



キーワード: 複合材料・表界面工学、薄膜・表面界面物性、接合・接着・溶接、プラズマ処理

## 接着剤を使わずにフッ素樹脂と金属を強力にくっつける技術 大阪大学×積水化学工業×日油の協力体制で実用化を加速！

### <本研究成果のポイント>

- プロセス開発の大阪大学、プラズマ装置開発の積水化学工業株式会社、導電性印刷材料開発の日油株式会社の三者が協力体制を構築し、フッ素樹脂と金属膜とを接着剤を用いることなく強力接合する技術の実用化を加速
- 本技術の適用により、低コストで、例えば自動車の衝突予防システム用のミリ波レーダーや、情報通信量の高速処理の解決に貢献するとともに、フッ素樹脂表面の金属化の用途の拡大に期待

### ❖ 概要

大阪大学大学院工学研究科附属超精密科学研究センターの山村和也准教授、大久保雄司助教らの研究グループと積水化学工業株式会社のR&Dセンター及び日油株式会社の研究本部は、共同でフッ素樹脂と金属膜とを接着剤を用いることなく強力に接合する技術の実用化を行います。

フッ素樹脂<sup>\*1</sup>は水や油をはじく性質を持つことから撥水コートやフライパンの焦げ付き防止コーティングをはじめとして日用品にも広く使われています。また、電気的な特性にも優れているため、情報通信量の増大に対応する高周波回路用の基板材料としても期待されています。しかしながらフッ素樹脂は化学的には不活性であるため、他の物質との接合が極めて困難です。

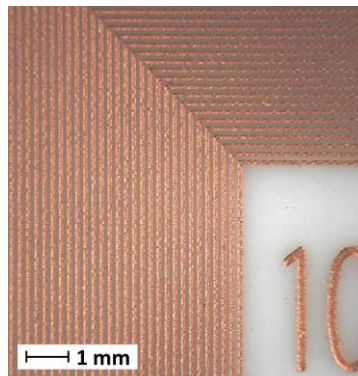
そこで、大阪大学は他研究機関と共同で、フッ素樹脂に対して大気圧プラズマ<sup>\*2</sup>を照射するだけで接着剤を用いることなく金属膜やブチルゴム<sup>\*3</sup>を強力に接合する技術を開発しました(特願 2014-181663)。そしてこのたび、本技術の実用化と普及を加速するため、大阪大学と積水化学工業株式会社ならびに日油株式会社が協力して技術開発を行うことにいたしました(図1及び図2)。

本技術の適用により、フッ素樹脂を用いた高周波用の高性能回路基板をオンデマンドで低コストに作製することが可能となり、自動車の衝突予防システム用のミリ波レーダーの普及や、今後ますます増大する情報通信量を高速に処理する問題の解決に貢献します。さらに、フッ素樹脂表面の金属化の用途が大きく拡がることが期待されます。

本開発成果は、平成 28 年 1 月 27～29 日に SURTECH2016(東京ビッグサイト)にて、平成 28 年 3 月 22 日～23 日に表面技術協会-第 133 回講演大会(早稲田大学)にて報告されます。



スクリーン印刷装置



L/S:100 μm/100 μm の印刷例



フレキシブル基板にも対応可

図 1 大気圧プラズマ処理したフッ素樹脂(PTFE)上に銅ペーストをスクリーン印刷して作製した銅配線

## Press Release

### ❖ 研究の背景

大阪大学の山村准教授と大久保助教らの研究グループは、高分子材料の表面に大気圧プラズマを照射することで表面を活性化し、濡れ性や異種材料との接合性を向上させる研究に取り組んできました。とりわけ、高分子材料の中でも最も不活性なフッ素樹脂に対するプロセス条件を確立し、接着剤を用いることなく銀膜やブチルゴムをフッ素樹脂に対して強力に接合できるという他に類を見ない成果をプレスリリース<sup>※4, 5</sup>、学会発表、展示会を通じて発信してきました。しかしながら、大学のプラズマ処理<sup>※6</sup>設備は反応容器内のガスを置換するバッチ処理方式であり、また、処理できるサイズは3 cm角程度のため、実用化レベルの評価を行うことが困難であり、普及への妨げとなっていました。

そこで、大面積基板に対応できる大気開放型のプラズマ処理装置の開発と納入で実績のある積水化学工業株式会社と、低温かつ短時間の焼成でバルク金属並みの導電率を実現できる銀塩インク<sup>※7</sup>や銅ペースト<sup>※8</sup>の開発で実績のある日油株式会社が協力して開発することにより、阪大技術の実用化を加速していくことにいたしました。

### ❖ 協力体制について

大阪大学はプラズマ処理条件の最適化と接合メカニズムの解明を、積水化学工業株式会社は大面積対応の大気開放型プラズマ処理装置の開発を、日油株式会社はプリントドエレクトロニクス<sup>※9</sup>技術用の銀塩インクや銅ペーストの開発をそれぞれ担当します。この協力体制により、金属インクや金属ペーストの特性に適応したプラズマ処理条件や装置仕様の最適化と評価を迅速に行うことができ、ソフトとハードの両面においてユーザーからの要求に対して的確に対応できます。現状における処理面積はA5サイズですが、将来的にはフィルム状基板のロール to ロールによる連続処理(図3)も可能となる予定です。

