒子や金属間化合物ナノ粒子へと変換できる。構成元素の飽和蒸気圧が大きく異なる場合でも RF 熱プラズマはナノ粒子合成として有用なツールとなる。共凝縮過程を伴う Mo-Si 系のシリサイドナノ粒子の生成過程は、飽和蒸気圧が低い Mo が先に核生成し、Si はそれより下流でこの核に凝集することによってナノ粒子が生成する。Ti-Si 系の場合は飽和蒸気圧がほぼ等しい系なので、Si が核生成したあと、ほぼ同時に Si と Ti がその核に凝縮する。

6. 熱プラズマによる廃棄物処理プロセス

熱プラズマを用いた廃棄物処理システムとして実用化されている例としては、多くの自治体に設置されている灰溶融施設がある。灰溶融施設とは、都市ごみ焼却炉から排出される焼却灰や焼却飛灰に含まれる重金属類を不溶化し、ダイオキシン類を分解して無害化するための施設である。

我が国にはかつて 50 基以上のプラズマやアークによる灰溶融施設があり、このような多数の灰溶融施設が設置されていることは世界的にもまれな例であった。設備更新にともない、その設置数は減っているが、灰溶融プロセスは熱プラズマが有する高温という特長を活用しているプロセスの代表例である。

他にもプラズマ溶融技術は医療廃棄物処理として実用化された。このシステムでは廃棄物を無酸素状態で熱分解し、残った炭化物、注射針、ビン類等をプラズマ加熱により安定なスラグに溶融固化させるものである。低レベル放射性廃棄物の減容化、PCB 汚染物の処理も実用化の例であり、熱プラズマの溶融技術のひとつである。

熱プラズマによる廃棄物の処理では、分解が瞬時に行われる高温領域でのプロセスよりも、プラズマ下流の低温領域で再結合反応を抑制するプロセスが重要となる。燃焼反応も高温を利用するという点では熱プラズマと類似の有機物分解プロセスであるが、燃焼プロセスでは燃焼ガス中に生じる物質によって目的反応が阻害されてしまう。熱プラズマではそのような作用がないことが特長である。

熱プラズマの化学的な特長を活かした廃棄物プロセスとしては、オーストラリアで開発された PLASCON システムがある。プラズマジェットに水蒸気を噴射することによりフロン分解を行うプロセスである。PLASCON システムでは、酸素とともに PCB を吹き込むことにより、PCB を処

理するプラントにも展開されている。この方法によって三菱化学四日市事業所で保有されていた968トンのPCB(濃度約50%)が2005年に処理されている。

水蒸気プラズマの特長を活かしたプロセスとして、北九州市のエコタウンに設置されていたRF熱プラズマによるフロン分解プラントがある。図9の左上で白く光っているのが大気圧で発生した水蒸気RF熱プラズマである。このプラントの特徴は、フロン回収事業所においてフロン分解までのすべてを行うことであり、フロンを移動する際のフロン拡散の危険性の低減や、輸送によるCO₂排出量をなくすることができる。

7. 今後の熱プラズマプロセッシングの課題

熱プラズマの高温という特長を利用する産業応用としては、溶接や溶射があり、最近はナノ粒子合成や廃棄物処理への応用も広がりつつある。しかし熱プラズマは、高温かつ高輝度であるので、プラズマ中の素過程を明らかにすることは極めて



図9 水蒸気RF熱プラズマによるフロン分解プラント

困難である。そこで強力なツールとなるのが特定波長のみ透過する光学バンドパスフィルターと高速度カメラを組み合わせたシステムである。これにより、ナノ粒子生成過程、有機物の分解過程や、放電現象、電極に関連する物理・化学現象を明らかにすることができる。

熱プラズマを電磁粘性流体として取り扱った数値シミュレーションと組み合わせることで、熱プラズマをブラックボックスのまま道具として用いるのではなく、基礎現象を真に理解して応用することができる。

今後は熱プラズマの高温効果に加えて、非平衡効果を活用することによって、工業生産技術につながる材料プロセッシングの新たな展開が拓かれることを期待する。

参考文献

- [1] T. Watanabe, et al. *Thin Solid Films* 515 (2007) 4209.
- [2] N. Sakura, et al., *Proc. 15th Inter. Conf. Fluid Dynamics* (2008) OS5-10.
- [3] Z. Duan and J. Heberlein, *J. Therm. Spray Technol.* 11 (2002) 44.
- [4] T. Yoshida, et al. *J. Appl. Phys.* 54 (1983) 640.
- [5] T. Ishigaki, et al., *Appl. Phys. Lett.* 71 (1997) 3787.
- [6] T. Watanabe, et al., *Plasma Chem. Plasma Process.* 34 (2014) 443.
- [7] T. Okuma, et al., *IEEE Trans. Plasma Sci.* 47 (2018) 32.
- [8] M. Tanaka, et al., *Jpn J. Appl. Phys.* 55 (2016) 07LC01.
- [9] 宇田雅広, *日本金属学会会報* 22 (1983) 412.
- [10] M. Tanaka and T. Watanabe, *Jpn J. Appl. Phys.* 52 (2013) 076201.

テキサス州 オースティン滞在記

東京エレクトロン宮城株式会社 福永 裕介

はじめに

東京エレクトロン株式会社は社員数1万人を擁する世界有数の半導体製造装置メーカーです。そのグループ会社の中で、プラズマエッチング装置の研究、開発を担当する東京エレクトロン宮城は20年間以上にわたって、私の所属していた名古屋大学の堀研究室と共同研究をおこなっています。一昨年、東京エレクトロンの新しい試みとして学生を海外へ派遣する研究インターンシッププログラムのお話をいただきました。このような縁があって私は名古屋大学大学院工学研究科の博士後期課程に在籍中、2017年8月中旬から2018年3月末までの約7ヶ月間、アメリカ合衆国テキサス州オースティンにあるTokyo Electron America, Inc.のDr. Peter Ventzek 率いるAustin Plasma Lab. (APL: 現 Concept and Feasibility Lab.) に滞在しました。私は大学では実験的なアプローチで研究を進めていましたが、ここでは計算的なアプローチを学びました。結果については現在執筆中の論文を後日ご高覧いただきたく思います。本稿では、期間中の出来事と学生からみた会社についての率直な感想などをご紹介します。

オースティンとAPL

オースティンはアメリカ中南部に位置するテキサス州の中央部に位置します。テキサス州の州都であり、州議事堂を中心として、高層ビルや繁華街が広がっています。反面、すぐそばを穏やかに流れるコロラド川周辺には自然公園や、川をせき止めたプール、さらには遊歩道などが点在する自然豊かな街でもあります。川沿いの遊歩道では、

夕方や休日に老若男女問わずランニングや愛犬との散歩を楽しむ人で非常に賑わいます。ロックやブルースを中心とした音楽も盛んで、滞在していたホテルのそばにあるレストランでは毎週のようにライブを楽しむことができました。一方、車で30分も走れば、人もほとんど住んでおらず、街灯もないような荒野が広がっていますが、最近ではオースティンの人口増加に伴って街自体も外側に向かって開発が進んでいるそうです。



写真1 オースティンの中心街

オースティンにあるTokyo Electron America, Inc.は東京エレクトロンの現地法人で、米国におけるサービスおよびセールスサポートをおこなっています。オースティンの中心部から車で15分程度の場所にあり、アメリカらしく広々とした土地に横に長いブーメラン型の2階建ての建物です。ここでの現在の業務は事務作業や打ち合わせが中心となっており、建物の大部分は個人のデスクと会議室で構成されています。APLはそんな事務スペースの一角にある実験室、マシンショップを有し、大学の研究室にあるような装置を数台所有し

ている研究グループです。このような小さな研究グループでしたが、種々のプローブ技術や発光分光法、赤外分光法によるプラズマの評価を中心とした基礎研究から、マイクロ波放電の着火性や安定性を著しく向上させる電源・整合回路システムや新規プラズマ源、イオンエネルギーアナライザなどの製品やその評価へ適用するレベルの開発まで、比較的自由的なテーマで幅広い業務を遂行しています。

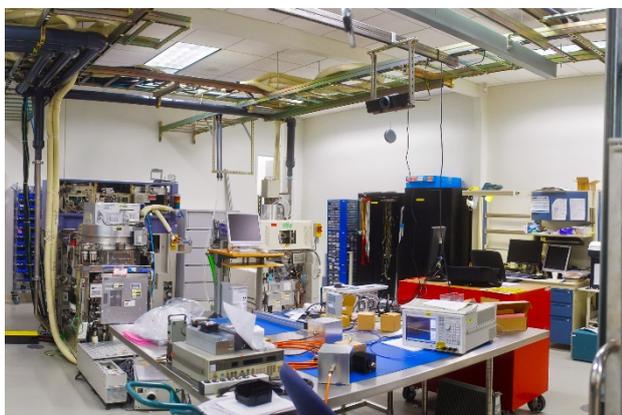


写真2 APLの実験室

APLでの研究活動

私のインターンでの研究テーマは、気相（プラズマ）のシミュレーション、第一原理計算を用いた表面反応のシミュレーション、さらに実験により、有機物の酸化（エッチング）メカニズムを追究するものでした。従来、第一原理計算においては、その計算量の多さから現実に近い大きな表面をシミュレーションすることが困難でした。近年の半導体デバイスと計算科学の発達により比較的大きな表面を現実的な時間で計算することが可能となってきています。シミュレーションは実験結果と比較することで実験のみでは得られない知見を得ることができ、実験とシミュレーションを組み合わせる手法は今後のプラズマ技術の発展において非常に重要です。[1]

私の APL での最初の仕事は、有機物の酸化に

関する論文の調査、実験方法の考案、および実験に使用する治具の設計図草案の作成でした。今回考案した実験は、Ar イオン銃と電子銃を有機物にそれぞれ照射し、脱離した粒子の質量を分析するといったものでした。電子やイオンを有機物に入射すると、表面付近に存在する原子（例えば OH や H）が脱離することが報告されています。[2,3] これを質量分析器で検出することができれば、表面に存在する官能基種の推定ができると考えました。また信号のイールドや経時変化などから、酸化度合いや酸化深さが見積れる可能性もあります。この実験のため、APL 所有の真空チャンバに質量分析器やイオン銃、電子銃を取り付ける治具の設計図草案を作成しました。

実験の考案と治具の設計にあたって、イオンや電子を有機物に照射したときの反応、特にイールドに着目して文献を調査しました。また、表面に存在する原子数の概算やエッチングイールドなどから、反応生成物のフラックスなどを見積もり、手持ちの質量分析器で生成物を検出することが可能か、何度も打ち合わせをおこない慎重に検討しました。実は大学ではここまで試算を重ねた経験はなく、多くの時間がかかってしまいましたが、検出できそうだという結論が得られました。

続いて治具の発注のための詳細な設計に移りました。この設計は APL に所属する設計チームの一人に担当していただきました。非常に残念でしたが、納期の都合上、インターンの期間内に実験をおこなうことはできませんでした。しかし、実験の目的から装置を考案し、設計から携わったことは、基礎的なプラズマの見識を広げる意味でも、企業の研究方法を学ぶ意味でも大変貴重な経験になったと思います。

実験の計画や治具の設計と同時に、酸素プラズマによる有機物の酸化種の推定や有機物表面上の反応の検討をシミュレーションでおこないました。

私にとってシミュレーション全般は全くの未知の領域でした。プラズマのシミュレーションと第一原理計算を実行するソフトウェアは、両方共Linux上で動作する市販のものを使用しました。幸いにも個人的にLinuxを扱ったことがありましたので、OSの操作ではさほど苦勞はありませんでしたが、ソフトウェアの入力ファイルをプレーンテキストでつくったり、結果を処理してまとめたり、結果の妥当性を検討したりすることには時間を要しました。結果についてDr. Peter Ventzekらと頻りに打ち合わせを行いました。特に結果の妥当性を検討することに多くの時間を使いました。具体的にはプラズマのシミュレーションでは電極間のポテンシャルの経時変化や電子密度を理論値、文献値などと比較して計算に間違いがないかを検討する、といった方法です。現在、推定した主な酸化種のフラックスや表面反応の計算結果および、実験結果を比較することでさらに妥当性を検討しながら、論文にまとめています。

現地の人とのコミュニケーション

学生だった私が滞在中に最も苦勞したことの一つは、やはり語学でした。幸いにも大学の研究室には英語圏から来た研究員や留学生がいましたので、日常生活ではあまり困らない程度の英語は習得しておりました。しかしながら、研究に関する、まして企業の方との打ち合わせでは、相手の言っていることを正確に理解し、自分の意見をすばやく伝えることが求められます。なんとなく伝わればよい日常会話とは勝手が異なるためたいへん苦勞しました。滞在中に、研究員の一人に「分からないことは何度でも繰り返して説明するから、何度でも聞き直してほしい」とアドバイスをいただきました。その時は目から鱗が落ちる思いでした。アドバイス以降は、聞き取った内容はできるだけ自分の言葉にして確認するようにしました。この

ように言葉にしてみると「分からなければ質問する」という当たり前のことができていなかったと実感します。このことは英語によるコミュニケーション力の向上の一助になったと思います。

Dr. Peter Ventzekのはからいで、プラズマのシミュレーションの分野で非常に著名なミシガン大学のMark Kushner先生とその研究室の学生に、私の研究を紹介する機会を設けていただきました。訪問したのは数時間程度でしたが、学生は初対面にもかかわらず非常にフレンドリーで、昼食時には気軽に会話を楽しみ、研究紹介では、発表が終わった後にも多くの質問をいただきました。日本の大学では、間違いを恐れてあまり質問をしない雰囲気の日頃から感じておりましたが、米国ではそのような雰囲気は全くありませんでした。発表や議論に積極的に参加する雰囲気をつくるのが、学生ながら、日本の教育現場の課題であると感じました。

就業後のビーチバレー

会社の周りにビーチはありませんでしたが、ビーチバレーができるコートが整備されていました。天気が良いと、就業後に年齢や性別を問わず社員と家族が集まって、ビーチバレーを楽しんでいました。夏にはチームを組んでのトーナメント戦が開催されます。私がオースティンに来たのは開催



写真3 ビーチバレーを楽しむ社員

直後だったので参加登録はできませんでしたが、欠員が出たチームに参加させていただきました。高校時代はバレー部に所属していたので、その試合では見事に活躍することができました。トーナメント戦の最後には優勝チームやプレイヤーの表彰がおこなわれ、私は試合（トーナメント）に途中参加して活躍したということから、バスケットボールが由来の「6th Man」という賞をいただきました。一緒にビーチバレーをした社員たちとは、オフィスの廊下で会ったときに実験の話をして、解決策を検討することもありました。年齢や性別を問わず一緒になってビーチバレーを楽しむことで、社員同士の親睦は深まり、普段の業務についての質問や意見を言いやすい雰囲気が出来上がっていると感じました。

おわりに

この春からインターン先のグループ会社である東京エレクトロン宮城で働いています。今回のインターン期間中の大変貴重な経験は、半導体デバ

イスの発展とともに成長し、さらに 真のグローバルカンパニーを目指し活動するこの会社で生かせることは間違いありません。会社のみならず日本の半導体製造技術を牽引できる研究者、技術者になれるようにこれからも精進していく所存です。

最後になりますが、名古屋大学でご指導いただいた堀 勝 教授、関根 誠 教授をはじめとする堀研究室の皆さま、実際にご指導いただいた Dr. Peter Ventzek、APL のメンバー、インターン全般に関するサポートをしてくれた東京エレクトロン人事部、および出会ったすべての皆さまに多大な感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] J. J. Véghe, et al., J. Appl. Phys. **104**, 034308 (2008).
- [2] S. Massey, et al., J. Appl. Polym. Sci., **108**, 3163 (2008).
- [3] L. Zhang, et al., Mater. Chem. Phys. **54**, 98 (1998).

