

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18360140

研究課題名（和文） 圧電トランスを用いた小型プラズマリアクタの開発

研究課題名（英文） Development of Compact Plasma Reactors Constructed by Piezoelectric Transformer

研究代表者

伊藤 晴雄（ITO HARUO）

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：90083849

研究成果の概要：

本研究では、小型高電圧発生素子である圧電トランス(PT)を用いたプラズマリアクタの実用化を目的とし、PT により発生する誘電体バリア放電(DBD)の放電現象を明らかにしながら、実用器機への応用を検討した。PT により開発したオゾン発生器の内部に使用する誘電体電極の材料効果について検討し、高効率でのオゾン生成が可能な誘電体材料を見出した。各種希ガス中で PT により DBD を生成し、172 nm と 126 nm の真空紫外光を放射する小型エキシマランプを開発した。DBD 中で発光輝点が規則正しく整列する自己組織化現象の発生条件と誘電体表面の蓄積電荷の存在を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	12,300,000	3,690,000	15,990,000
2007 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野： 気体エレクトロニクス

科研費の分科・細目： 電力工学・電力変換・電気機器

キーワード： 自己組織化, プラズマリアクタ, 電子放出, 圧電トランス, 誘電体バリア放電

1. 研究開始当初の背景

本研究は放電プラズマを従来とは異なった方法で生成し、その放電諸特性を明らかにすると共に、これを実用機器に応用しようとする提案である。ここでは強誘電体 $\text{Pb}(\text{Zr} \cdot \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT) の圧電効果を利用した圧電トランス (PT) を用いる。PT は既に液晶ディスプレイの小型バックライト用インバータとして用いられ、情報機器の小型化に大きく貢献している。これは PT 駆動部に PT の機械振動の固有振動数と同じ周波数の交流電圧印加により生じる機械振動の共振現象を利用した

電気-機械エネルギー変換素子であり、これを利用して PT 発電部に高電圧を発生させている。これまでの使い方は、発電部先端に設けた電極からリード線により負荷に高電圧を供給する方式によっていた。即ち、PT の高電圧電源としての機能しか使っていなかった。

これに対して、申請者は PT 自身の機械振動により、その先端だけでなく PT 発電部全面に亘って高電圧が誘起される事実に注目し、PT 自身を放電電極としても用いることで、その周囲の気体分子が励起、電離され、放電

プラズマが発生することを確認した。この場合、PT 自身が高電圧電源と放電電極を兼ねるので、これらを結ぶ配線を必要とせず装置がコンパクトになるという利点がある。これにより、従来から問題であったプラズマ発生装置の大型化を解消し、他の方法と比較して小規模な装置で構成できることになった。従って様々な分野での応用が期待でき、これを具体化しようとするのが本研究の構想である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、圧電効果により高電圧を発生する PT 表面を放電電極としたプラズマリアクタの実用化を目指し、PT がつくる放電プラズマの特徴を明らかにしながら、その応用について検討することである。これを実現するため、PT を用いたプラズマリアクタの基礎動作特性とその応用機器の開発を行う計画を立てた。

(1) PT がつくる放電プラズマの諸特性

① PT 表面からの電子放出現象

PT を真空中で駆動すると、その表面から電子放出が起こっていると思われる結果を得た。そこで PT 表面からの電子放出を確認するため、電子増倍管とマルチチャンネルスケーラを用いて検出し、その現象解明を行う。

② PZT を陰極とした際の 2 次電離係数測定

グロー放電や DBD などの放電開始には、正イオンが陰極に衝突した際に 2 次電子を放出する γ 作用が重要な役割を果たす。 γ は 2 次電離係数とも呼ばれ、電極材料とここへの入射粒子に依存する。この値が大きいほど放電が進展しやすく、各種放電実用機器では陰極材料の γ の値を知ることや、これを基に γ の大きい値を持つ陰極材料の選択が重要である。本研究では強誘電体 PZT 製の PT が放電電極としての役割を果たすので、この値を測定する。