### ❖ 本研究成果が社会に与える影響（本研究成果の意義）

- 開発した技術により、危険な薬液を用いた表面処理や接着剤を使用することなく、フッ素樹脂表面に金属膜、金属配線パターンを高密着に形成することができます。
- フッ素樹脂上への金属配線パターンを「プラズマ処理」と「スクリーン印刷」という簡単な2つの操作で形成する手法を示し、プリントドエレクトロニクス技術分野において実現が困難であったフッ素樹脂ベースの高周波回路基板の実用化への道筋が得られました。

### ❖ 参考図

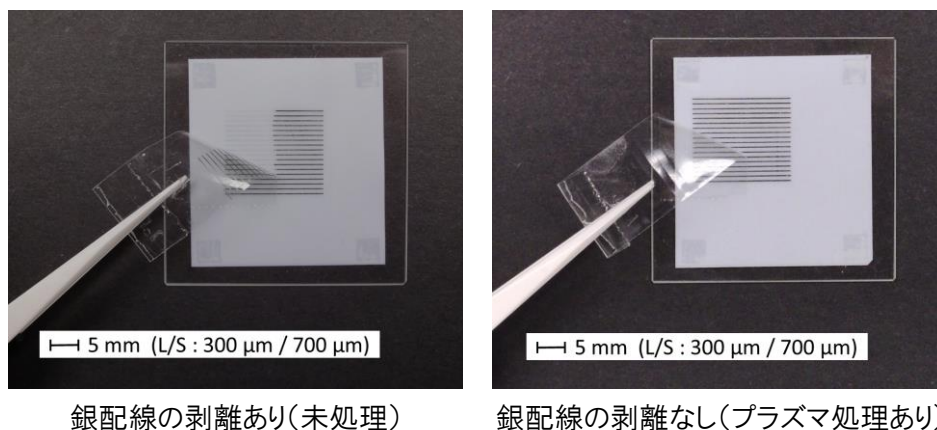


図2 フッ素樹脂(PTFE)上に銀塩インクをインクジェット印刷して作製した銀配線のテープ剥離試験結果

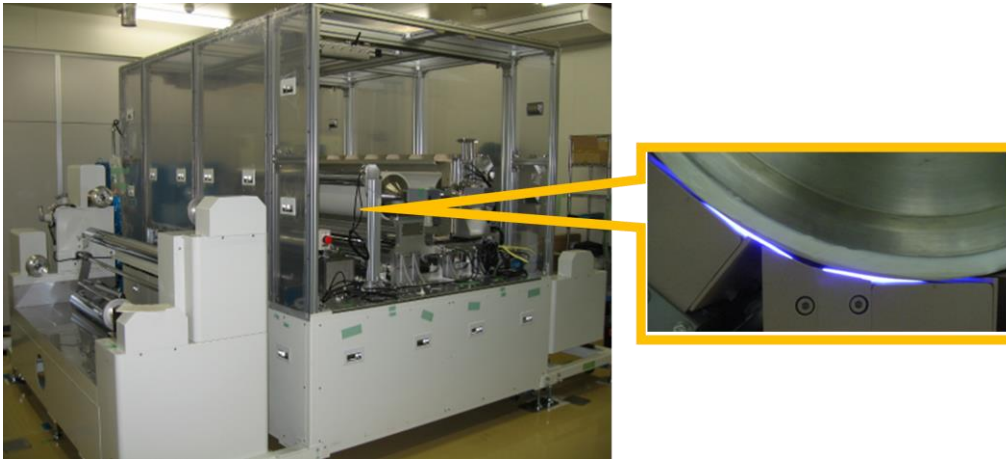


図3 ロール to ロール型の大気圧プラズマ表面処理装置

## ❖ 用語解説

### ※1 フッ素樹脂

フッ素と炭素が主成分のプラスチックで、化学的に不活性かつ表面エネルギーが極めて低い材料です。水や油を弾き、汚れが極めて付着しにくいので、現在はほとんどのフライパンにフッ素樹脂がコーティングされています。長所が短所にもなり、密着性が極めて悪く、他の材料と組み合わせて使用することが難しいため、用途が限定されています。

### ※2 大気圧プラズマ

大気圧下(1気圧付近)で発生させたプラズマのことで、対義語は低圧プラズマ(真空プラズマ)です。大気圧プラズマは、連続処理に向いているため生産性が高い、真空装置が不要であるため処理コストが低い、簡単な装置構成で済むといった特徴があります。

### ※3 ブチルゴム

気密性の高いゴムの一種で、正式名は、イソプレン-イソブチレン-ゴムと呼ばれ、IRと略されます。

### ※4 プレスリリース 1 回目 (平成 26 年 3 月プレスリリース)

フッ素樹脂と金属膜を強力に接着させる技術。[http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140312\\_3](http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140312_3)