スパッタエピタキシーによるサファイア基板直上への In-rich $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ 膜の作製

九州大学 宮原奈乃華, 山下大輔, 鎌滝晋礼, 中村大輔,
古閑一憲, 白谷正治, 板垣奈穂

研究背景

エキシトントランジスタは、半導体量子井戸内に生成されたエキシトン（クーロン力で緩く束縛された電子-正孔対）をキャリアとする新しい原理の E/O 変換デバイスである。光励起により生成したエキシトン流をゲート電圧によりスイッチングし、ドレイン領域でそれらを再結合させることで光信号に変換する。エキシトントランジスタは、①素子サイズが極めて小さい（従来 E/O 変換器の 1/1000 以下）、②Si CMOS 回路とのモノリシック集積が可能、③チャネル膜厚が数 nm と薄く、低電圧駆動が可能、という 3 つの特長を有し、従来 E/O 変換では不可能であった高集積化と高速化を同時に実現する革新的 E/O 変換デバイスである。このようなエキシトントランジスタを実現するためには、半導体材料のエキシトンの制御が非常に重要である。GaAs のような従来材料を用いた場合、GaAs の励起子束縛エネルギー (4.3 meV) は室温の熱エネルギー (26 meV) よりも小さいため、エキシトントランジスタは極低温 (>125K) でしか動作せず、実用化の目途は立っていない。そこで筆者らはウルツ鉱型の結晶構造を有する ZnO と InN の擬 2 元系混晶である新規半導体材料 ZION を開発している [1-3]。ZION は組成比制御によりバンドギャップを 1.0-3.4 eV まで広範囲にわたり変調可能である。また、高いキャリア移動度 (~100 cm²/Vsec @室温) を有し、高い励起子束縛エネルギー (30-60meV) を実現可能であるため、エキシトンデバイスのための有望な半導体

材料となっている。これまでに、スパッタリングプラズマ中のラジカル計測結果に基づいた緻密な組成制御により ZnO テンプレート上への ZION のヘテロエピタキシーに成功している[4-6]。しかし、バルク ZnO や ZnO テンプレートのような ZION 用の格子整合基板は高価であるため、低コストで大面積基板が入手可能なサファイア基板上への ZION 膜スパッタエピタキシーの実現を目的とした。しかし、ZION との格子不整合率 (18-29%) が大きく高品質単結晶 ZION 膜の作製は困難である。格子不整合率が大きい系のエピタキシャル成長としては赤崎、天野らによって報告されたサファイア基板上 GaN (格子不整合率 16%) が挙げられる[7-9]。サファイア基板上に GaN を成長させる際、サファイア基板上に低温バッファ層を形成し、低温バッファ層上に GaN を結晶成長させることで単結晶 GaN を得た報告例である。この過程において核形成が重要である。そこで本研究では核形成制御による点欠陥発生の抑制を行うことで、ZION 膜の高品質スパッタエピタキシーの実現を目指した。具体的には ZION 膜作製時の基板温度を制御することで成長初期の核形成制御を試みた。

研究内容

ZION 膜は RF マグネトロンスパッタリング法で作製した。基板には c 面サファイアを用いた。ターゲットは ZnO と In を用い、スパッタリングガスとして Ar, O₂, N₂ を使用した。ガス圧力は

0.50 Pa, 基板温度は室温 (RT)および 450°C とした。ZION 膜の膜厚は RT で 410 nm, 450°C で 377 nm とした。ZION 膜組成は $(\text{ZnO})_{0.70}(\text{InN})_{0.30} - (\text{ZnO})_{0.97}(\text{InN})_{0.03}$ とした。

はじめに作製した ZION 膜がサファイア基板に対してエピタキシャル成長しているか確認した。図 1 に基板温度 450°C および室温にて作製した ZION 膜の X 線回折 (101)面 ϕ スキャンを示す。 ϕ スキャンにおいて六回対称性を示すピークが明瞭に観察された。すなわち、450°C で作製した ZION 膜は、サファイア基板に対しエピタキシャル成長している。

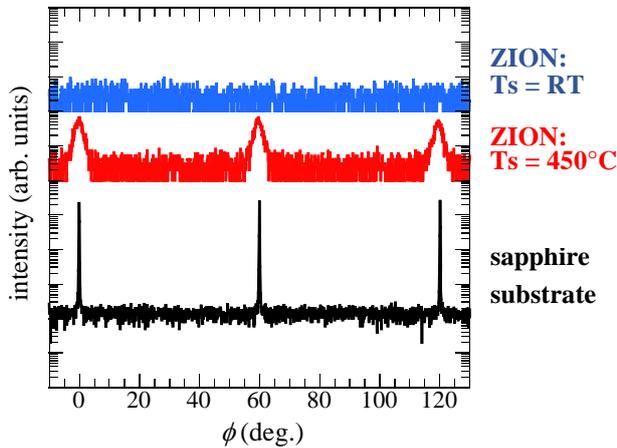


図 1. ZION 膜の XRD (101) ϕ スキャン.

次に ZION 膜の結晶成長様式を明らかにするため、ZION 膜の表面モフォロジー時間発展の観察を行った。図 2 に表面 AFM 像から求めた膜厚ごとの RMS ラフネスを示す。室温で作製した ZION 膜の RMS ラフネスは膜厚の増加に伴い徐々に増加している。RT 成膜では典型的な 3 次元成長をしていると考えられる。一方で、450°C で作製した ZION 膜の RMS ラフネスは換算膜厚 6 nm で極大値となり、その後膜厚の増加に伴い RMS ラフネスが減少し、原子レベルで平坦な膜に成長した。基板温度 450°C では 3 次元島から 2 次元成長に移行したことが示唆された。

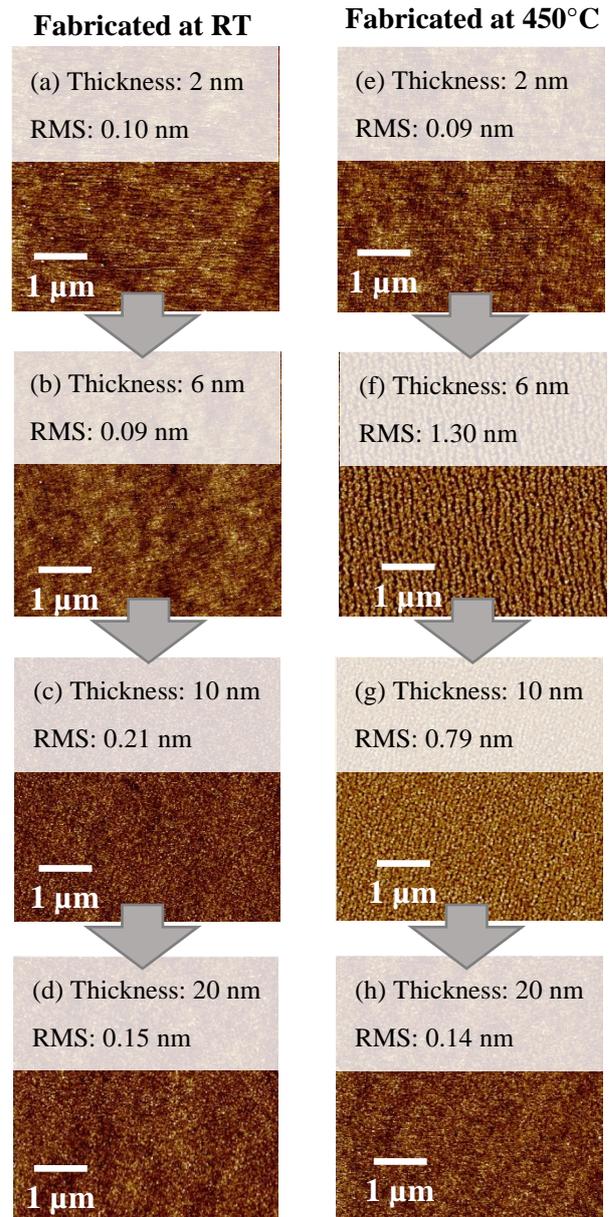


図 2. ZION 膜の表面 AFM 像.

図 3 に表面 AFM 像から求めた表面高さ分布を示す。室温で作製した ZION 膜の高さ分布は膜厚の増加に伴い徐々にブロードになっている。RT 成膜では典型的な 3 次元成長をしていると考えられる。一方で、450°C で作製した ZION 膜の高さ分布は換算膜厚 6 nm で極大値となり、その後膜厚の増加に伴い再びシャープな高さ分布となった。

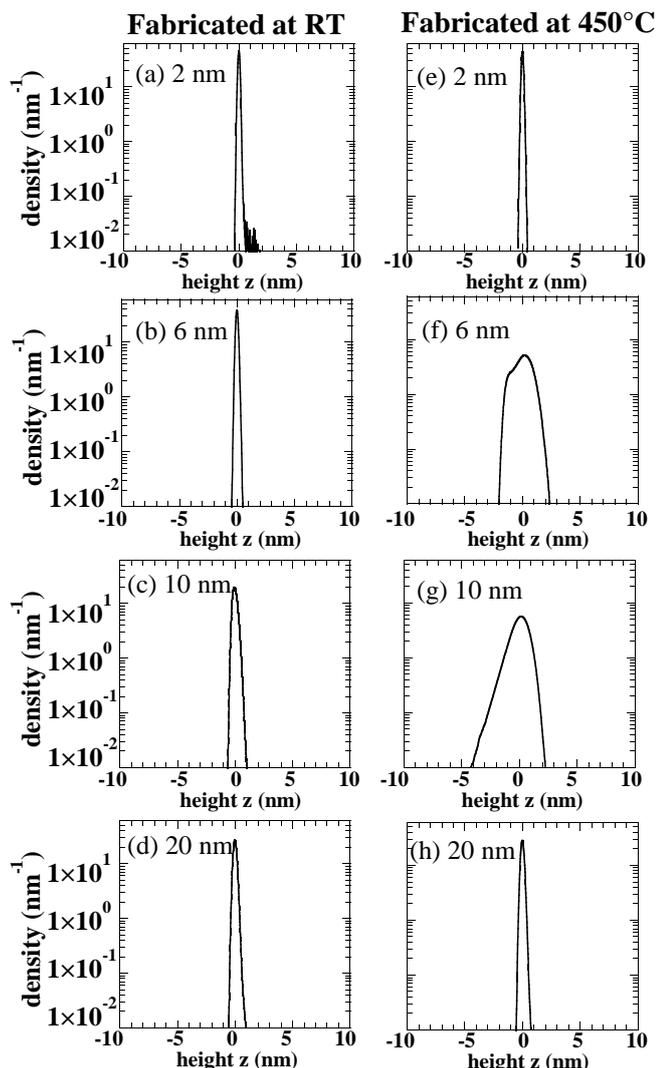


図 3. ZION 膜の表面高さ分布.

この過程では、まず初期核形成が起こる。高さ分布のピークがシャープなため高さが均一な核形成が起きていると考えられる。次に、膜厚の増加に伴い高さ分布がブロードになる。このとき、高 Z 成分と低 Z 成分が観察される。この結果より成長速度が速い結晶面と遅い結晶面が同時に存在していることが示唆される。最終的にはサファイア基板に対して面方位が揃った結晶面が優先的に成長・融合したことでエピタキシャル成長が実現したと考えられる。この過程で 3 次元島から 2 次元成長への遷移が起こるメカニズムはまだ明らかにされていないが、結晶成長初期における核形成の

精緻な制御が格子不整合基板への ZION 膜エピタキシャル成長の鍵であるといえる。今後は、初期核形成とその成長・融合を精緻に制御し ZION 膜の更なる高品質化を実現したいと考えている。

謝辞

この度は、応用物理学会講演奨励賞という大変名誉ある賞を賜りましたこと、誠にありがとうございました。審査委員の先生方をはじめ関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。また、本研究を進めるにあたり、白谷正治教授 (九州大学)、板垣奈穂准教授 (九州大学) に多くのご指導を賜りました。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] N. Itagaki, et al., U.S. Patent No. 8274078 (2008).
- [2] N. Itagaki, et. al., Mater. Res. Express 1, 036405 (2014).
- [3] K. Matsushima, et. al., IEEE Trans. Plasma Sci. 45, 323 (2017).
- [4] K. Matsushima, et al., MRS Adv., 1, 115 (2016).
- [5] N. Itagaki, et al, Mater. Sci. Forum, 941 2093 (2018).
- [6] N. Miyahara, et al, Mater. Sci. Forum, 941 2099 (2018).
- [7] I. Akasaki, H. Amano, Y. Koide, K. Hiramatsu and N. Sawaki, *J. Cryst. Growth* 98, 209 (1989).
- [8] H. Amano, I. Akasaki, K. Hiramatsu and N. Koide, *Thin Solid Films* 163, 415 (1988).
- [9] H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki and Y. Toyoda, *Appl. Phys. Lett.* 48, 353 (1986)

アーク放電処理気体による養殖魚の成長促進効果

愛媛大学 福島諒, 池田善久, 神野雅文

序論

世界の水産資源生産量は年々増加傾向にあり、2016年の総生産量は2億224万トンとされている。しかしその内訳は、漁船漁業による生産量は2000年頃をピークに緩やかに減少している反面、海面養殖業および内水面養殖業による生産量は増加傾向にあり、2016年には総生産量の54.5%に達している。持続可能な水産業の確立には、養殖業の拡大が不可欠である一方、生産コストの増加という大きな問題がある[1]。

日本の水産業は高い養殖技術を有しているが、養殖魚の育種や品種改良については、農業作物や家畜のように行われていない。これは養殖の対象となる魚種の性成熟には数年から十数年を要するため、農作物などで行われる世代を重ねる選抜育種は、時間がかかりすぎるためである[2]。近年品種改良を経ずに成長促進を実現する研究が報告されている。例えば特定波長の光を照射する方法[3]や、水温上昇による方法[4]などが報告されている。光照射や温度の制御には一定の効果があるが、養殖用水槽に対して光を長時間魚に照射し続ける方法や、水温を上昇させる方法は、大規模設備が必要であり、ランニングコストの問題も解決できておらず実用化には至っていない。

放電による成長促進技術について、飯塚らはオゾンナイザー放電により生成されたオゾン処理空気を水槽に供給し、金魚の成長に及ぼす効果について報告している。その報告によると、オゾン処理水中の金魚は活発に運動し餌をよく食べ、未処理の空気を水槽に供給した場合と比べ、体長で約2倍、体重で約4倍の差が見られたと報告している

[5]。しかし、なぜ食欲促進効果が起こるのか、オゾンが金魚にどのように作用して成長促進が起きたのかは、明らかにされていない。

本研究は、放電処理気体の成長促進効果を実際の養殖魚を用いて再確認するとともに、成長促進のメカニズムを明らかにすることを目的として実施された。大気圧アーク放電によって生成される活性種のなかでも、一酸化窒素(NO)に着目した。NOは創傷治癒に効果があることが報告されており[16,17]、細胞や組織の活性化作用が期待できるためである。そして給餌量による成長のバラツキを無くすため、給餌量を食べ切れる量で一定とした条件で、水槽に供給したアーク放電による生成気体が飼育魚の生育速度に与える影響を評価した。