③ PT により発生する DBD 放電状態の観測

PT により空気中で発生させた DBD は、PT 表面に多数のスポット状の輝点として観測されたが、これが誘電体電極の温度上昇に伴い電極全面が均一に発光するグロー状に変化することを報告した。DBD の放電状態には幾つか存在し、上記の放電状態に加えフィラメント放電が規則正しく配列する自己組織化現象などその発生機構については十分明らかにされていない。更に、DBD の放電状態が電極温度に依存するという報告も見受けられないので、この点を明らかにしたい。又、He ガスに僅かな空気の混入により自己組織化現象が観測される結果を得ているので、これも併せて調べたい。本研究では、DBD 発光観測用の放電容器を構成し、これ

に冷却装置と温度制御、測定装置を取り付け、PT により発生する DBD の放電状態を詳細に調べ DBD 発生機構の解明も行う。

(2) PT を用いたプラズマリアクタの応用機器の開発

④ PT を用いたオゾン発生器

過去に提案した PT 型オゾン発生器は、高効率でのオゾン生成が可能であるが、1 枚の PT で発生できるオゾン濃度は最大 20 g/Nm^3 と比較的低い。今後は工業用オゾン発生器への応用も視野に入れ、複数の PT を並列駆動することで、より高濃度のオゾンが大流量で得られる PT 型オゾン発生器の開発を行う。

⑤ PT を用いた各種小型光源

PT を用いて小型エキシマランプを構成し、He/Xe 混合ガス中で駆動した際に $\text{Xe}2^*$ エキシマから放射される 172 nm の VUV を予備実験により確認している。今後は、VUV 光の分光測定を行い、更に詳細なデータを収集しながら、発光強度の絶対値測定を行う。

また、PT がつくるグロー放電により蛍光体が励起される現象を利用した小型蛍光ランプの開発を行う。現在、用いられている蛍光ランプには微量の水銀が含まれているが、水銀は人体や環境などに悪影響を及ぼすため、水銀フリーの蛍光ランプの開発が現在進められている。本研究でもこの点を配慮し、PT を用いることでよりコンパクトで低電圧駆動の蛍光ランプ実現を目指す。

3. 研究の方法

上述したように、本研究は「PT により発生する放電プラズマの諸特性」と「応用機器の開発」を同時平行で推進した。本申請の研究期間内において、特に上述の③～⑤について興味深い研究成果を得た。①と②については引き続き検討中である。

PT を用いた DBD オゾン発生器では、PT の並列運転により、高濃度のオゾンを高効率で生成可能であることがわかったが、リアクタ内部に使用する誘電体電極材料により、オゾン生成に大きな違いが現れることを見出した。そこでオゾン生成特性の誘電体材料効果を中心に研究を進めた。

PT を用いた各種光源では、He/Xe 混合ガスならびに Ar を放電ガスとしたエキシマランプについて検討した。VUV 領域での分光測定を行い、 $\text{Xe}2^*$ エキシマが放射する 172 nm ならびに Xe 共鳴線による 147 nm 、 $\text{Ar}2^*$ エキシマによる 126 nm の VUV 発光を観測し、その放電特性や VUV 発光強度のガス圧力依存性について議論した。

PT により発生する DBD 放電状態の観測では、He と Ar 中の DBD において PT 表面に六角形のスポットを形成する自己組織化現

象 (SOP) について検討した。DBD の SOP は、He や Ar、Ne などの希ガス中で発生することが知られているが、申請者は SOP の形成に微量の空気混入が必要であることを見出した。そこで、SOP 形成に関与する気体成分を明らかにするために、Ar に酸素や窒素、純空気、空気を混入した際の、DBD の放電ならびに発光特性について検討した。

