

研究タイトル：

大気圧プラズマ源の開発と材料処理への応用



氏名： 吉木 宏之 / YOSHIKI Hiroyuki E-mail: yoshiki@tsuruoka-nct.ac.jp

職名： 教授 学位： 理学博士

所属学会・協会： 応用物理学会, 日本物理学会, 日本表面真空学会, 静電気学会

キーワード： プラズマ, 薄膜作製, SiO₂成膜, DLC 成膜, 表面クリーニング, 排水処理, 滅菌処理

技術相談
提供可能技術：
・大気圧プラズマによる SiO₂ および DLC 薄膜コーティング, 親水化処理, 有機膜の剥離。
・プラズマ・バブリング装置の試作と有機物の分解・殺菌・脱臭など排水処理に関する技術。
・減圧から大気圧までのプラズマプロセッシング技術。

研究内容： 大気圧プラズマを用いた材料加工・薄膜作製・表面処理・排水処理

1. 大気圧プラズマによる材料加工・ナノ物質の合成に関する研究

注射針(外径:0.5 mm 以下)先端から Ar, He プラズマジェットを低消費電力(1-20 W)で大気中に生成する独自技術(プラズマ・ペン)を開発した【図 1】。ノイズカットコイルのポリイミド絶縁被膜の局所剥離, シリコンウエハ等の局所エッチング(MEMS 加工への応用), カーボンナノチューブ(CNTs)や金イオンの還元反応による金ナノ粒子(AuNPs)の合成に関する研究。

2. 大気圧プラズマによる薄膜作製・表面処理に関する研究

内径 1 mm 以下の微小流路(キャピラリー)内に大気圧 μ プラズマ生成する技術を開発した【図 2】。小口径の石英管やポリマーチューブ内壁にシリカ(SiO₂), チタニア(TiO₂)薄膜をコーティングする技術。メタンを原料としたプラズマ CVD 法で Si 基板に DLC 膜を局所成膜して表面硬度 H_{IT}: 15 GPa 以上の(Si より硬い)膜を得た【図 3】。また, 市販の医療診断用のマイクロ流路チップ(断面:350×90 μm²)の内壁親水化, 基板端子の局所クリーニングやポリマー表面の親水化技術。

3. 放電プラズマ技術による持続可能な社会基盤の構築の研究

酸素や空気プラズマ, マガスを処理水中にバブリングすることで, オゾン, 酸素ラジカルや OH ラジカルによる有機物の分解, 殺菌処理を行なう研究。これまで有機染料の脱色, 難分解性有機物の分解, 大腸菌, バチルス菌の殺菌の実績がある。手のひらサイズのプラズマ・バブリング装置を集積化することで屋内外の水処理に適応可能である【図 4】。また, バッチ式水処理装置の試作・評価も行っている。【環境浄化技術 Vol. 21 (6) pp. 38-43】
【従来技術との比較】 塩素系薬品やオゾンガスによる処理よりも安全性・処理効率・コスト面で優位性がある。

7 エネルギーをみんなに
そしてクリーンに

3 すべての人に
健康と福祉を

9 産業と技術革新の
基盤をつくらう

6 安全な水とトイレ
を世界中に



図1 プラズマ・ペン (Ar プラズマ)

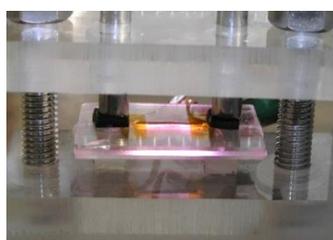


図2 マイクロチップ内の He プラズマ

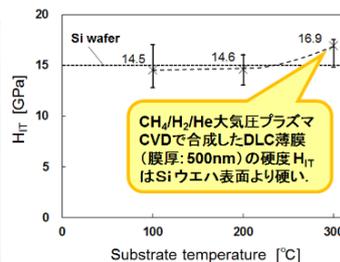


図3 大気圧プラズマで合成した DLC 薄膜の硬度

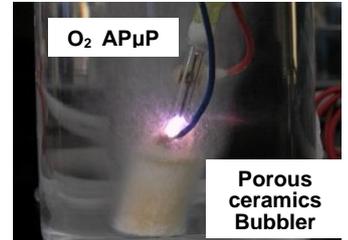


図4 プラズマ・バブリング水処理

提供可能な設備・機器：

名称・型番(メーカー)

| | |
|----------------------------------|----------------------------|
| マルチチャンネル分光器 PMA-11 (浜松ホトニクス) | 紫外可視分光光度計 UVmiui-1240 (島津) |
| 四重極型質量分析計 M-101QA-TDM (キャノンアネルバ) | 真空容器 (秋山鉄工) |
| RFμ プラズマ発生装置 13-50MHz, 30W | |
| マイクロ波発生装置 2.45GHz, 750W (日本高周波) | |