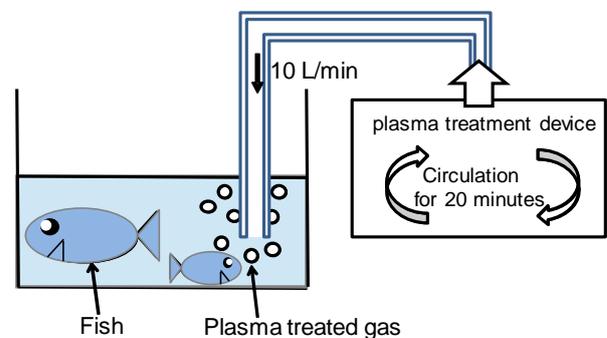


図1 アーク放電処理気体を用いた実験の概略図

実験方法

真鍮丸棒電極をギャップ長3.0 mmで対面させ、高電圧を印加することでアーク放電を生成した。2対の電極が4組並列に並んだ円筒のリアクタを作製した。電極のギャップ長は3.0 mmとした。

放電回路は、直流電源と 1.1 nF のコンデンサ、50 MΩ の抵抗、リアクタが並列接続された構成とした。印加電圧は 7.2 kV とした。コンデンサの充放電による放電周波数は、実測値で 243.43 Hz となった。アーク放電を生成し、リアクタ内を毎分 10 リットルの流量で 20 分間気体を循環した後、アーク放電処理気体を水槽に供給した。供給時間は 0.5 分、2 分、5 分、15 分の 4 種類とし、供給回数は 1 日に 1 回とした。

アーク放電処理により生成される一酸化窒素 (NO) とオゾン (O₃) 濃度を、気体検知器 (ガステック:GV-100S) を用いて測定した。NO の測定には窒素酸化物分離定量用気体検知管 (ガステック: No.10, 測定範囲 2.5~200 ppm) を、O₃ の測定にはオゾン測定用気体検知管 (ガステック: No.18, 測定範囲 4~400 ppm) を用いた。供給時間毎の濃度変化を測定し、供給時間で積分することで、供給量を求めた。

成長促進評価にはナイルティラピアを用いた。20 リットル水槽に各 4 匹飼育し、アーク放電処理気体の供給を週齢 15 週より開始し、37 週齢になるまで 1 週間毎に体長を測定した。濃度 0.1 % (2N) の麻酔剤 (林純薬工業: 2-フェノキシエタノール) を使用し、麻酔により動かなくなった個体の体長を、ノギスを用いて測定した。給餌量は各水槽 3 g/日とした。餌は日清丸紅飼料「おとひめ」を使用した。

実験結果

表 1 にアーク放電処理気体の供給時間と NO の濃度および供給量を示す。O₃ は全ての条件で検出されなかった。NO 濃度は水槽への供給開始直後が最も高く、供給時間とともに減少した。

次にアーク放電処理気体の供給時間を、0 分 (コントロール)、0.5 分、2 分、5 分、15 分の 4 条件で、ナイルティラピアの週齢が 15 週齢から 31 週

齢までの成長率の評価結果を図 2 に示す。アーク放電処理気体を供給していないコントロールの場合、魚の体長増加につれて成長率が低下した。アーク放電処理気体の供給時間が 0.5 分および 2 分の場合、個体の体長増加による成長率の低下は無く、成長率の変化はほぼ横ばいとなった。そして NO の供給時間が 5 分および 15 分の場合、個体の体長増加とともに成長率も増加している。この成長率の変化は、コントロールとは大きく異なっているため、アーク放電処理気体の供給によって成長率が増加することが確認された。一方で、体長が 5 cm 程度の若い週齢時では、アーク放電処理気体の供給時間が 5 分と 15 分の条件の場合、成長率がコントロールと比べて半分程度に抑制されていることも確認された。

表 1 アーク放電処理気体中 NO 濃度と供給量

Supply time/min	Concentration /ppm	Cumulative amount/g
Non-treat	0	0
0	200	0
0.5	170	0.9
2	80	3
5	60	5.9
10	50	7.7

考察

実験結果より、体長が大きい場合でも、NO 供給量が多いほど高い成長率を維持すると考えられる。これは NO による血管拡張作用の働きにより、成長ホルモンの分泌促進、免疫機能の向上、脂質代謝の促進などが引き起こされたためだと考えられる [6, 7]。一方で体長が小さい若い週齢の場合、血管の過剰な拡張が血圧低下を引き起こす可能性がある。体の細胞が十分な血液を受け取れなくなり、酸素欠乏等による細胞の機能障害などが起こったため、成長が抑制されたと考えられる。

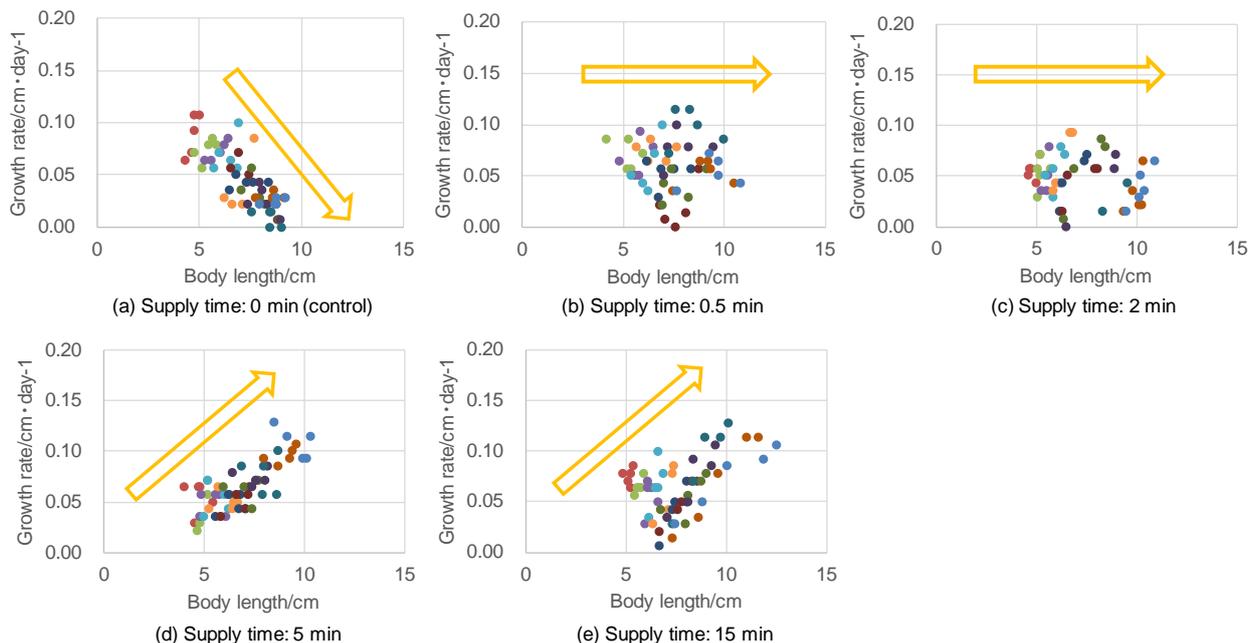


図2 アーク放電処理気体の供給時間別のティラピア体長と成長率

まとめ

本研究では大気圧アーク放電を用いて NO を生成し、その生成気体を水槽に供給することで、養殖魚の成長速度に及ぼす影響を評価した。その結果、以下の知見を得た。

- アーク放電処理気体を供給した個体について、成長率の増加を確認した。
- 体長が小さい若い週齢では、アーク放電処理気体を供給していない未処理の個体(コントロール)の平均成長率が高く、アーク放電処理気体を供給した個体の成長が抑制されることを確認した。
- 33 週までの間で体長が最大となったのは、アーク放電処理気体の供給時間が 15 分の条件であった。
- アーク放電処理気体の供給時間と NO 供給量は相関があり、NO の血管拡張作用により成長ホルモンの分泌促進、免疫機能の向上、脂質代謝の促進などが引き起こされることにより、高い成長率を維持していると考えられる。

文献

- [1] 農林水産省; “平成 29 年度水産白書” (2017)
- [2] 木下政人; 化学と生物, 53, 7 (2015) pp.449-454
- [3] 高橋明義 他; 日本水産学会誌, 79, 5 (2013)
- [4] 渡辺幸彦; 海生研ニュース, 68, (2000) pp.4-5
- [5] 飯塚 哲; 平成 9~10 年度科学研究費補助金研究成果報告書, (1998)
- [6] 吉村哲彦; “NO 一酸化窒素—宇宙から細胞まで—”, (共立出版, 1998)
- [7] 日本化学会編; “NO-化学と生物-”, (学会出版センター, 1998)

謝辞

本研究は四国電力株式会社「将来の電気事業に役立つ技術シーズ発掘に向けた研究」の助成によって行われた。

国際会議報告

11th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials / 12th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2019/IC-PLANTS2019)

名城大学 伊藤昌文

ISPlasma は、東海広域ナノテクものづくりクラスター事業の一環として、当地域に国際競争力を有する先進プラズマナノ科学研究拠点を形成するために 2009 年から毎年開催されている国際会議で、今回は 11 回目の大会となった。プラズマ分野で長い歴史と研究実績を有する東海地域に国内外から優れた研究者が集い、先進プラズマ科学、窒化物半導体、ナノ材料への応用、産業界への技術移転の仕組み作りについて広く議論するとともに、最新の研究成果を発表して分野を超えて活発に情報交換を行う場となっており、プラズマを中心とする異分野交流の国際会議として認知されている。一方、IC-PLANTS は、本邦唯一の産業応用プラズマセンターである名古屋大学大学院工学研究科附属プラズマナノ工学研究センターが主催する国際会議として 2008 年から毎年開催されており、半導体 プロセスからバイオ応用まで多様なプラズマプロセス技術と、プラズマの生成・計測・シミュレーションなど先進プラズマ科学に関して熱心な議論が繰り広げられてきた。2014 年からはこの 2 つの国際会議の合同シンポジウムとなり、先進プラズマナノ科学、および ナノ材料、窒化物半導体に加え、医療・農業などのバイオ分野までも包括的に対象分野とし、2019 年 3 月 18 日から 4 日間にわたり名古屋工業大学において、組織委員長・宮崎誠一 教授(名古屋大)、実行委員長・種

村真幸 教授 (名工大)、プログラム委員長・関根誠 教授(名古屋大)という体制で開催された。プラズマを中心としてその応用分野の窒化物半導体やナノ材料、バイオ分野を 1 つの学会で議論できることから、数多く国際会議がある中で、プラズマを中心とする異分野交流の国際会議として認知されつつある。今回は、世界 21 ヶ国から 439 名の参加があった。近年はアジアの国際会議という位置付けが定着し、台湾、韓国などの東アジアからの参加が全体の 3 割近くを占めた。また、全発表件数は 367 件であった。

本会議の前日(3月17日)にチュートリアルが実施された。若手への基礎知識の供与に加えて、異分野の理解を深め、分野間融合による新たな価値創造を目的としている。プラズマ科学・窒化物半導体・ナノ材料・バイオ応用の各々の分野で活躍する研究者やベテランにも有意義となるよう、基礎から最先端の動向を含んだ講義が行われた。チュートリアル講師は以下の通りである。

プラズマ科学：渡辺隆行 教授 (九州大学)、窒化物半導体：橋詰 保 教授 (北海道大)、ナノ材料：Uroš Cvelbar 教授 (Jožef Stefan Institute、Slovenia)、バイオ応用：Alexander Fridman 教授 (Drexel 大、USA)。

初日午前は、組織委員長・宮崎誠一 教授 (名古屋大) による開会挨拶に続いて、Davide Mariott

教授 (Ulster 大、UK) による基調講演 "Atmospheric Pressure Plasmas for Next Generation Energy Materials"、Hans-Robert Metelmann 教授 (University Medicine Greifswald, Germany) による基調講演 "Plasma and Cancer On the Way to Evidence Based Medicine"、および Gyeong S. Hwang 教授 (University of Texas, USA) による基調講演 "Accelerating Materials Discovery and Process Optimization via High-Performance Computing" が行われた。午後からは、3つの口頭講演の会場にわかれて、窒化物半導体、ナノ材料、バイオ応用のそれぞれのセッションで、招待講演と一般講演による最新の話題に対して専門性の高い活発な議論が繰り広げられた。これと並行してポスター講演会場ではプラズマ科学に関する発表が行われ、活発な議論が行われた。

2日目以降はナノ材料とバイオ応用に関するポスター講演が行われ、その他3つの分野の招待講演と一般講演がパラレルセッション方式で行われた。本会議の特徴は、分野間融合セッション(トピカルセッション)である。2日目午後の GaN と Si プロセスへの応用を集めた「Current Status and Future Perspective of GaN/Si Technology」では、Yang Liu 教授 (San Yat-sen 大、台湾)、Qian Sun (Chinese Academy of Sciences、中国) による招待講演が行われた。

3日目には、分子科学研究所所長 川合眞紀氏によるプレナリー講演 "NOVEL FEATURE OF MOLECULES Induced by the Interaction with Substrate" が行われた。午後には2つ目のトピカルセッション「Recent Progress in Plasma Medicine」でプラズマ医療応用に関する最新の動向について、Jean-Michel Pouvesle 教授 (Universite d'Orleans、フランス)、Eun Ha Choi 教授 (Kwangwoon 大、韓国) による招待講演

が行われた。また夕方は、プラズマ材料科学に大きな功績を残し、昨年逝去された Riccardo d'Agostino 教授 (Bari 大、イタリア) の Memorial Session が開催された。Pietro Favia 教授 (Bari 大、イタリア)、Ta-Chin Wei 教授 (中原大学、台湾)、堀 勝 教授 (名古屋大)、白藤 立 教授 (大阪市立大) ら親交の深い招待講演者らによって、偉業や人となりで紹介され称えられた。

最終日午前後半に行われたナノ材料のトピカルセッションでは、佐々木 毅 氏 (AIST)、加藤 俊 准 教授 (東北大学) による招待講演が行われた。

最後に Best Presentation Award 受賞者が発表された。Oral 部門では、Tai Chun Tsai (台湾科技大学)、Hirotugu Sugiura (名古屋大)、Takashi Ishida (名古屋大)、Ma. Rosario Omega (Univ. of the Philippines)、Worawan Bhanthumnavin (Chulalongkorn 大、タイ)、Naoyuki Iwata (名城大) ら7名が選出された。Poster 部門では、Hiroko Iguchi (豊田中研)、Shuhei Ichikawa (大阪大)、Sarath Babu Duraisamy (名工大)、Maho Yamada (浜松北高校)、Nanami Ito (静岡高校) ら5件が選出された。

次回の ISPlasma2020/IC-PLATNS2020 は、名古屋大学において、2020年3月8日から開催される予定である。

国内会議報告

2019年 第66回 応用物理学会春季学術講演会 チュートリアル講演報告

東芝メモリ株式会社 飯野大輝

第66回応用物理学会春季学術講演会（2019年3月9～12日、東京工業大学、大岡山キャンパス）の初日に、プラズマエレクトロニクス分科会企画のチュートリアル講演が実施されました。今回は、「気相からの薄膜形成の基礎～プラズマ屋の視点から～」と題しまして、大阪市立大学の白藤 立先生にご講義をいただきました。