4. 研究成果

(1) PT を用いたオゾン発生器の誘電体電極がオゾン生成に及ぼす影響

本研究では 2 枚の PT による並列駆動型オゾン発生器を用いた。アルミニウム製のリアクタ内部に、PT 表面とアルミニウム製背後電極を有する誘電体電極を 0.3 mm の空隙を隔てて対向させて配置し、DBD 電極を構成している。従って、放電ギャップ長は 0.3 mm である。試料ガスには純酸素を用い、このギャップ間に酸素ガスを供給しながら、PT を駆動すると、ギャップ間で DBD が発生し、試料ガスが放電空間を通過した際その一部がオゾンとなる。ガス流量は 0.3~1.5 L/min とし、オゾン濃度はガス流出口の後段に接続されたオゾンモニタにより測定した。

本実験で使用した 4 種類の誘電体電極材料の熱伝導率と比誘電率を表 1 に示す。各材料の物理的、化学的、電気的性質は異なるが、ここでは各材料の熱伝導率に注目し、各材料を熱伝導率が低い順に試料 A~D と表記した。

表 1 誘電体電極材料の熱伝導率と比誘電率

試料	A	B	C	D
熱伝導率 κ (W/m·K)	0.75	20	96	184
比誘電率 ϵ_r	7.5	9.4	6.9	9.1

図 1 は試料 A~D を誘電体電極としてオゾンを生成し、その濃度の時間変化を測定した結果である。PT の 1 次側電圧を 90 V、ガス流量を 0.3 L/min 一定として時間 t=0 秒においてオゾン発生器の駆動を開始し、300 秒間オゾン濃度を記録した。試料 A の結果では、オゾン発生器を駆動すると、約 18 秒後にオゾン濃度が立ち上がり、t=25 秒で最大オゾン濃度 88.6 g/Nm³ を示した。その後、オゾン濃度は時間と共に徐々に減少し、100 秒以降でオゾン濃度は 59.5 g/Nm³ 一定となった。このように、駆動開始直後は高いオゾン濃度が得られるものの、時間と共にオゾン濃度が減少して定常値となる結果となった。この時、オゾン濃度の最大値 C_m と定常値 C_s との差をオゾン濃度減少量 ΔC とすると、これは 29.1 g/Nm³ であり、 C_m に対するオゾン濃度の減少率 ($\Delta C/C_m \times 100$) は約 33% となる。このようなオゾン濃度の減少は、リアクタ内部の温度上昇に伴うオゾンの分解が原因と考えられる。

試料 B~D の結果においても同様の傾向が観測された。各試料で得られたオゾン生成特

性の結果を表 2 に示す。この結果より、試料 D を除けば誘電体電極の熱伝導率が高い程、オゾン濃度の減少量が低く、高濃度のオゾンが得られることがわかった。これは熱伝導率の高い材料を誘電体電極に用いることで、リアクタ内部で生じた熱が外部に効率よく伝達され、熱によるオゾン分解を抑制できたためと考えている。又、DBD の電圧電流波形やリサージュ図形の測定結果から、オゾン生成特性は誘電体材料により異なる放電状態にも依存する結果を得ており、PT を用いたオゾン発生器に限らず、DBD 型オゾン発生器により高濃度のオゾンを高い生成効率で得るためにはリアクタ内部の温度上昇を抑えること、放電状態を制御するという 2 つの面から誘電体電極の選択が重要であることを明らかにした。これらの成果は第 28 回電離気体現象国際会議、電気学会プラズマ・放電合同研究会、28th IEEE International Power Modulator Conference、電気学会全国大会等で発表し、現在、Plasma Sources, Science and Technology 誌に論文として投稿中である。

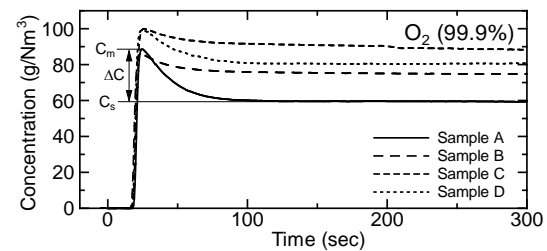


図 1 オゾン濃度の時間変化

表 2 各誘電体電極材料によるオゾン生成特性

試料	A	B	C	D
エネルギー密度 W/Q (W·min/L)	24.7	28.6	25.1	28.8
最大オゾン濃度 C_m (g/Nm ³)	88.6	85.9	99.9	99.2
オゾン濃度定常値 C_s (g/Nm ³)	59.5	74.8	88.6	80.6
オゾン減少量 $\Delta C = C_m - C_s$ (g/Nm ³)	29.1	11.1	11.3	18.6
オゾン減少率 $\Delta C/C_m \times 100$ (%)	32.8	12.0	11.3	18.8