R&D of atmospheric-pressure plasma sources and its application to material processing



Name Hiroyuki YOSHIKI **E-mail** yoshiki@tsuruoka-nct.ac.jp

Status Professor

Affiliations The Japan Society of Applied Physics, The Physical Society of Japan, American Physical Society, The Institute of Electrostatics Japan

Keywords Plasma, Thin films deposition, SiO₂, DLC, Etching, Water purification, Sterilization

Technical Support Skills

1. R&D of atmospheric-pressure μ plasma source and its application to on-site processing
2. Inner wall modification of narrow tubes and microfluidic devices by μ plasma
3. Decomposition of organic compounds and sterilization in a water by pulsed plasma
4. Material processing technology using a low to high pressure plasma sources

Research Contents **Material Processing & Water Purification by using various Plasma Sources**

1. Material Processing by atmospheric-pressure μ plasma

An atmospheric-pressure μ plasma jet source generated at a low power consumption of 1-20 W has been originally developed using a surgical needle with an outer diameter of less than 0.5 mm. Ar and He μ plasma jets have easily generated (as shown in Fig.1). The μ plasma jet has been applied to the localized Si etching using SF₆/He/O₂ gases, on-site removal of organic thin films such as polyimide insulator films, carbon nanotubes (CNTs) growth, gold nanoparticle (AuNPs) synthesis and local cleaning of terminals of a circuit board.

2. Thin Films Deposition by atmospheric-pressure μ plasma

Radio frequency (RF) excited μ plasma has been generated inside a narrow tube and a microchannel with an inner diameter of less than 1 mm (as shown in Fig.2). The plasma source has been applied to SiO₂ thin films coating on the inner wall of polymer (PTFE and PP) tubes

The on-site deposition of a diamond-like carbon (DLC) thin film with H_{IT} of 15GPa has been attained using the RF excited μ plasma (as shown in Fig.3). Hydrophilic or hydrophobic treatment of a microchannel with a cross section of 350 × 90 μ m² on a commercial microfluidic polymer (COC) chip has been attained by a pulsed discharge.

3. Water purification and sterilization using a compact plasma bubbler

A compact plasma bubbler made up of a μ plasma source and a porous ceramics (Fig.4) has been developed for the applications of water purification and sterilization. Chemical probe method using a terephthalic acid revealed that OH radicals are produced by the O₂ plasma gas bubbling (P-B). The inactivation for *E. coli*, *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae* was attained by O₂ and air plasma gas bubbling.

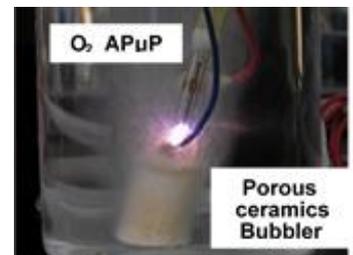
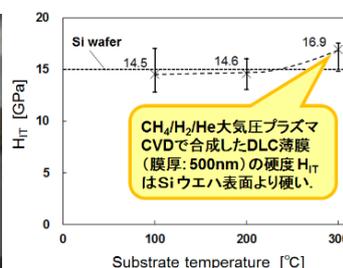
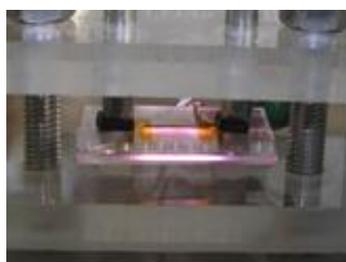
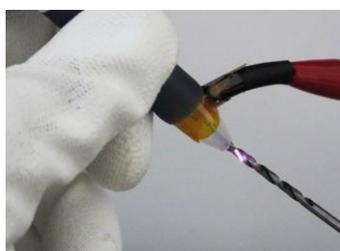


Fig.1 Plasma pen (Ar μ plasma). **Fig.2** He plasma in a microchannel. **Fig.3** On-site DLC deposition. **Fig.4** Water purification by P-B.

Available Facilities and Equipment

| | |
|--|---|
| Multichannel Optical Spectrometer (Hamamatsu Photonics PMA-11) | UV-Vis Spectrophotometer (Shimadzu UVmini-1240) |
| Quadrupole Mass Spectrometer (Cannon M-101QA-TDM) | |
| RF μ Plasma Generation System, 13-50 MHz, 30W | |
| Microwave Generator, 2.45 GHz, 750 W (Nihon Koshuha) | |