講義前半では各種薄膜成膜手法と比較しながら、プラズマ CVD の特徴を中心にお話しいただきました。プラズマ CVD は、複雑な化学反応を伴うためプロセス設計が困難である反面、低温での成膜が可能で、成膜された膜は優れた段差被覆性を有する他、膜に種々の機能性を付与できる可能性を秘めていることをご説明いただきました。次にプラズマの制御パラメータと内部パラメータに関する説明をいただきました。提示された数式に具体的な数値を代入したり、現象を身近な事象に置き換えたりすることで、ガス断面積、二次反応、ドリフトなどの事項を非常に分かりやすく解説していただきました。まさに本講義の予稿に記載がありましたように、原子・分子レベルでのイメージを持つことができるような解説でありました。

講義後半では、基板に到達した前駆体の膜堆積過程に着目し、基板温度やイオン衝撃の効果についてお話しいただきました。プラズマ CVD によるアモルファス Si 膜の成膜プロセスを例にとり、適度に基板温度を上昇させると、表面保護原子の脱離を抑制しながら、前駆体のマイグレーション及びクロスリンクを促進し、緻密な膜が形成されるメカニズムについて、詳細な解説をしていただ

きました。

講義の最後では、プラズマ中で起きる二次反応を利用し、特定の機能性官能基を膜中に含有させ機能性膜を形成した事例をご紹介いただきました。C₆F₆ を使って低誘電率と耐熱性を両立するフッ化ベンゼン環含有膜を作製した事例や、炭素の配置がダイヤモンドと同じアダマンタンを使って、耐熱性、機械強度、そして低誘電率をバランスよく有する機能膜を形成した事例などをご紹介いただきました。講義前半で基礎的現象やその理論をしっかりと学習した後でありましたので、メカニズムを理解しながらスムーズに実例を学ぶことができました。

今回は、当日申し込みも含めて 60 名を超える方にご参加いただきましたが、そのうち半数近くが企業からの参加でありました。プラズマ成膜プロセスの工業的裾野の広さと技術の重要性、そして関心の高さがうかがわれます。最後に、大変分かりやすく有意義なご講義をいただきました白藤先生ならびに、チュートリアル講演にご参加いただきました皆様方に、感謝申し上げます。



2019年 第66回 応用物理学会春季学術講演会 第21回 分科内招待講演報告

東芝メモリ株式会社 飯野大輝

第66回応用物理学会春季学術講演会（2019年3月9～12日、東京工業大学、大岡山キャンパス）の2日目に、分科内招待講演が開催されました。今回は、東京エレクトロン宮城株式会社の本田 昌伸様をお招きして、「最先端エッチング技術の動向と将来の展望」と題しまして、ご講演をいただきました。

ご講演では、主に半導体製造プロセスにおける課題とそれを打破するために開発されたプロセスについてお話しいただきました。大きな課題として、(1) ロジック半導体の製造で求められる、低ダメージ且つ高選択性を確保しながらの10nmレベルでのSiO₂微細加工、(2) パターニングプロセスにおける寸法コントロールとばらつきの抑制、そして(3) メモリ半導体の製造で求められる高アスペクト加工、があることが挙げられました。

微細加工に関しては、それぞれ Self-limited ステップである、エッチャントの表面吸着過程と、イオン照射によるエッチング反応過程とを繰り返す ALE プロセスが有効であることをご説明いただきました。表面吸着過程が Self-limited にならない SiO₂ エッチングにおいても、従来の RIE プロセスに比べて大幅に下層との選択性が改善され、微細加工が可能になるとのことでした。一方で注意が必要な点として、ガスの切り替えによる過渡状態のケアや再現性の確保が求められる、とのことでした。

リソグラフィの寸法制御に関しましては、プラズマプロセスによる成膜やトリミングを組み合わせるプロセスをご説明いただきました。一例とし

て、パターニングを行ったマスクに対して、パターンの粗密差で膜厚差が生じる CVD によって追加成膜、あるいはパターンの粗密差に関係なく均一な膜厚で成膜ができる ALD によって追加成膜を行うことで、マスクパターンの広狭をコントロールするプロセスなどをお話しいただきました。

高アスペクト加工では、エッチングする深さによってラジカルやイオンの輸送量が変化するため、被エッチング膜のエッチング速度が深さに依存して減少し、結果的にマスクとの選択性が低下するのが最大の問題とのことでした。これを解決するプロセスとして、深さに合わせてイオンエネルギーを変化させる方法などが検討されているとのことでした。今後の展望についてもお話しいただき、100 マイクロ秒オーダーでの RF 制御や、秒オーダーのステッププロセスの追加など、時間で制御するパラメータを組み合わせ活用していくことが重要である、とのことでした。しかしながら、従来に比べて制御すべきパラメータの数が増加することで、最適条件の探索がより一層困難になることが予想されるとのことです。プロセス開発の難しさもうかがい知ることができました。

最後になりましたが、大変興味深く有意義なご講演をいただきました本田様にお礼申し上げますとともに、多くの聴講者にご参集いただきましたことを感謝いたします。

**2019年 第66回 応用物理学会春季学術講演会
プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム
「カーボン系材料プラズマプロセスの現状と課題」の報告**

**産業技術総合研究所 山田英明、
九州大学 古閑一憲、 滋賀県立大学 酒井道**

1. 概況

表記学術講演会が2019年3月9～12日に東京工業大学大岡山キャンパスにて開催され、その2日目午後(13:30～16:25)に、本分科会企画シンポジウム「カーボン系材料プラズマプロセスの現状と課題」がM103会場にて開催された。

アモルファスからダイヤモンドなど多様な同素体を持つカーボン系材料は、機械的用途からエレクトロスピントロニクスまで幅広い活躍が期待されており、実用化のみならず、一部の材料では、これに伴う世界標準化活動が進んでいる。これらのカーボン系材料は、その機能を最大化して利用するためにプラズマプロセスが用いられている点で本分科会と関連性の深い、共通点のある材料である。且つ、その広範な応用展開から、他の分科会との懸け橋となる材料とも言える。これらの多様なカーボン系材料における、それぞれの現状と課題と共有することで、学会全体としての更なる研究開発の加速を期待し、本シンポジウムを企画した。

2. 講演の様子

章立てタイトルはゴシック、太字など適宜ご使用ください。

冒頭に、本シンポジウムを企画した**山田英明(産業技術総合研究所)**が「はじめに」の題目で、本シンポジウムで取り上げるカーボン系材料である、

ダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC)、グラフェン(ナノリボン)、ダイヤモンド、並びに、その表面反応の理解のための原子分子シミュレーションについて、位置付けと概要を紹介した。

続いて、**平塚傑工様(ナノテック株式会社)**に「**DLC成膜技術の最新事情と今後の展望**」の題目で御講演頂いた。実用化が進む中、 Φ 4インチに渡る100kW級の合成装置や、高パワー化による100 μ m程度の厚膜成膜など、成膜技術も着実に進化している点や、ドイツとの共同で標準化が進んでいる点などを詳細にご紹介頂いた。

続いて、**渡邊桂様(東芝メモリ)**から「**高AR孔/溝絶縁膜加工を実現するカーボン材料への期待**」の題目で最新の三次元フラッシュメモリ(BiCS FLASH)開発についてご紹介頂いた。プラズマエッチングにより非常にアスペクト比の高い深孔を作製する際、表層のエッチングを回避しつつ、エッチングレートの深さへの依存性を考慮して孔を掘り進めるには、適切なハードマスク材の開発が必要であった。現在はsp³比の高いDLC膜を形成することで、これを実現している。また、これらの開発を Φ 300mmウェハ上で高い一様性で実施しなくてはならない困難さについても言及された。

続いて、**伊藤篤史先生(核融合科学研究所)**から「**炭素材料のプラズマ反応素過程の分子シミュレーション**」の題目で、最新の大規模原子・分子シミュレ

ーション技術についてご紹介頂いた。古典的扱いと量子的扱いを融合したシミュレーション技法や、実際の実験におけるフラックスと同程度のシミュレーションが実施可能である点などが紹介された。また、シミュレーションにより得られた最表面モフォロジーの形状を3Dプリンタで実際に作製した模型を会場に配布され、興味深いプレゼンテーションであった。

続いて**加藤俊顕先生(東北大学)**から「**グラフェンナノリボンの集積化合成と不揮発性メモリ応用に向けたプラズマプロセス**」の題目で、カーボンナノチューブ(CNT)の選択成長とグラフェンナノリボン集積化技術、及び、光メモリデバイスへの応用についてご紹介された。簡単な触媒表面の熱処理による高いカイラリティ制御や、集積化可能となしたグラフェンナノリボンにおいて発現するパーシステント光伝導特性と呼ばれる特異な光伝導特性、及びその不揮発性メモリとしての応用展開について紹介された。また、冒頭に世界の中での我国の研究アクティビティについての分析結果についても言及され、ナノカーボン材料においては既にトップ3を維持することも困難な現状をご紹介された。

続いて、**波多野睦子先生(東京工業大学)**から「**ダイヤモンドエレクトロニクスにおけるプラズマプロセスの重要性**」の題目で、ダイヤモンドのパワーエレクトロニクス応用や量子センサー応用に関してご紹介された。いずれの分野においてもプラズマプロセスが重要で、まだダイヤモンドに関しては技術が未成熟な点を指摘された。その例として、選択エッチングの際にオーバーエッチングが発生し、その結果、異常な電界集中を誘引して本来のデバイス性能を発揮する阻害要因となっている点を紹介した。

以上の招待講演に加え、一般講演として**杉浦啓嗣氏(名古屋大学)**が「**リモート酸素プラズマ照射による**

グラフェンの layer-by-layer エッチング過程のその場透過電子顕微鏡観察」として、リモートラジカル源が接続された透過電子顕微鏡観察と、これを用いた酸素ラジカル照射によるグラフェンエッチング観察について紹介した。電子顕微鏡観察しつつ、ラジカル源に用いているマイクロ波プラズマの発光分光計測も可能な実験系となっており、in-situでプロセスの理解を進める上で重要な取り組みと思われる。

3. まとめ

本シンポジウムでは、上記5件の招待講演と1件の一般講演において、カーボン系材料の最新開発状況について紹介され、各講演に関して活発な質疑討論が交わされた。会場が狭くほぼ満席の状態(約110名)であったため、部屋に入りきれない参加者が立ち見や出入口にあふれる状況で、非常に盛況であった。

ご多用の中、シンポジウムにおける講演のみならず、準備段階から資料の作成についても多大なご尽力を頂いた講師の方々、並びに、ご参加頂いた皆様、また、本シンポジウム開催にご協力を頂いた分科会幹事の方々・関係各位に、深く感謝致します。

国内会議報告

第 36 回プラズマプロセッシング研究会 (SPP36) 第 31 回プラズマ材料科学シンポジウム (SPSM31)

高知工科大学 八田 章光

PE分科会主催の第36回プラズマプロセッシング研究会を日本学術振興会プラズマ材料科学第153委員会主催の第31回プラズマ材料科学シンポジウムと合同で開催した。会期は2019年1月15日(火)～17日(木)、会場は高知市にある高知城ホールを使用した。その名前の通り、高知城の間近である。応用物理学会中国・四国支部、および高知工科大学総合研究所ナノテクノロジー研究センターの共催、日本物理学会、プラズマ・核融合学会、電気学会、電子情報通信学会、電気化学会、日本表面真空学会、日本セラミックス協会、表面技術協会、静電気学会、日本化学会、高分子学会から協賛をいただいた。

参加人数は133名で、内訳は一般64名、学生54名、招待7名、プラズマ材料科学賞表彰式への出席3名、情報交換会の挨拶1名、発表者を除くアルバイト4名であった。講演件数は98件で内訳はプレナリー講演2件、プラズマ材料科学賞受賞記念講演1件、招待講演6件、一般講演89件(うち口頭発表48件、ポスター発表41件)であった。前回は姫路でPlasma Conferenceとして開催されたので比較は難しいが、前々回のSPP34/SPSM29(札幌)では、参加人数190人、講演件数126件であり参加者数が30%減、講演件数も22%減であった。減少の要因は、現地実行委員会の準備が遅れ、アナウンスが大幅に遅れたことが大きい。11月に金沢のAAPPS-DPP2018、一部重なって名古屋のDPS、さらには12月にMRS-Jと関連する学術イベントが重なったことも考えられる。

オープニングで、主催者を代表してPE幹事長の平松 美根男先生、153委員長の白谷 正治先生、共催者の高知工科大学、磯部 雅彦学長、中国・四国支部長の下村 哲先生の挨拶のあと一般講演がスタートした。全体の講演件数が少なかったため、従来はパラレルセッションとしていた招待講演をシングルセッションで組んだ。

情報交流会(情報交換会)には63名(一般33、学生13、招待11、スタッフ6)が参加した。はじめに会場である高知城ホールの目の前にある、高知県立文学館館長の岡崎 順子様より歓迎の挨拶をいただいた。県立文学館には日本の物理学を先導した寺田寅彦先生の資料が多数展示されていることなどが紹介された。名大の堀勝先生の乾杯のご発声で会をスタートし、北大の佐々木 浩一先生から次回は国際会議ICRP-10として34IGPIGと札幌で合同開催されることのアナウンス、首都大の栃久保 文嘉先生の中締めで交流会を終了した。

クロージングでは、副幹事長の赤塚 洋先生から講演奨励賞が発表された。大北 若奈さん(東北大学大学院工学研究科)「プラズマ CVD 成長グラフェンナノリボンの量子デバイス応用」、および本田 竜介さん(東北大学大学院 工学研究科)「液相中プラズマの安定生成と薬剤分子局所導入」の2件が選ばれた。平松 美根男先生の閉会の挨拶で3日間のプログラムを締めくくった。

今回から学会のWebサーバー(PE分科会)で受付業務等を運用した。まだ不具合もあるが、今後は改訂しながら運用する事で現地の負担軽減が期待される。

第 29 回プラズマエレクトロニクス講習会 報告

三菱電機株式会社 友久 伸吾

第 29 回プラズマエレクトロニクス講習会が 2018 年 11 月 20 日(火)に、東京大学本郷キャンパス内の武田先端知ビル「武田ホール」にて開催されましたので、以下に報告します。

当講習会では、下記に示すように産業応用で必要とされるプロセスプラズマの生成・診断・制御の基礎と、その先端応用技術について、各分野において第一線でご活躍の 5 名の先生方からご講義いただきました。前年度比 5 名増の 80 名(内、学生 11 名)が参加し、基礎から応用まで幅広い内容の講義を受けました。

プログラムと概要

■ 第 1 部：プラズマ技術の基礎 ■

1. 『プラズマ生成制御(基礎から最新まで)』
東北大学 金子 俊郎 先生
2. 『発光によるプラズマ診断』
北海道大学 佐々木 浩一 先生

■ 第 2 部：プラズマプロセスの最先端 ■

3. 『最先端プラズマプロセスのシミュレーション』
大阪大学 浜口 智志 先生
4. 『プラズマプロセス装置開発最前線』
東京エレクトロン(株) 康 松潤 先生
5. 『原子層エッチングプロセス』
(株)日立製作所 篠田 和典 先生
終了後、懇親会(17:30~19:00)を開催

各先生から、①各種プラズマプロセスの概要説明からシースの物理、更に気液界面プラズマによるナノ粒子形成のご紹介、②平衡/非平衡状態の整理を含めた発光分光によるプラズマ診断を実