(2) PT を用いた小型エキシマランプの開発

図 2 は PT を用いた小型エキシマランプの構造である。PT の寸法は 60×10×1 mm の Rosen 型である。PT2 次側表面とギャップを介して対向させた誘電体電極には厚さ 1 mm の合成石英を用いた。この石英ガラス板の背後電極には透明導電性薄膜 (ITO) を使用した。これらを図中に示すように、スペーサを介して機械振動の節となる PT の長さ方向中央部で PT と共に固定した。この状態で PT を駆動すると、PT 表面と誘電体電極間で DBD が発生する。今回の実験では PT を (1/2) λ モードで駆動した。このエキシマランプを放電容器の中央に置き、容器内をターボ分子ポン

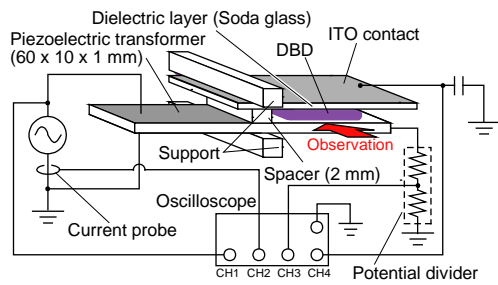


図2 エキシマランプの構造

プにより 10^{-7} Torr まで排気した後、He/Xe 10.8%混合ガスを封入した。この状態でエキシマランプを駆動し、放電容器側面より分光器を用いて発光スペクトルを観測した。

図3はHe/Xe(10%)混合ガス中でエキシマランプを動作させ分光器により測定した発光スペクトルのガス圧力依存性である。ガス圧力が低い領域では Xe($1s_4$) 共鳴線による 147 nm の発光が強いが、ガス圧力増加に伴い 147 nm の発光強度は減少し、逆に 172 nm にピークを持つ Xe₂*エキシマの発光強度が増加している。このような Xe₂*エキシマの発光強度が増加するのは、ガス圧力増加に伴い、エキシマ生成に寄与する 3 体衝突 Xe+Xe*+M→Xe₂*+Mが増えるためと考えられる。一方、ガス圧力増加による Xe 共鳴線の減少は、共鳴準位 ($1s_4$) への励起レートの減少に加え、基底状態の Xe 原子による自己吸収によるものと考えられる。

図4はAr中でエキシマランプを動作させ、観測した発光スペクトルである。この場合も Ar₂*エキシマによる 126 nm にピークを持つ発光スペクトルが得られた。本申請により、PT

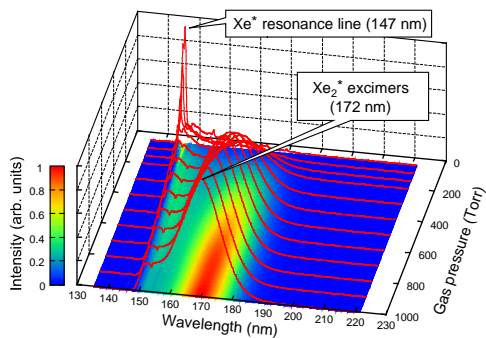


図3 エキシマランプの発光スペクトルのガス圧力依存性

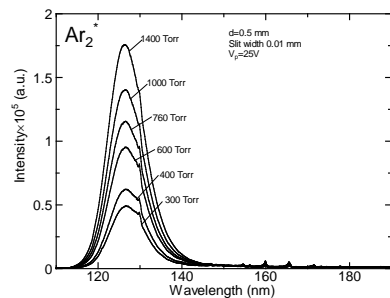


図4 Ar₂*エキシマ (ピーク波長:126 nm)