### ※5 プレスリリース 2 回目 (平成 26 年 9 月プレスリリース)

フッ素樹脂とブチルゴムを強力に接合させる技術。[http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140908\\_1](http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140908_1)

### ※6 プラズマ処理

プラズマにより、材料表面の活性(反応性)を高める処理のこと。プラズマとは、気体中の分子が局所的にはイオンと電子に分かれているが全体としては中性を保っている状態であり、固体・気体・液体に次ぐ第4の状態と言われています。プラズマ中に材料を入れると、プラズマ中のイオンや電子が材料表面に衝突し、材料表面の結合が切れるため、未結合手を持った原子が生成されます。未結合手の原子は不安定であり、早く手を繋ぎたい状態であるため、反応性が高い表面となります。

### ※7 銀塩インク

有機化合物と銀との金属塩化合物(銀塩化合物)を溶剤に溶解したインクです。インクジェット印刷機を用いてこのインクで回路パターンを描画し、焼成することで電子部品等の導電配線を形成することができます。

### ※8 銅ペースト

銅粒子、樹脂、および溶剤を混合したペーストです。スクリーン印刷機などを用いてこのペーストで回路パターンを描画し、焼成することで電子部品等の導電配線を形成することができます。

### ※9 プリントドエレクトロニクス

スクリーン印刷<sup>※10</sup>、インクジェット印刷<sup>※11</sup>、グラビアオフセット印刷<sup>※12</sup>等の印刷技術を利用して電子回路、デバイス等を形成する技術の総称で、低コスト化や生産性を向上することができます。また、必要な場所のみに金属配線パターンを形成するオンデマンド印刷により省資源化を図ることができ、環境調和性に優れた技術としても期待されています。

## Press Release

### ※10 スクリーン印刷

合成繊維や金属繊維のメッシュでできたスクリーンと呼ばれる版を用いて印刷する手法のことです。印刷したくない部分のメッシュをレジスト膜等でふさぎ、インクをスクリーン版の上に乗せてスキージと呼ばれるへら状の板でこすることでレジスト膜が無いメッシュ部をインクが通って印刷されます。

### ※11 インクジェット印刷

微小な液滴を対象物に対して吐出して直接印刷する方法のことで、版下を作製する必要が無く、曲面にも印刷が可能という特徴があります。吐出方式としてはピエゾ素子に電圧を印加してインクの入った微細管を変形させることでインク滴を管外に吐出させるピエゾ方式と、微細管の一部にヒーターを取り付け、瞬時加熱により気泡を発生させてインク滴を噴出させるサーマル方式があります。

### ※12 グラビアオフセット印刷

凹版であるグラビア版に供給されたインクを、いったん円筒状のゴムロールに転写してから印刷したい媒体に転写させる印刷方式。プリンテッドエレクトロニクス分野では設備コストと運用コストが過大なフォトリソグラフィ法に替わる印刷方法として注目されています。

### ❖ 参考 URL

- ・大阪大学大学院 工学研究科 附属超精密科学研究センター 遠藤研究室  
[http://www.upst.eng.osaka-u.ac.jp/endo\\_lab/index.html](http://www.upst.eng.osaka-u.ac.jp/endo_lab/index.html)
- ・積水化学工業株式会社 R&Dセンター P2事業推進部  
<http://www.sekisui-semi.jp/>
- ・日油株式会社  
<http://www.nof.co.jp/>
- ・関連する研究成果 (1) 平成 26 年 3 月プレスリリース  
困難をついに実現?! フッ素樹脂と金属膜を強力に接着させる技術を開発  
-省エネかつ処理スピードの速い高周波用プリント配線板材料への応用に期待-  
[http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140312\\_3](http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140312_3)
- ・関連する研究成果 (2) 平成 26 年 9 月プレスリリース  
また困難を実現?! 接着剤を使用せずフッ素樹脂とゴムを強力に接合  
-安全性の高いオイルフリーな注射器のピストンなどへの応用に期待-  
[http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140908\\_1](http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2014/20140908_1)

### ❖ 本件に関する問い合わせ先

大阪大学大学院 工学研究科 附属超精密科学研究センター(遠藤研究室)

- ・助教 大久保 雄司 (オオクボ ユウジ)  
E-mail: [okubo@upst.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:okubo@upst.eng.osaka-u.ac.jp) TEL: 06-6879-7294 (090-8608-4824)
- ・准教授 山村 和也 (ヤマムラ カズヤ)  
E-mail: [yamamura@upst.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:yamamura@upst.eng.osaka-u.ac.jp) TEL: 06-6879-7293 (090-5674-5434)

積水化学工業株式会社 R&Dセンター P2事業推進部

- ・中野 良憲 (ナカノ ヨシノリ)  
E-mail: [nakano021@sekisui.com](mailto:nakano021@sekisui.com) TEL: 075-662-8620 (080-3170-4149)

日油株式会社 油化事業部 情報電子関連営業部

- ・中村 久 (ナカムラ ヒサシ)  
E-mail: [hisashi\\_nakamura@nof.co.jp](mailto:hisashi_nakamura@nof.co.jp) TEL: 03-5795-3682 (090-3220-5310)