施する上での留意事項、③動画を交えたプラズマプロセスシミュレーションにおける各種モデルのご説明、④ALE や ALD を用いた微細プロセス技術のご紹介に加え、MRAM プロセスに対する展開、⑤多様な原子層エッチングに対する多くの取得データ紹介を含めた幅広い考察、についてご講義頂きました。

参加者アンケートでは 9 割以上の参加者から有意義であったとの回答が得られたように、多くの質疑応答に加え、講習会後の懇親会を含め活発な議論や情報交換が行われました。

ご多忙の中、ご講義頂いた講師の皆様、講習会の企画・運営にご尽力頂いた平松幹事長をはじめとする担当幹事の皆様、会場の予約や運営にご協力を頂きました東京大学の神原先生、一木先生、竹原先生、事務手続き全般をサポート頂いた応物分科会担当の小田様にお礼申し上げます。

今回の参加者アンケート結果を参考に、講義時間や内容を検討し、2019 年度も同時期に開催を予定しております。

担当幹事 (敬称略)

赤塚洋(東京工業大学)、飯野大輝(東芝メモリ)、江藤宗一郎(日立製作所)、大澤直樹(金沢工業大学)、大島啓示(ソニーセミコンダクターソリューションズ)、鈴木歩太(東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ)、内藤皓貴(三菱電機)、山田英明(産業技術総合研究所)、吉元諒(SanDisk)

第 29 回 プラズマ新領域研究会 『プラズマ液体界面反応場の計測・理解にむけての研究会』

北海道大学 白井直機

平成 30 年 11 月 26 日（月）の 13 時より 17 時に北海道大学工学部 A 棟 4 階 26 室において、第 29 回プラズマ新領域研究会が「プラズマ液体界面反応場の計測・理解にむけての研究会」と題して開催された。

これまでも複数回開催されている液体の介在したプラズマに関して、今回は題目にもある“プラズマ液体界面反応場の計測・理解”にむけた研究会ということで、プラズマ液体界面を“気相部”、“界面”、“液相部”、“界面の応用”という視点で分けて、それぞれ別の立場から計測や計算についての講演を 7 件、若手研究者の先生(30 代～40 代前半)に依頼して実施した。

最初に研究会担当の白井より趣旨と最近のプラズマ液体界面反応場の研究の動向について説明した。室蘭工大の高橋一弘先生からは「プラズマ照射水のバルク中 ROS/RNS 生成特性」と題目で、水面のパルス放電における ROS/RNS について実験と計算併せての結果の講演をしていただいた。大阪市立大の呉準席先生からは「紫外吸収分光法を用いたプラズマ活性水中の化学種計測」という題目で最近注目されているプラズマ処理水についての紫外吸収分光を用いた計測について講演いただいた。東北大の小室淳史先生からは「大気圧ストリーマ放電の数値シミュレーション」という題目で大気中に生成されるストリーマの特性について実験・計算両方の結果を講演いただいた。また東工大の亀島晟吾先生からは「プラズマを利用した触媒反応によるメタンのドライ改質」という題目で界面を利用した触媒応用という視点で講演い

ただいた。学習院大の近藤崇博先生からは「プラズマ液相界面のレーザー分光診断」という題目で、和周波発生分光による界面の診断、ラマン分光による水和電子の診断という興味深い計測法について講演いただいた。京都大学の占部継一郎先生からは「プラズマと液・固相との界面反応場に生じる過渡現象計測と関連新領域展望」という題目で気液界面プラズマのレーザー診断の結果と併せて関連する新領域展望について講演いただいた。参加者は講演者を含めて計 32 名(大学関係 31 名、企業 1 名)であった。北海道大学の佐々木浩一先生からも助言いただき、総合討論も活発に行われ、研究会タイトルにもあげたプラズマ液体界面反応場の計測・理解にむけての課題や可能性について議論でき、有意義な研究会となった。

研究会開催にあたり International Workshop on Plasma Agriculture と応用物理学会北海道支部にも協賛いただきました。講演された先生方、開催にあたり協力いただきましたプラズマエレクトロニクス分科会、協賛いただいた皆様に御礼申し上げます。



研究会の様子(京大占部先生発表中)

第30回プラズマ新領域研究会 「プラズマ科学の教育分野への展開」

佐世保高専 柳生 義人

2018年12月3日(月) 17:15~19:45に大阪大学レーザー科学研究所研究棟4階大ホールにて、「プラズマ科学の教育分野への展開」と題して、第30回プラズマ新領域研究会をプラズマ・核融合学会専門委員会と合同で開催しました。本研究会は、第35回プラズマ・核融合学会年会(2018.12.3-12.6, 大阪大学吹田キャンパス内 コンベンションセンター)の会期中に行われました。

「プラズマ」に関する教育活動は、当該分野の研究者やエンジニアの増加につながることを期待されます。その一方で、プラズマ現象を正しく理解してもらうためには、様々な専門知識が事前に必要になるため、一筋縄ではいかないのではないでしょうか。本研究会では、放電やプラズマの教育に関する有識者から話を伺い、現在の状況報告とそれぞれの立場からみた課題や改善策を話し合いました。プラズマ科学の教育分野への展開に関連する課題や今後の方向性などについて、活発な議論が繰り広げられました。

(1) 福山 隆雄 先生(長崎大学 教育学部)「学校教育の理科授業におけるプラズマの活用」

プラズマは、学校教育(初等・中等教育)の理科授業において魅力的な教材として活用できる可能性および見込まれる効果についてお話頂きました(図1)。中学生を対象としたプラズマに関する意識調査では、プラズマという言葉は知っているものの、正しい概念として認識していないことも多くあることが紹介され、正しい概念を持つためには学校教育の枠組みで科学的に扱われる

べきとの見解が示されました。また、実践例として、プラズマを中学3年生を対象とした理科の通常授業に導入した様子をご紹介頂きました。プラズマを教育分野に展開するためには、正課の授業で取り上げられることが望ましく、義務教育の教科書へ「プラズマ」を掲載することが非常に重要な意味を成すことを提唱されました。



図1 ご講演の様子(福山先生)

(2) 成行 泰裕 先生(富山大学 人間発達科学部)

「プラズマ科学者による科学教育・技術者教育」
小学校および中学校理科の学習指導要領に記載されている目標と工学との違いから、工学は理科の「ものづくり」と関連が深いことをご説明頂きました。また、物理教育を研究対象としたとき、その効果や影響の評価が難しいことを取り上げ、評価手法の事例(Hake ゲイン, ピアインストラクションの数理モデル)を紹介して頂きました。理科教育は、科学・技術者教育の源泉であることから、公教育の系統性に沿うことも大事であることやプラズマ科学を修めた人材の多様性こそが、プラズマコミュニティの強みであると提言されました。

(3) 渡辺 隆行 先生(九州大学大学院 工学研究院 化学工学部門)「プラズマ応用に関する大学および大学院の化学工学教育」

我が国の大学院において「プラズマ」の名称がある講座が意外と少ないというところからお話を始められ、化学工学分野の学部や大学院でプラズマ応用を取り扱うときの講義内容をご紹介頂きました(図2)。また、千葉県的女子中学生がQUEST CUP 2018(教育と探求社)の活動の一環で熱プラズマに興味を持ち研究室を訪問・見学したときの様子をご紹介頂きました。いかにして女子中学生に興味を持ってもらうか?、どうやったら理解してもらえるか?ということの難しさに真正面から向き合うことがプラズマの教育にとって非常に大切であるとお話頂きました。

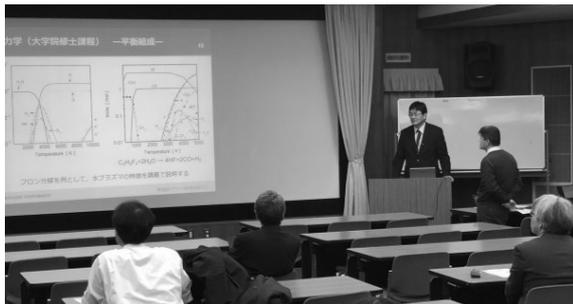


図2 ご講演の様子(渡辺先生)

(4) 門 信一郎 先生(京都大学 エネルギー理工学研究所)「中高理科教科書にみられるプラズマ現象とその活用について」

中学生向け教科書に取り上げられているプラズマ現象についてご紹介頂き、「プラズマ」という言葉を使ったほうが適切と思われる現象にも迂遠な説明がなされている事例(太陽=高温のガス、オーロラ=電気を帯びた粒子 など)を詳しくご説明頂きました。また、プラズマという言葉が一般に浸透してない事例として、太陽フレアに関する報道各社の記事を例に挙げ、各社様々な表現が使われていることを指摘されました。このような社会的背景に対し、プラズマを多くの人に学んで

もらうには、中学校教科書へのプラズマの記載を強く推し進めていく必要があることを力説されました。なお、米国では、中学校2年生相当の教科書で「Solid, Liquid, Gas and Plasma」との項目があり、プラズマが教育に導入され、適切に説明されている様子も紹介して頂きました。応用物理学会で取り扱うプラズマは非常に広範囲であるからこそ、アウトリーチ活動で中高教科書と齟齬のないように学会などで定義する必要があるとのご見解を示されました。

(5) パネルディスカッション(司会:門先生)

ご講演頂いた4名の先生方に再度ご登壇頂きパネルディスカッションを行いました(図3)。プラズマ科学の教育分野への展開について、ご来場者からの質問やご意見を賜り、活発な議論が交わされました。「プラズマ」を中高教科書に取り入れる重要性を理解し、プラズマコミュニティから積極的な提言をしていく必要性を確認致しました。



図3 パネルディスカッションの様子

以上、「プラズマ科学の教育分野への展開」に関して、有意義で先駆的な議論がなされました。ご講演頂いた先生方およびご来場頂いた皆様、応物学会関係各位に心より御礼申し上げます。PE分科会およびプラ核専門委員会が合同で開催した本研究会が、プラズマ関連学会が力を合わせ、組織的にプラズマの教育に取り組むきっかけとなり、その動きが本格化することを期待致します。

国内会議報告

第10回プラズマ医療・健康産業シンポジウム／ 第2回病理・法医学教育イノベーションハブの構築シンポジウム ／第31回プラズマ新領域研究会

産業技術総合研究所 池原 譲, 新潟大学 山家清之

第10回プラズマ医療・健康産業シンポジウム及び第2回病理・法医学教育イノベーションハブの構築シンポジウム、第31回プラズマ新領域研究会は合同開催として、2018年12月7日にイイノホール&カンファレンスセンター（東京都千代田区）で行われました。主催団体の一つである「プラズマ医療・健康産業フォーラム」は、2010年11月5日に設立されてから、大学や企業、医療機関や公的研究機関等で行われてきたプラズマ医療の基礎研究やプロセス開発、実用化・橋渡し研究をシームレスに繋げる活動を行ってきており、本シンポジウムでは、大学及び企業の研究者から医療関係者、プラズマに限らず幅広い分野の方々を対象として企画されました。参加者の内訳は、大学関係者（大学、高専）30名、公的研究機関（産総研、量研）18名、企業関係者34名、その他（経産省、医療機関など）9名の合計91名となり、各講演後は参加者との活発な質疑応答があり、有意義なシンポジウムとなりました。

本シンポジウムにおいては、特別講演及び特別企画として、社会基盤を成す国際標準規格化に関する内容、宇宙プラズマから産業プラズマの高温から低温までの幅広い領域の最前線のプラズマ研究、そして病理学における現象の最新の理解、などの様々な分野における最先端の内容を講演頂きました。講師及び参加者の皆様、会場準備・運営でお世話になりました関係各位に厚く御礼申し上げます。

げます。以下に、詳しい講演題目（敬称略）を記します。

（Ⅰ）特別企画1：Society 5.0 を活用した産業創成と成長を実現するために

「JIS 法の抜本的改正とルール形成戦略」

高田 元樹（経済産業省 産業技術環境局）

「Connected Industries による製造業の変革」

中川 貴（経済産業省 製造産業局）

「産総研・生命工学領域の取り組み」

松岡 克典（産業技術総合研究所）

（Ⅱ）特別講演：プラズマ科学と糖鎖

「磁気リコネクション物理の実験室天文学への展開と今後」

小野 靖（東京大学）

「ABO 式血液型遺伝子の科学」

山本 文一郎（ホセ＝カレラス白血病研究所）

（Ⅲ）特別企画2：新しい病理学の創成：組織の荷電秩序、維持と変容の理解

「イントロダクション＋組織荷電と病的修復の連結による静電病理学基盤の構築」

池原 譲（千葉大学）

「糖鎖機能を標的とする創薬デザイナー鳥インフルエンザ感染とがん」

山本 一夫（東京大学）

「電荷授受による生命鎖の凝固と溶解の科学－プラズマ中の無機ナノ粒子の発生・成長機構」

白谷 正治（九州大学）

「タンパク質・有機分子を舞台にした電子状態と凝集と溶解」

千葉 一裕（東京農工大学）

行事案内

2019 年第 80 回応用物理学会秋期学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会企画

九州大学 古閑 一憲

■ はじめに

2019 年 9 月 18～21 日に北海道大学札幌キャンパス（北海道札幌市）にて第 80 回応用物理学会秋期学術講演会が開催されます。本稿では、プラズマエレクトロニクス分科会企画の概要とスケジュールを紹介いたします。なお、脱稿時点で未定の部分も含まれるため、詳細については応用物理学会の HP 等で確認をお願いいたします。

■ （第 1 日）海外招待講演／English Session

日程：9 月 18 日（水）13:30～14:30（予定）

今回もプラズマエレクトロニクス分野を横断するトピックスで「8.6 Plasma Electronics English Session」と題した English Session を予定しています。本 English Session に先立ち、海外で活発な研究活動を続けられている第一級の研究者より招待講演を戴きます。留学生に限らず日本人学生の方も是非とも奮って参加いただければ幸いです。

1 . Prof. Meng-Jiy Wang (National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan)

Title: TBD

2 . Dr. Tsanko Tsankov (Rhur University Bochum, Germany)

“Large area plasma generation through an array of inductive discharges” (tentative)

■ （第 2 日）プラズマエレクトロニクス賞受賞記念講演／講演奨励賞受賞記念講演

第 16 回プラズマエレクトロニクス賞受賞者によ

る受賞記念講演が行われます。また、2019 年春季の講演奨励賞は、田中 章裕（東京大学）が受賞されました。この場を借りてお祝い申し上げます。プログラムを御確認の上、受賞記念講演会場まで是非とも足をお運び下さい。

[関連サイト]

プラズマエレクトロニクス賞：

https://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/pe_award2.html

講演奨励賞：

<https://www.jsap.or.jp/young-scientist-presentation-award/recipients46>

□ プラズマエレクトロニクス賞受賞記念講演

日程：9 月 19 日（木）9:45～10:45（予定）

受賞者（敬称略）：*布村 正太（産業技術総合研究所）、坂田 功（産業技術総合研究所）、松原 浩司（産業技術総合研究所）（*ご講演予定者）

選考の対象となった業績：“Plasma-Induced Electronic Defects: Generation and Annihilation Kinetics in Hydrogenated Amorphous Silicon”, Shota Nunomura, Isao Sakata, and Koji Matsubara, Physical Review Applied, 10 (2018) 054006.