を用いて Xe₂*ならびに Ar₂*エキシマランプを開発することができた。これらの成果は、第28回電離気体現象国際会議、電気学会パルスパワー・放電合同研究会、電気学会全国大会等で発表し、IEEE Transactions on Plasma Science 誌に論文として掲載された。

(3) PTによるDBDの自己組織化現象

DBDのSOP観測で用いたPT型リアクタは図2とほぼ同様の構造である。このリアクタを放電容器中央に設置し、一旦容器内を 10^{-6} Torr オーダーまで高真空にした後、HeあるいはArガスを封入した。ガス圧力、ギャップ長、微量混入ガスである空気の分圧を調整することでSOP形成の様子を観測した。

図4はAr中で発生するDBDのSOPを一眼レフカメラにより撮影した静止画像である。放電ギャップ長は0.5 mm、ガス圧力は300 Torr、PTへの印加電圧は10 Vである。同図(a)は純粋なAr中で得られた発光であり、図中(b)~(e)はArに各種ガスを0.33%添加した場合である。(a)の純粋なAr中ではPT表面がほぼ均一に発光するグロー状であり、SOPは観測されていない。一方、(b)と(c)はそれぞれ乾燥空気、湿度を含む実験室空気の結果であるが、これらでは、グロー状の発光の中に、スポット状の輝点が六角形に規則正しく整列したSOPが形成されていることがわかる。そこで空気を構成する成分の中で、SOP形成に関与している気体を特定するために、空気の主成分である窒素と酸素を微量に添加し、同様の観測を行った。その結果を同図中(d)と(e)に示す。何れの場合もグロー状の放電中にスポット状の発光が見られるが、これらは、規則正しく整列していない。従って、今回調べた範囲ではSOP形成に微量の窒素と酸素両方の添加が必要であることがわかった。Ar中でのSOP形成に関する研究は幾つかあるが、本研究のようにSOP形成に微量の空気が関与しているという報告は見当たらない。上述した結果はSOPの発生機構を解明する上で重要な意味を持っている可能性があり、興味深いデータが得られた。これらの成果は、第19回電離気体中原子分子の物理に関する欧州会議(19th ESCAMPIG)、電気学会全国大会等で発表し、IEEE Transactions on Plasma Science 誌に論文として掲載された。