受賞者（敬称略）：*大村 光広（東芝メモリ(株)）、古本 一仁（東芝メモリ(株)）、松田 和久（東芝メモリ(株)）、佐々木 俊行（東芝メモリ(株)）、酒井 伊都子（東芝メモリ(株)）、林 久貴（東芝メモリ(株)）（*ご講演予定者）

選考の対象となった業績：“Layer-by-layer etching of LaAlSiO_x”, Mitsuhiro Omura, Kazuhito Furumoto, Kazuhisa Matsuda, Toshiyuki Sasaki, Itsuko Sakai and Hisataka Hayashi, Plasma Sources Science and Technology, 26 (2017) 065015.

□ 講演奨励賞受賞記念講演

日程・会場：未定

受賞者：田中 章裕（東京大学）

選考対象発表：sPFEによるシリコンナノロッド連続生成とLIB負極特性

■（第2日）分科内招待講演

日程：9月19日（木）11:00～11:30（予定）

第22回目となる分科内招待講演では、長年企業のお立場からプラズマプロセスを牽引されてきたナノテクリサーチ 代表の野尻一男先生をお招きしてご講演を賜ります。ALE プロセス含めたこれまでの幅広い知見とともに、最近のプラズマプロセス技術の動向をご紹介いただくとともに、今後開発が進むと想定される方向や、それに対して大学研究者に求める期待について語っていただきたいと思います。皆様には是非とも会場まで足をお運び頂きますよう、お願い申し上げます。

ご講演者：野尻 一男先生（ナノテクリサーチ）

講演題目：「(仮題) ALE プロセス含めた最近のプラズマプロセス技術の動向」

■（第2日）シンポジウム(Technical)

日程：9月19日（木）13:30～17:30（予定）

今回からシンポジウムの開催形式が変更となり、従来の分科企画シンポジウムにあたる、シンポジウム(Technical)「プラズマ制御「前駆体」が拓く生命科学と材料科学」を学会2日目に開催します。プラズマでは安

定的な機能性物質を形成する前段階の化学分子である「前駆体」が重要な役割をはたしており、従来のプラズマプロセスのみならず、近年ではプラズマ生命科学においても積極的に研究されています。本シンポジウムでは、生命科学、料科学に必須の「前駆体」にフォーカスし、プラズマならびに他の方法による前駆体の生成制御とその作用機序について議論することを目的としています。以下に招待講演の先生のリストとテーマを記載します。一般講演も募集いたしておりますので皆様のご参加をお待ちしております。

1. 高島圭介先生(東北大)

プラズマ修飾反応前駆体の生成制御と生物応答

2. 石川健治先生(名古屋大)

有機酸前駆体のプラズマ生成と細胞機能制御

3. 朽津和幸先生(東京理科大)

細胞内生成前駆体による植物機能制御

4. 野崎智洋先生(東京工業大)

プラズマ励起前駆体による触媒作用顕在化

5. 澁田靖先生(東京大)

反応前駆体制御によるナノ物質構造制御合成(理論)

6. 古閑一憲先生(九州大)

プラズマ生成前駆体制御による単分散ナノ粒子合成

■ おわりに

今回は通常の方科会企画の他に特別シンポジウムも開催予定であり盛りだくさんの内容となっております。加えて9月19日（木）の昼には、大分類意見交換会、PE分科会のインフォーマルミーティング、同日夕刻には恒例のPE分科会懇親会も企画される予定です。詳細は担当幹事から改めて案内があると思いますが、是非、スケジュールに加えておいて下さい。

連絡先：古閑 一憲（九州大学）

koga@ed.kyushu-u.ac.jp

行事案内

第13回インキュベーションホール

東京工業大学 赤塚 洋

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

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

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

記

【会期】2019年 (令和元年) 9月8日(日)~10日(火)

【会場】国立中央青少年交流の家

〒412-0006 静岡県御殿場市中畑 2092-5

【交通】JR 御殿場駅より富士急行「青少年交流の

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

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

[1] PE 分科会正会員

一般 40,000 円 大学院生・学生 14,000 円

[2] 応物学会会員 (ただし PE 分科会に所属なし)

一般 43,000 円 大学院生・学生 17,000 円

[3] 協賛学協会会員および PE 分科会準会員

一般 48,000 円 大学院生・学生 22,000 円

[4] その他

一般 53,000 円 大学院生・学生 27,000 円

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

* 2 応物学会企業若手会員は大学院生・学生と同じ扱いとします

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

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

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

属学会，表面技術協会，日本鉄鋼協会，日本オゾン協会，電気化学会，原子衝突学会，IEEE-NPS05

【講義内容（暫定）】

- ・ 金子 俊郎先生（東北大）特別講義
大気圧プラズマの医療・バイオ応用
- ・ 石島 達夫先生（金沢大）
プラズマの生成と制御
- ・ 占部 継一郎先生（京大）
プラズマ診断・計測
- ・ TBD
プラズマ成膜の基礎と応用
- ・ 西田 浩之先生（東京農工大学）
シミュレーション技術
- ・ 小川 大輔先生（中部大）英語講座
国際交流のための英語

【ポスターセッション】

参加者間の交流が深まるよう，ポスターセッションを中心とする談話会を行います。なお，優秀なポスター発表者には表彰を行います。発表内容は参加者自身のバックグラウンドに関連したもの（プラズマに関係しないものも歓迎します），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，入社前の大学での研究など

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

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

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

【定員】 60名

【参加申込方法】 下記の会合 URL に参加フォームを設置しておりますので，ご覧ください。

【参加申込締切】 7月26日（金）

【参加費振込締切】 8月1日（木）

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

【問合せ】 内田 諭

〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1
首都大学東京 電子情報システム工学科
TEL : 042-677-2749

e-mail: s-uchida@tmu.ac.jp

【担当幹事】

校長： 赤塚 洋（東京工業大学）

幹事： 内田 諭（首都大学東京）

近藤 博基（名古屋大学）

鈴木 歩太（東京エレクトロンテクノロ
ジーソリューションズ）

高島 圭介（東北大学）

奥村 賢直（一関高等専門学校）

兒玉 直人（名古屋大学）

佐藤 哲也（山梨大学）

竹田 圭吾（名城大学）

【ウェブページ】

http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2019

行事案内

第 41 回ドライプロセス国際シンポジウム

41st International Symposium on Dry Process (DPS2019)

ウエスタンデジタル (株) 寺原 政徳 (プログラム委員長)
広島大学 東 清一郎 (実行委員長)
東芝メモリ (株) 林 久貴 (組織委員長)

今年のドライプロセス国際シンポジウム (DPS)は、2019 年11月21-22日の二日間、JMS アステールプラザ (広島市) にて開催されることとなりました。懇親会も同一会場で行います。広島駅、広島空港からアクセスが比較的良好な平和記念公園近くの会場です。多くの著名な方々の招待講演も予定されており、昨年盛況となりました40周年(DPS2018)同様に、活発な議論がなされる事と存じます。

つきましては、是非とも最先端の研究について投稿をご検討頂ければと思っております。会議後に JJAP特集号の発刊を 2020年6月号で予定しています。

今年で41回目を迎えるDPS はプラズマエッチングやプラズマCVD等、半導体集積回路の微細加工プロセス技術並びに表面反応研究の分野で世界をリードする国際会議です。例年、国内外の大学や企業から 200 名程度の参加を頂き、当該分野の最先端の研究成果が発表され、熱い議論が交わされています。また近年は、微細加工を必要とする新材料・新デバイス向けのプラズマ応用プロセス技術や、デバイス性能に直接影響するプロセス誘起ダメージとそのメカニズムに関する研究、プラズマ装置／プロセスの長期安定性とモニタリング、大気圧プラズマ技術についても発表件数が増えて来ており、新たな流れになっています。DPSでは、これらプラ

ズマを用いた幅広い応用技術に関して柔軟にテーマ設定を行っています。

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

今年は 3 つの注目テーマを Arranged session に設定しました。Arranged session では、一般投稿論文から選ばれた関連内容の口頭講演に加え、その分野で実績を上げられている招待講演者をお招きして session 編成を行います。

1つ目は、「Novel Atomic Layer Etching and Atomic Layer Deposition approaches for advanced plasma process applications」として、近年注目されている原子層レベルの微細加工技術及び成膜技術に関する sessionです。本テーマに関して、ALD/ALE にて著名な方にご講演頂きます。2つ目は「Advanced hardware and process development for overcoming High Aspect Ratio etching (AR>100)」として、高アスペクト比構造を有する最先端 3 次元デバイス加工技術に関する sessionです。年々、新規技術の議論が展開され、注目度の高い本テーマについて、Dr. Hyoung Cheol Kwon (SK Hynix)、越澤武仁氏 (AMAT) よりご講演を頂きます。3つ目は、「How AI and Deep Learning are transforming the plasma process?」として、新しい分野、特に今後技術の

継続的な発展と実用化が期待される AI、Deep learning の分野に Focus を当てます。特に、プラズマプロセス中のデータ解析と変動予測や big data を用いた machine learning によるドライプロセスへの応用などに関する session です。この分野で著名な研究者である、Prof. Gon-Ho Kim (Seoul National University)と岡崎隼也氏(Sony Semiconductor Manufacturing)よりご講演頂きます。Arranged session はテーマがホットだけでなく、その分野の第一人者と接点を持つ良いチャンスです。若い技術者、研究者の投稿を特に encourage したいと考えています。

上記以外では、EUV を用いた微細加工エッチング技術について Dr. Jeffrey Shearer (IBM)よりご講演いただく予定となっております。

また DPS では毎年、ドライプロセス技術分野で大きな業績を上げられた研究者や、本シンポジウムの運営に多大な貢献をされた研究者の方に、1979年にDPSを創始された故西澤潤一先生のお名前を冠した「DPS Nishizawa Award」を差し上げています。今年度は、Prof. Vincent M. Donnelly (Houston University)、野尻一男氏 (Nanotech Research)、Prof. Gottlieb S. Oehrlein (University of Maryland) の3氏に本賞をお受けいただくことになりました。会議の冒頭にて授賞式を開催し、引き続き記念講演をお願いしております。3氏の偉大な業績と、それが生み出された背景に触れることのできるまたとない機会です。

このようにDPS 会議は、世界最先端のドライプロセス研究に触れ、議論に参加、世代を越えたネットワーク形成が可能な絶好の機会です。関連する研究内容の多い PE 分科会会員の皆様の積極的な論文投稿とご参加をお待ち申し上げます。

【重要日程】

- ・ 発表申込および予稿投稿の Web 受付 :

開始 2019年 5月13日(月)

締切 2019年 7月19日(金)

口頭講演とポスター講演を予定しております。

- ・ 早期参加登録締切 :

2019年 10月11日(金)

- ・ 会期 : 2019年 11月21日(木) - 22日(金)

【会議ホームページ・連絡先】

<http://www.dry-process.org/2019/index.html>

事務局: dps2019[at]officepolaris.co.jp

DPS 2019 Call for Papers - DPS 2019
41st International Symposium on Dry Process
November 21(Thu) - 22(Fri), 2019
JMS Aster Plaza, Hiroshima, Japan

Paper Submission Deadline: July 19, 2019
Deadlines will be respected, hence early submission is encouraged.
Author instructions and information about DPS can be found at:
<http://www.dry-process.org/2019/>

The 41st International Symposium on Dry Process (DPS2019) will be held at JMS Aster Plaza, Hiroshima in Japan, from November 21 to 22, 2019. The Symposium covers all aspects of the rapidly evolving fields of dry processes, including but not limited to plasma etching and deposition processes, diagnostics and modeling of plasmas and surfaces, and surface modifications by plasmas, for the applications in, e.g. microelectronics, power devices, sensors, environmental protection, biological systems, and medicine. The DPS has provided valuable forums for in-depth discussion among professionals and students working in this exciting field for more than three decades.

Theme: Dry processes and related technologies from fundamentals to applications

Topics:

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

Arranged session:
A1 - Novel Atomic Layer Etching and Atomic Layer Deposition approaches for advanced plasma process applications
A2 - Advanced hardware and process development for overcoming High Aspect Ratio etching (AR-100)
A3 - How AI and Deep Learning are transforming the plasma process?

For further general information, please contact: e-mail: dps2019@officepolaris.co.jp

Organizing Committee Chair: Hisataka Hayashi (Toshiba Memory Corporation)
Executive Committee Chair: Seichiro Higashi (Hiroshima University)
Program Committee Chair: Masanori Terahara (Western Digital Corporation)
Publication Committee Chair: Tatsuhiro Shirafuji (Osaka City University)

URL: <http://www.dry-process.org/2019/>

DPS 2019 is co-sponsored by The Japan Society of Applied Physics

行事案内

AVS 66th International Symposium & Exhibition (AVS2019)

ソニーセミコンダクタソリューションズ（株）辰巳哲也



真空関連の幅広い技術発表を集めた国際学会である AVS2019 が今年 10 月にオハイオ州コロンバスにて開催されます。プラズマエレクトロニクス分科会とも非常に縁の深い、Plasma Science and Technology Division (PSTD) は AVS の中でも最大の分科会で、例年 100 件以上の非常に多くの Paper が集まり、大気圧プラズマ、プラズマのプロセス応用、プラズマ医療、表面反応、ALE、装置、Sim などの幅広いトピックについての議論が行われますので皆様のご参加をお待ちしております。トピック概要を以下に示します。

●日時：2019 年 10 月 20-25 日

●場所：Greater Columbus Convention Center
(Columbus, Ohio)

●トピックス：

- Advanced BEOL/Interconnect Etching
- Advanced FEOL
- Advanced Memory and Patterning
- Atmospheric-Pressure Plasmas
- Plasma-Enhanced Atomic Layer Etching
- Plasma Biology, Agriculture, and

Environment

- Plasma Conversion and Enhanced Catalysis
for Chemical Synthesis
- Plasma Deposition and Plasma-Enhanced
Atomic Layer Deposition
- Plasma Diagnostics, Sensors, and Control
- Plasma-Liquid Interactions
- Plasma Medicine
- Plasma Modeling
- Plasma Processing of Challenging Materials
- Plasma Processing of Materials
for Energy Maxime
- Plasma Sources
- Plasma-Surface Interactions
- Poster Session

AVS2019 への参加申し込み、宿泊予約、及びその他詳細につきましては下記から手続きをお願い致します。<https://www.avs.org/Symposium>

※尚、昨年の AVS プログラムは下記より参照できます
<https://www2.avs.org/symposium2018/>

行事案内

6th International Workshop on Atomic Layer Etching (ALE2019)

ソニーセミコンダクタソリューションズ（株）辰巳哲也

近年、半導体デバイス製造において原子層レベルでの加工制御を目指した Atomic Layer Etching (ALE)に関する研究が活発となり、ドライエッチング関連の技術開発のテーマとして大きな盛り上がりを見せています。今年で第6回目となる ALE ワークショップはこの技術についての最新の報告を集めた AVS（米国真空学会）主催の国際学会として非常に多くの参加者が集まる活発な会として発展して参りました。本年の開催概要は下記の通りです。

●日時：2019年7月21-24日

●場所：Hyatt Regency Bellevue, Washington
(Bellevue はシアトル近くの街)

●トピックス：

- ALE 1: Plasma and/or Energy-enhanced ALE
- ALE 2: Gas-phase and/or Thermal ALE
- ALE 3: Solution-based Including Wet ALE
- ALE 4: Materials Selective ALE,
Including Area-selective ALE
(Without Masks)
- ALE 5: ALE Hardware, Diagnostics,
& Instrumentation
- ALE 6: Modeling of ALE
- ALE 7: Atomic Layer Cleaning (ALC)
- ALE 8: Integration of ALD + ALE
- ALE 9: Applications for ALE
- ALE 10: Alternative Methods to Achieve ALE
or Quasi-ALE (Beam Activation, Gas

/Power/Bias Pulsing, Etc.)