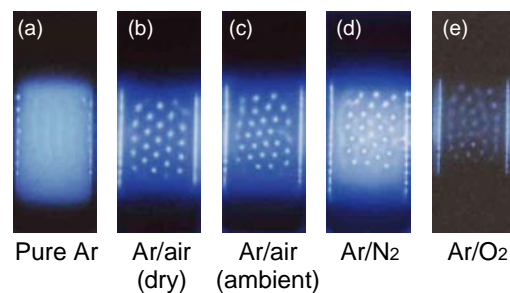


図5 Ar中で発生したDBDのSOP

- (4) 誘電体電極上の蓄積電荷により誘起された DBD 自己組織化現象

上記の研究を行った過程で、DBD 発生により誘電体電極表面上に蓄積した電荷の存在を厳密に観測できた結果が得られた。DBD は誘電体電極上に蓄積した放電電荷が、後続放電を断つと言われているが、本研究では、SOP 発生時の放電発光時間分解撮影から、この蓄積電荷の存在を放電発光観測により検証することに成功した。これらの成果は第 61 回気体エレクトロニクスカンファレンス、電気学会全国大会で発表し、電気学会論文誌に速報として掲載が決定している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- 1) 伊藤晴雄、寺西研二、鈴木進、下村直行 : 「誘電体電極上の蓄積電荷により誘起される DBD の自己組織化現象」電気学会論文誌 A (掲載決定) Vol. 129, 2009 査読有
- 2) Kazumasa Murayama, Naoaki Matsumura, Masaki Taguchi, Yasuhiro Kato, Kenji Teranishi, Susumu Suzuki and Haruo Itoh, "Experimental Investigations of Ozone Zero Phenomenon", European Physical Journal Applied Physics, Vol. 47 2009 査読有
- 3) 伊藤晴雄 : 「圧電トランスによる放電プラズマ生成とその応用」放電研究 Vol. 51, pp. 3-10 (2008) 査読無
- 4) Haruo Itoh, Kenji Teranishi, Yoshihide Hashimoto, Naoyuki Shimomura and Susumu Suzuki, "Self-Organized Patterns of Dielectric Barrier Discharge Generated by Piezoelectric Transformer", IEEE Trans. Plasma Sci., Vol. 36, pp. 1348-1349 (2008) 査読有
- 5) Kenji Teranishi, Daisuke Inada, Naoyuki Shimomura, Susumu Suzuki and Haruo Itoh, "VUV Spectroscopic Measurement for Dielectric Barrier Discharge Excited by Piezoelectric Transformer in He-Xe Mixture", IEEE Trans. Plasma Sci., Vol. 36, pp. 1340-1341 (2008) 査読有
- 6) Masaki Taguchi, Keisuke Yamashiro, Tetsumi Takano, Haruo Itoh, "Extreme Decrease of Ozone Product Using High Pure Oxygen", Plasma Processes and Polymers, Vol. 4, pp. 719-727 (2007) 査読有

- 7) Yasuhide Kashiwagi, Hironari Ito, Kazuo Noguchi, Kenji Teranishi, Susumu Suzuki and Haruo Itoh, "Observation of VUV Emission Spectra from DC Positive Corona Discharge", IEEJ Trans. FM, Vol.127, No.9, pp.537-542 (2007) 査読有
- 8) Kenji Teranishi and Haruo Itoh, "A Compact Excimer Lamp Constructed by Piezoelectric Transformer", J. Light and Vis. Env., Vol.31, No.1, pp.5-10 (2007) 査読有
- 9) Haruo Itoh, Kenji Teranishi and Susumu Suzuki, "Discharge Plasmas Generated by Piezoelectric Transformers and Their Applications", Plasma Sources, Sci. and Technol., Vol.15, pp.S51-S61 (2006) 査読有
- 10) 伊藤晴雄、寺西研二 : 「圧電トランスを用いた小型オゾン発生器の開発」オゾンニュース, No.61, pp. 3-6 (2006)
- 11) 伊藤晴雄 : 「圧電トランスを用いた小型オゾン発生器のオゾン生成特性」放電研究, Vol.49, No.2, pp. 78-80 (2006)

[学会発表] (計 29 件)

- 1) 小林和人 : 「放電の自己組織化現象と誘電体電極上の蓄積電荷」平成 21 年電気学会全国大会, 2009 年 3 月 19 日, 北海道大学
- 2) 寺西研二 : 「圧電トランス型オゾナイザの電極温度がオゾン生成に及ぼす影響」平成 21 年電気学会全国大会, 2009 年 3 月 19 日, 北海道大学
- 3) 守屋康平 : 「圧電トランスを用いた小型 Xe2*エキシマランプの開発」平成 21 年電気学会全国大会, 2009 年 3 月 17 日, 北海道大学
- 4) 守屋康平 : 「圧電トランスを用いた DBD 型エキシマランプ」2008 年放電学会年次大会, 2008 年 11 月 15 日, 早稲田大学
- 5) 島田洋司 : 「圧電トランス型オゾン発生器の電極温度がオゾン生成に及ぼす影響」2008 年放電学会年次大会, 2008 年 11 月 15 日, 早稲田大学
- 6) 寺西研二 : 「圧電トランス型プラズマリアクタの表面電位分布と放電電力の測定」2008 年放電学会年次大会, 2008 年 11 月 15 日, 早稲田大学
- 7) 伊藤晴雄 : 「圧電トランスによる放電プラズマ生成とその応用」2008 年放電学会若手セミナー, 2008 年 11 月 14 日, 八王子セミナーハウス
- 8) Haruo Itoh, "Traces of Accumulated Charges on Dielectric Electrode in Self-Organization", 61th Gaseous Electronics Conference, 2008 年 10 月