• ALE11: Atomic Layer Etching Poster Session

当日は ALE の原理に関する基礎検討からデバイス応用、シミュレーション、装置など幅広い議論が行われる予定です。また、さらに本会は同じく原子層レベルでの堆積プロセスである ALD を扱う ALD2019 と併催されているため（参加者はどちらのセッションにも参加可能です）、エッチングプロセスのみならず、ALD や Area Selective Deposition などの成膜関連の最新技術についても幅広く知ることが可能となります。関係者の皆様、積極的なご参加をよろしくお願い致します。

ALE2019
AVS 6th International Workshop
on Atomic Layer Etching

Call for Abstracts Topics
Plasma and/or Energy-enhanced ALE - Gas-phase and/or Thermal ALE
Solution-based including Wet ALE - Atomic Layer Cleaning (ALC)
ALE Hardware, Diagnostics, and Instrumentation - Modeling of ALE
Integration of ALD + ALE Applications for ALE
Alternative Methods to Achieve Quasi-ALE
(Gas/Power/Bias Pulsing, etc.)

July 21-24, 2019
Hyatt Regency Bellevue, Washington
Abstracts Due February 15

SUBMIT NOW AT
WWW.ALD2019.AVS.ORG

PLENARY SPEAKER
ERIC JOSEPH, IBM, USA

INVITED SPEAKERS
TAKESHI ITO, OSKA UNIVERSITY, JAPAN
SABIRA A. KHAN, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Denmark
MITSURU KUROKI, Sony Semiconductor Solutions Corp., Japan
XU LI, University of Glasgow, UK
ALFRED MAMMEL, TNO Heat Centre, The Netherlands
ANNELOU RALEY, TEL, Technology Center, America, USA
KAZUMI SHIMIZU, Hitachi Ltd., Japan
SAMANTHA TAN, Lam Research, USA

TUTORIAL SPEAKERS
KOSHIKI ITO, Lam Research, USA
STEVE GEORGE, University of Colorado at Boulder, USA

※会議詳細、参加申し込み等はこちらから

<https://ald2019.avs.org/>

行事案内

第 72 回気体エレクトロニクス会議 72nd Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2019)

首都大学東京 朽久保文嘉

第 72 回気体エレクトロニクス会議(GEC2019)は、2019 年 10 月 28 日から 11 月 1 日の日程にて、アメリカ合衆国テキサス州カレッジステーションにて開催されます。カレッジステーションという地名は聞き慣れないかもしれませんが、テキサス A&M 大学が本部を置く大学都市であり、2018 年 11 月末にジョージ・H・W・ブッシュ米元大統領が死去した後、棺がカレッジステーションにあるジョージ・ブッシュ大統領図書館に運ばれたとのニュースで耳にしました。今回の会場はテキサス A&M ホテル・会議場で、最近できた新しい施設の様です。現地実行委員長はテキサス A&M 大学の David Staack 氏です。

GEC はアメリカ物理学会の Division of Atomic, Molecular and Optical Physics の傘下、低温プラズマの物理と化学、及び、その応用を主たるテーマとして毎年開催される会議で、近年はプラズマ医療を含むプラズマバイオテクノロジー、マルチフェーズプラズマ、環境応用などの新分野の講演も数多く行われています。当分科会との親和性も高く、これまでに ICRP との合同会議が 3 回行われ、毎年、日本から多くの方々に参加されます。GEC は当分科会会員にとって有益な会議であることは間違いなく、GEC との良好な関係を維持しながら当分科会が益々発展するためにも、多くの会員の皆様のご参加をお願い申し上げます。なお、発表申込および予稿投稿の締め切りは米国東部夏時間で 2019 年 5 月 31 日 (金) 23 時 59 分です。本会報が届く頃には既に投稿期限が過ぎていると推測しますが、聴講のみの参加も大歓迎です。

今回、GEC Foundation Talk を含め、30 件強 (日本から 4 件) の招待講演が予定されており、原子・分子の基礎過程から低温プラズマ応用まで質の高い講演が期待されます。なお、GEC における招待講演者の推薦方法が 2015 年より改正され、誰でも招待講演者を推薦できるようになりました。この推薦リストに名前が挙がり、且つ、2019 年 GEC 会期中に開催される Executive Committee でサポート意見があることが、2020 年 GEC (サンディエゴ) の招待講演者決定の必要条件です。今後、2020 年 GEC における招待講演者推薦に関する電子メールが届きましたら、本分科会会員の皆様には積極的な推薦をお願いいたします。

GEC では、優れた研究を行う学生を奨励するために、GEC Student Award for Excellence と GEC Student-Poster Prizes という賞が設けられています。前者は口頭発表、後者はポスター発表が対象で、いずれも事前申請が必要となります (詳細は GEC の HP を参照)。特に、博士後期課程の学生さんのチャレンジに期待します。

【重要日程】

- ・発表申込および予稿投稿の締切：
2019 年 5 月 31 日 (米国東部夏時間)
- ・GEC Student Award for Excellence と Student Travel Grant の締切：2019 年 6 月 2 日
- ・GEC Student-Poster Prizes の締切：
2019 年 10 月 24 日
- ・会議会期：2019 年 10 月 28 日～11 月 1 日

【会議ホームページ】

<http://apsgec.org/gec2019/>

行事案内

The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11)

金沢大学 田中康規

APSPT-11 が 2019 年 12 月 11 日～12 月 14 日の 4 日間にわたり石川県金沢市の金沢商工会議所において開催されます。是非ともアブストラクトをご投稿頂き、ご参加ください。

APSPT (Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology)は、台湾のプラズマ科学技術者と日本のプラズマ科学技術者との交流を意図して作られた国際シンポジウムであり、隔年で台湾にて開催されてきました。日本側の主の受け入れ団体は電気学会プラズマ技術委員会（電気学会プラズマ技術委員会は、放電技術委員会とパルスパワー技術委員会と統合して、2019 年 1 月 1 日付で電気学会放電・プラズマ・パルスパワー技術委員会となりました）、今回は日本学術振興会 153 委員会にも協賛いただいています。これまでに APSPT は 10 回開催されており、第 9 回には、初めて台湾を出て日本・長崎で開催されました。これ以降は、日本と台湾の交互開催が予定されており、APSPT-11 は日本での 2 回目の開催となります。

APSPT-11 会議のトピックは、昨今の日本・台湾、さらには世界のプラズマ研究動向も踏まえ、以下の 13 個のトピックを設定しています：

1. Fundamentals of plasmas
2. Plasma diagnostics and modeling
3. Thermal plasmas
4. Low pressure plasmas
5. High-pressure and multiphase plasmas
6. Space plasmas
7. Plasmas in biomedical and agricultural

applications

8. Plasmas in energy and environmental applications
9. Plasmas in materials processing, coating and surface modifications
10. Plasmas in nano-materials processing
11. Plasmas in aerospace/space applications
12. Advanced and novel plasma technologies and sources
13. Other plasmas

基調招待講演(Plenary Invited Lecture) は、日本から 2 名、台湾から 2 名の講演となり、日本からは、九州大学・渡辺隆行先生と、日立製作所の栗原優様とにご依頼しています。そのほか Keynote invited lecture を 12 件予定しています。例年どおり、一般投稿講演は、口頭発表が 60 件、ポスター発表が 100 件程度とかなり多くを期待しています。若手研究者発表賞の設定も例年どおり行う予定です。学生さんの参加も歓迎しています。

-Website: <http://apspt11.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

-One-page abstract submission deadline:

11 September, 2019

-Pre-registration Deadline: 11 October 2019

12 月の金沢は、雪の兼六園がみられる可能性があります。蟹が解禁される観光シーズンですので、ぜひとも**早めにホテルをご予約**いただけますと幸甚です。

第 18 回プラズマエレクトロニクス賞受賞候補論文の募集

名城大学 平松美根男

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

■ 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、国際会議などで発表され、かつ 2017 年、2018 年、2019 年に発行の国際的な学術刊行物（JJAP など）に掲載された原著論文。受賞者は、表彰の時点においてプラズマエレクトロニクス分科会会員あるいは応用物理学会会員とする。

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

■ 提出書類

以下の書類各 1 部、およびそれらの電子ファイル(PDF ファイル)一式

- ✓ 候補論文別刷(原著論文 1 件、コピーでも可、第 1 ページに候補論文と朱書する。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 字程度でわかりやすく記述）

■ 表彰

2020 年春季応用物理学関係連合講演会期間中に行います。受賞者には賞状および記念品を贈呈いたします。また 2020 年秋季応用物理学会学術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

2019 年 12 月 20 日（金）当日消印有効

■ 書類提出先

〒113-0031 東京都文京区根津1-21-5
応物会館

公益社団法人応用物理学会

プラズマエレクトロニクス分科会幹事長

（封筒表に「プラズマエレクトロニクス賞応募」と朱書のこと）

なお、プラズマエレクトロニクス賞規定他、詳細な情報については、プラズマエレクトロニクス分科会のホームページ

<http://annex.jsap.or.jp/plasma/>
をご覧ください。

2019 年度(令和元年度) プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿

	氏名	所属	住所・電話	メールアドレス
幹事長	平松 美根男	名城大学 理工学部 電気電子工学科	〒468-8502 名古屋市中区塩釜口 1-501 TEL: 052-838-2298 FAX: 052-832-1235	mnhrmt@meijo-u.ac.jp
副幹事長	赤塚 洋	東京工業大学 科学技術創成研究院 先端原子力研究所	〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1-N1-10 TEL: 03-5734-3379 FAX: 03-5734-3379	hakatsuk@nr.titech.ac.jp
副幹事長	古閑 一憲	九州大学大学院 システム情報科学研究院 電子デバイス工学部門	〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 TEL: 092-802-3734	koga@ed.kyushu-u.ac.jp
副幹事長	友久 伸吾	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 パワーデバイス技術部	〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1 TEL: 06-6497-7082 FAX: 06-6497-7285	Tomohisa.Shingo@cw.Mitsubishi Electric.co.jp
幹事 任期 2020年3月	飯野 大輝	東芝メモリ株式会社	〒235-0017 神奈川県横浜市磯子区新磯子町33 TEL: 050-3175-6200	daiki.iino@toshiba.co.jp
"	伊藤 剛仁	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5-504 TEL: 04-7136-3797 FAX: 04-7136-3798	tsuyohito@plasma.k.u-tokyo.ac.jp
"	内田 諭	首都大学東京 システムデザイン研究科	〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL: 04-2677-2749 FAX: 04-2677-2756	s-uchida@tmu.ac.jp
"	江藤 宗一郎	(株)日立製作所 研究開発グループ	〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280 TEL: 050-3159-9219	soichiro.eto.tn@hitachi.com
"	呉 準席	大阪市立大学 工学研究科	〒545-8585 大阪市阿倍野区旭町1-4-3	jsoh@osaka-cu.ac.jp
"	大島 啓示	ソニーセミコンダクタソリューションズ (株) 第2研究部門	〒243-0014 神奈川県厚木市旭町 4-14-1	Keiji.Ohshima@sony.com
"	近藤 博基	名古屋大学大学院 工学研究科 電子情報システム専攻 堀・関根研究室	〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町	hkondo@nagoya-u.jp
"	清水 一男	静岡大学 イノベーション社会連携推進機構	〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1 TEL&FAX: 05-3478-1443	shimizu@cjr.shizuoka.ac.jp
"	鈴木 歩太	東京エレクトロンテクノロジー ソリューションズ(株)	〒407-0192 山梨県斐崎市穂坂町三ツ沢 650 TEL: 05-5123-4228	ayuta.suzuki@tel.com
"	高島 圭介	東北大学 電子工学専攻・金子加藤研究室	〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05	takashima@ecei.tohoku.ac.jp
"	光木 文秋	熊本大学大学院 自然科学研究科 環境エレクトロニクス研究室	〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2 丁目 39-1 黒髪南キャンパス総合研究棟 TEL&FAX: 096-342-3572	mitsugi@cs.kumamoto-u.ac.jp
"	向笠 忍	愛媛大学 理工学研究科 生産環境工学専攻 熱及び物質移動学研究室	〒790-8577 愛媛県松山市文京町3	mukasa.shinobu.me@ehime- u.ac.jp
"	山田 英明	産業技術総合研究所 関西センター	〒563-8577 大阪府池田市緑丘 1 丁目 8 番 31 号 TEL&FAX: 072-751-9631	yamada-diamond@aist.go.jp

幹事 任期 2021年3月	佐藤 直幸	茨城大学大学院 理工学研究科 量子線科学専攻	〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL: 0294-38-5109	naoyuki.sato.ele@vc.ibaraki.ac.jp
"	田中 康規	金沢大学 理工研究域電子情報通信学	〒920-1192 石川県金沢市角間町	tanaka@ec.t.kanazawa-u.ac.jp
"	竹田 圭吾	名城大学 理工学部 電気電子工学科	〒468-8502 名古屋市中天白区塩釜口 1-501	ktakeda@meijo-u.ac.jp
"	猪原 武士	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科	〒857-1193 長崎県佐世保市沖新町 1-1 TEL: 0956-34-8476	ihara@sasebo.ac.jp
"	西山 修輔	北海道大学 工学研究院 量子理工学部門	〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目	shu@eng.hokudai.ac.jp
"	奥村 賢直	一関工業高等専門学校 未来創造工学科	〒021-8511 岩手県一関市萩荘字高梨	okumura@ichinoseki.ac.jp
"	兒玉 直人	名古屋大学 大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 横水研究室	〒464-8603 愛知県名古屋市中千種区不老町	kodama@nuee.nagoya-u.ac.jp
"	占部 継一郎	京都大学 大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 推進工学研究室	〒615-8540 京都市西京区京都大学 桂C3-b3S18 TEL: 075-383-3788	urabe.keiichiro.3x@kyoto-u.ac.jp
"	田上 英人	北九州工業高等専門学校 生産デザイン学科 電気電子コース	〒802-0985 福岡県北九州市小倉南区 志井 5-20-1	tanoue@kct.ac.jp
"	佐藤 哲也	山梨大学 工学部 先端材料理工学科	〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL&FAX: 055-220-8627	tetsu-sato@yamanashi.ac.jp
"	山羽 隆	ウエスタンデジタル (株)	〒512-8550 三重四日市市山之一色町 800	Takashi.Yamaha@sandisk.com
"	生沼 学	三菱電機 (株) 先端技術総合研究所 環境システム技術部 放電応用グループ	〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1 TEL: 06-6497-7069	Oinuma.Gaku@dw.MitsubishiElectr ic.co.jp
"	永井 久雄	パナソニック株式会社 マニファクチャリングソリューション センター	〒571-8502 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 TEL: 080-9940-7267	nagai.hisao@jp.panasonic.com