- 15 日, Texas, USA
- 9) Kazumasa Murayama, "Experimental Investigations of Ozone Zero Phenomenon", 11th International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry, 2008 年 9 月 9 日, Oleron Island, France
- 10) 寺西研二:「圧電トランスを用いた誘電体バリア放電型プラズマリアクタの動作特性」平成 20 年電気学会基礎・材料・共通部門大会, 2008 年 8 月 22 日, 千葉工業大学
- 11) Kenji Teranishi, "Occurrence condition of self-organization in barrier discharge generated by piezoelectric transformer", 19th Europhysics Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases, 2008 年 7 月 17 日, Granada, Spain
- 12) Kenji Teranishi, "DBD-type Ozone Generator Using Piezoelectric Transformers: Effect of Barrier Electrode Material on Ozone Generation", 28th IEEE International Power Modulator Conference 2008 年 5 月 28 日, Nevada, USA
- 13) 伊藤晴雄:「PT 型オゾナイザのオゾン生成効率」第 18 回日本オゾン協会年次研究講演会, 2008 年 5 月 27 日, タワーホール船堀
- 14) 橋本祥英:「圧電トランスによる誘電体バリア放電の自己組織化現象」平成 20 年電気学会全国大会, 2008 年 3 月 19 日, 福岡工業大学 (福岡県)
- 15) 寺西研二:「DBD 型オゾン発生器の誘電体電極材料がオゾン生成に及ぼす影響」平成 20 年電気学会全国大会, 2008 年 3 月 19 日, 福岡工業大学 (福岡県)
- 16) 寺西研二:「圧電トランスを用いた DBD 型オゾン発生器の開発」電気学会プラズマ/放電合同研究会, 2007 年 9 月 14 日, 北海道大学 (北海道)
- 17) Haruo Itoh: "Discharge Plasmas Generated by Piezoelectric Transformer and Their Applications: VUV Emission from Xe and Ar Excimers", 28th International Conference on Phenomena in Ionized Gases 2007 年 7 月 17 日, Prague, Czech Republic
- 18) Kenji Teranishi: "Discharge Plasmas Generated by Piezoelectric Transformer and Their Applications: Material Effect of Dielectric Barrier Electrode on Ozone Generation", 28th International Conference on Phenomena in Ionized Gases, 2007 年 7 月 17 日, Prague, Czech Republic

- 19) 寺西研二:「圧電トランスの並列運転を利用したオゾン発生器」第 17 回日本オゾン協会年次研究講演会, 2007 年 6 月 15 日, 松山市 (愛媛県)
- 20) 伊藤晴雄:「圧電トランスを用いた小型エキシマランプ」第 21 回光源物性とその応用研究会, 2006 年 10 月 2 日, 神奈川大学 (神奈川県)
- 21) 伊藤晴雄:「圧電トランス型小型プラズマリアクタの動作特性とその応用」パルスパワー/放電合同研究会, 2006 年 6 月 30 日, 蔵王温泉こまくさ荘 (山形県)
- 22) 伊藤晴雄:「圧電トランスを用いた小型オゾン発生器のオゾン生成特性」放電学会春季合同シンポジウム, 2006 年 6 月 19 日, 芝浦工業大学 (東京都)

〔産業財産権〕

○取得状況 (計 1 件)

名称: 特許
 発明者: 寺西研二、鈴木進、伊藤晴雄
 権利者: 伊藤晴雄、矢嶋明
 種類: 特許
 番号: 特許 3939577
 取得年月日: 平成 19 年 4 月 6 日
 国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 晴雄 (ITO HARUO)
 千葉工業大学・工学部・教授
 研究者番号: 90083849

(2) 研究分担者

鈴木 進 (SUZUKI SUSUMU)
 千葉工業大学・工学部・准教授
 研究者番号: 00265472

寺西 研二 (TERANISHI KENJI)
 徳島大学・大学院・助教
 研究者番号: 80435403

下村 直行 (SHIMOMURA NAUYUKI)
 徳島大学・大学院・准教授
 研究者番号: 90226283