2019 年度(令和元年度)分科会幹事役割分担

役割分担	新任		留任	
幹事長			平松 美根男	名城大学
副幹事長			赤塚 洋	東京工業大学
			古閑 一憲	九州大学
			友久 伸吾	三菱電機
1. 庶務・分科会ミーティング	竹田 圭吾	名城大学	内田 諭	首都大学東京
2. 春秋講演会シンポジウム シンポジウム・海外招待講演 分科内招待講演 チュートリアル講義			古閑 一憲	九州大学
	田中 康規	金沢大学	山田 英明	産業技術総合研究所
	佐藤 直幸	茨城大学	呉 準席	大阪市立大学
	猪原 武士	佐世保工業高等専門学校	近藤 博基	名古屋大学
	山羽 隆	ウエスタンデジタル	飯野 大輝	東芝メモリ
3. プラズマプロセス研究会 H30 年度：SPP H31 年度：ICRP/ICPIG			赤塚 洋	東京工業大学
	田中 康規	金沢大学	伊藤 剛仁	東京大学
	佐藤 直幸	茨城大学	呉 準席	大阪市立大学
	奥村 賢直	一関工業高等専門学校	清水 一男	静岡大学
	田上 英人	北九州工業高等専門学校	向笠 忍	愛媛大学
4. 光源物性とその応用研究会				
5. プラズマ新領域研究会			古閑 一憲	九州大学
	西山 修輔	北海道大学	光木 文秋	熊本大学
	佐藤 哲也	山梨大学	伊藤 剛仁	東京大学
	猪原 武士	佐世保工業高等専門学校	清水 一男	静岡大学
6. インキュベーションホール			赤塚 洋	東京工業大学
	佐藤 哲也	山梨大学	内田 諭	首都大学東京
	奥村 賢直	一関工業高等専門学校	鈴木 歩太	東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ
	竹田 圭吾	名城大学	高橋 圭介	東北大学
	兒玉 直人	名古屋大学	近藤 博基	名古屋大学
7. プラズマエレクトロニクス講習会			友久 伸吾	三菱電機
	占部 継一郎	京都大学	山田 英明	産業技術総合研究所
	永井 久雄	パナソニック	飯野 大輝	東芝メモリ
	生沼 学	三菱電機	大島 啓示	ソニーセミコンダクタソリューションズ
	山羽 隆	ウエスタンデジタル	鈴木 歩太	東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ
			江藤 宗一郎	日立製作所
8. 会誌編集・書記	兒玉 直人	名古屋大学	向笠 忍	愛媛大学
	永井 久雄	パナソニック	大島 啓示	ソニーセミコンダクタソリューションズ
9. ホームページ	西山 修輔	北海道大学	高島 圭介	東北大学
10. 会計	田上 英人	北九州工業高等専門学校	光木 文秋	熊本大学
11. プラズマエレクトロニクス賞			平松 美根男	名城大学
12. アカデミックロードマップ (戦略企画室)			古閑 一憲	九州大学
			平松 美根男	名城大学
13. PE 懇親会 秋：札幌，春：東京	生沼 学	三菱電機	江藤 宗一郎	日立製作所
	占部 継一郎	京都大学	呉 準席	大阪市立大学
GEC 委員 (オブザーバー)			枡久保 文嘉	首都大学東京

2019年度（令和元年度）分科会関連の各種世話人・委員

- | | | |
|--|--------|----------------------|
| 1. 応用物理学会講演会プログラム編集委員 | | |
| 8 大分類代表 | 神野 雅文 | (愛媛大) |
| 8.1 プラズマ生成・診断 | 富田 健太郎 | (九大) |
| 8.2 プラズマ成膜・エッチング・表面処理 | 竹中 弘祐 | (阪大) |
| | 木村 光広 | (東芝メモリ) |
| 8.3 プラズマナノテクノロジー | 古閑 一憲 | (九大) |
| 8.4 プラズマライフサイエンス | 栗田弘史 | (豊橋技科大) |
| 8.5 プラズマ現象・新応用・融合分野 | 白井 直機 | (北大) |
| | 石島達夫 | (金沢大) |
| 8.6 Plasma Electronics English Session | 神野 雅文 | (愛媛大) |
| 2. 応用物理学会理事 | 木下 啓蔵 | (PETRA) |
| 3. 応用物理学会代議員
(分科会推薦, 各支部推薦等) | 一木 隆範 | (東大) |
| | 木下 啓蔵 | (PETRA) |
| | 古閑 一憲 | (九大) |
| | 宮原 奈乃華 | (九大) |
| | 本村 英樹 | (愛媛大) |
| 4. GEC 組織委員会委員 | 枋久保 文嘉 | (首都大) |
| 5. 応用物理学会本部委員会 | | |
| 機関誌企画・編集委員会 | 赤塚 洋 | (東工大) |
| 論文誌企画・編集委員会 | 斧 高一 | (京大/阪大) |
| | 栗原 一彰 | (東芝研究開発センター) |
| | 伊藤 剛仁 | (東大) |
| 講演会企画・運営委員会 | 一木 隆範 | (東大) |
| 6. フェロー
(受賞時の所属で記載。元分科会会員を含む。) | 大森 達夫 | (三菱電機) |
| | 岡本 幸雄 | (東洋大) |
| | 小田 俊理 | (東工大) |
| | 斧 高一 | (京大) |
| | 河野 明廣 | (名大) |
| | 木下 啓蔵 | (PETRA) |
| | 近藤 道雄 | (産総研) |
| | 寒川 誠二 | (東北大) |
| | 白谷 正治 | (九大) |
| | 菅井 秀郎 | (名大) |
| | 高井 まどか | (東京大学) |
| | 橘 邦英 | (京大) |
| | 辰巳 哲也 | (ソニーセミコンダクタソリューションズ) |
| | 寺嶋 和夫 | (東大) |
| | 斗内 政吉 | (阪大) |
| | 永津 雅章 | (静大) |
| | 中山 喜萬 | (阪大) |
| | 庭野 道夫 | (東北大) |

畠山 力三	(東北大)
林 久貴	(東芝メモリ)
平松 美根男	(名城大)
藤山 寛	(長崎大)
堀 勝	(名大)
真壁 利明	(慶大)
渡辺 征夫	(九州電気専門学校)

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

活動報告

2018年度 第3回プラズマエレクトロニクス分科会幹事会 議事録

開催日時：2019年3月10日(日) 11:45～13:15

開催場所：東工大 大岡山キャンパス 本館 B1F M103 会場

進行：平松幹事長（名城大）

本幹事会は、第17回プラズマエレクトロニクス賞授賞式および意見交換会に引き続き、インフォーマルミーティングとして実施された。

1. 第17回プラズマエレクトロニクス賞選考結果報告

平松幹事長（名城大）よりプラズマエレクトロニクス賞の選考結果について報告があった。

2. 応用物理学会（東京工業大学・2019.3）シンポジウムなどの状況

古閑副幹事長（九大）から春季講演会シンポジウムの状況について報告があった。

3. 応用物理学会（東京工業大学・2019.3）チュートリアルの状況

古閑副幹事長（九大）から春季講演会チュートリアルについて報告があった。

4. 2019年度秋季学術講演会・シンポジウム企画など

古閑副幹事長（九大）から2019年度秋季応用物理学会シンポジウム案、招待講演の候補者などについて紹介された。

5. 第29回・第30回・第31回プラズマ新領域研究会報告

古閑副幹事長（九大）から平成30年度に開催されたプラズマ新領域研究会について報告があった。

6. プラズマプロセッシング研究会報告

八田先生（高知工科大）より、1/15～17にプラズマ材料科学シンポジウムと合同開催された第36回プラズマプロセッシング研究会（SPP36/SPSM31）の開催報告がされた。参加者133名、講演件数98件と前回より減少。

7. 第29回プラズマエレクトロニクス講習会

友久副幹事長（三菱電機）から講習会の報告があった。アンケート結果から講習会は概ね好評であったことが報告された。

8. 会報について

大島幹事（ソニーセミコンダクタソリューションズ）からNo.70会報の目次案の紹介があった。

9. 2018年度 会計報告

黒木幹事から2018年度の分科会決算について報告があり、承認された。

10. 関連会議 実施報告・開催予定

各先生方から、関連会議の実施報告および開催予定について説明がなされた。

11. 2019年度 分科会新幹事について

平松幹事長（名城大）から分科会新幹事の紹介があった。

2019年度 第1回プラズマエレクトロニクス分科会幹事会 議事録

開催日時：2019年4月13日(土) 13:30~16:40

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

進行：平松幹事長 (名城大)

1. 幹事紹介・挨拶

平松幹事長 (名城大) および出席した新旧幹事より挨拶がなされた。

2. 役割紹介

平松幹事長 (名城大) より各幹事の役割が提案され、承認された。

3. 応用物理学会 (東工大・2019.3) シンポジウムなど

古閑副幹事長 (九大) からシンポジウムを含む春季講演会の概要について報告があった。シンポジウムでは活発な議論が行われ、チュートリアルアンケート結果も好評だったと説明された。

4. 応用物理学会 (北海道大学・2019.9) について

古閑副幹事長 (九大) から、シンポジウムのテーマと講師案、海外招待講演者案の説明があった。また、分科内招待講演の候補者についても紹介があった。

5. プラズマ新領域研究会について

古閑副幹事長 (九大) より、プラズマ新領域研究会の開催テーマについて説明があった。

6. 第13回インキュベーションホール (2019.9) について

内田先生 (首都大) から第13回インキュベ

ーションホールの準備状況について報告があった。開催日時は2019年9月8日から10日で、国立中央青少年交流の家(御殿場)を仮予約済みである。今後、代替施設も検討予定。

7. プラズマエレクトロニクス講習会について

友久副幹事長 (三菱電機) から第30回プラズマエレクトロニクス講習会の準備状況について報告があった。開催は例年同様11月頃、東京近郊で行う予定。

8. 第37回プラズマプロセッシング研究会について

赤塚副幹事長 (東工大) から次回研究会の開催会場に関する報告があった。

9. 会報について

大島幹事 (ソニーセミコンダクタソリューションズ) から会報 No. 70 の準備状況について報告が行われた。追悼記事の掲載については、会誌編集幹事が正副幹事長と相談した上で決定することが了承された。

10. 設立30周年記念イベントについて

平松幹事長 (名城大) からプラエレ分科会設立30周年記念イベントを行う予定であることが報告されました。

11. 新旧幹事による引継ぎ

各担当による引継ぎ作業が行われた。

2019年度第2回目幹事会は、9月の応用物理学会 (北海道大学札幌キャンパス) 会期中にて実施のインフォーマルミーティング内で執り行う予定。

(記：大島 啓示 (ソニーセミコンダクタソリューションズ))

プラズマエレクトロニクス関連会議日程

(国際会議)

2019. 6.24-28

The IEEE 46th International Conference on Plasma Sciences (ICOPS 2019)
Orlando, USA

<https://www.clocate.com/conference/ieee-international-conference-on-plasma-sciences-icops/2110/>

2019. 7. 8-12

EPS 46th Conference on Plasma Physics 2019
Milan, Italy

<https://www.epsplasma2019.eu/>

2019. 7. 14-19

34th International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG2019)/10th International
Conference on Reactive Plasmas (ICRP10)

Sapporo, Japan

<http://icpig2019.qe.eng.hokudai.ac.jp/>

2019. 10. 20-25

AVS 66th International Symposium & Exhibition
Columbus, USA

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

2019. 10. 28-11.1

72nd Annual Gaseous Electronics Conference
College Station, USA

<http://apsgec.org/gec2019/>

2019. 11. 21-22

The 41st International Symposium on Dry Process (DPS2019)
Hiroshima, Japan

<http://www.dry-process.org/2019/>

2019. 12. 1-6

2019 Material Research Society (MRS) Fall Meeting and Exhibit
Boston, USA

<https://www.mrs.org/fall2019>

2019. 12. 11-14

The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology
(APSPT-11)

Kanazawa, Japan

<http://apspt11.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

2020. 1. 12-18

2020 Winter Conference on Plasma Spectrochemistry
Tucson, USA

http://www.icpinformation.org/Winter_Conference.html

(国内会議・会合)

2019. 9. 3-4

電気学会 平成 30 年基礎・材料・共通部門大会
岩手大学上田キャンパス理工学部、岩手県

<http://www.iee.jp/fms/>

2019. 9. 10-13

2019 年日本物理学会秋季大会（物性）
岐阜大学、岐阜県

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

2019. 9. 18-21

第 80 回応用物理学会秋季学術講演会
北海道大学 札幌キャンパス、北海道

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

当会報への広告掲載について

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

1. 契約の種類

(A) 年間契約コース

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

(B) 単号契約コース

特定の号のみの掲載。

2. 掲載位置

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

3. 入稿

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

4. 広告掲載料

掲載料は下表の通りとします。なお、年間契約

の場合も申し込み時点で一括請求とさせていただきます。

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

※カッコ内は賛助会員企業

5. 問い合わせ先

〒113-0031 東京都文区根津 1-21-5

応物会館 2階

公益社団法人 応用物理学会

TEL: 03-3828-7723

FAX: 03-3823-1810

Email: divisions@jsap.or.jp

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

編集後記

この度、プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.70 を発行することが出来ました。ご多忙の中、原稿をご執筆いただいた方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

巻頭言では今春より、APEX/JJAP 専任編集長に就任された斧先生より、これから論文を書く研究者の方に向けた寄稿を頂きました。論文は執筆した本人の功績として残るだけでなく、科学技術分野における日本の地位向上にも関わるとても大切なことであることを再認識するとともに、企業に籍を置く者として、仕事に対するモチベーションの一つとしての論文発表が決して否定されない風土づくりに努めたいと思いました。

第 17 回プラズマエレクトロニクス賞を受賞された産業技術総合研究所の布村様および東芝メモリ（株）大村様に原稿をお寄せいただき、受賞論文を明快にご紹介頂きました。

研究室紹介コーナーでは、北海道大学の白井直機先生に佐々木・白井研究室の様子をご紹介頂きました。研究内容や実験設備だけでなく、北大生のキャンパスライフや研究室の雰囲気も伝わってきて、楽しく読んでいただけるのではないのでしょうか。

学生のためのページでは九州大学の渡辺隆行先生より『熱プラズマプロセスの基礎と応用』と題して、熱プラズマを発生させるシステムから、プラズマ特性を把握する上で重要な電極温度の計測や産業に応用されつつあるナノ粒子の合成と廃棄

物処理システムについて分かりやすくご紹介頂きました。

海外の研究事情では、東京エレクトロン宮城株式会社 福永様より、名古屋大学在籍時にアメリカのテキサス州オースティンにある Tokyo Electron America, Inc. Austin Plasma Lab.にて、インターンシップ生として研究活動されていたことを中心にご紹介頂きました。「聞くは一時の恥、聞かぬは一生の恥」という諺がありますが、「分からないことは質問する」ことが異国の地で信頼関係を築く上で大切なことであり、また、企業においても「発表や議論に積極的に参加する雰囲気をつくること」は大事なことだと感じました。

優れた研究を紹介する欄では、応用物理学会講演奨励賞を受賞された九州大学の宮原 奈乃華様および愛媛大学 池田 善久先生に受賞対象の研究を解説頂きました。

最後に、幹事長、副幹事長をはじめとする分科会会員の皆様には本誌編集にあたり、多大なご協力を賜りました。また、応用物理学会事務局分科会担当の小田様には締切り直前まで最終稿を校正頂きました。心より御礼申し上げます。尚、分科会会報では、各種報告や行事案内を随時募集しております。今後ともプラズマエレクトロニクス分科会会報をどうぞ宜しくお願いいたします。

（令和元年度会報編集担当：

大島、向笠、永井、兒玉）

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.70
2019年 6月20日 発行
編集:公益社団法人応用物理学会
プラズマエレクトロニクス分科会
幹事長 平松 美根男
発行:公益社団法人応用物理学会
〒113-0031 東京都文京区根津一丁目 21 番 5 号
応物会館
(©2019 無断転載を禁ず)