

**真空プラズマ
表面処理装置**



内容

プラズマ技術	3
真空プラズマ処理とは	4-5
表面活性化/表面改質(同時処理、個別処理)	6-7
表面高度洗浄	8-9
エッチング	10
コーティング	11
標準装置	12-13
省力化自動工程組込み装置 (LAN 制御)	14
カスタム、特定用途装置	15

真空プラズマ表面処理装置



高度洗浄プロセス処理中の真空プラズマ装置のプラズマ室の様子

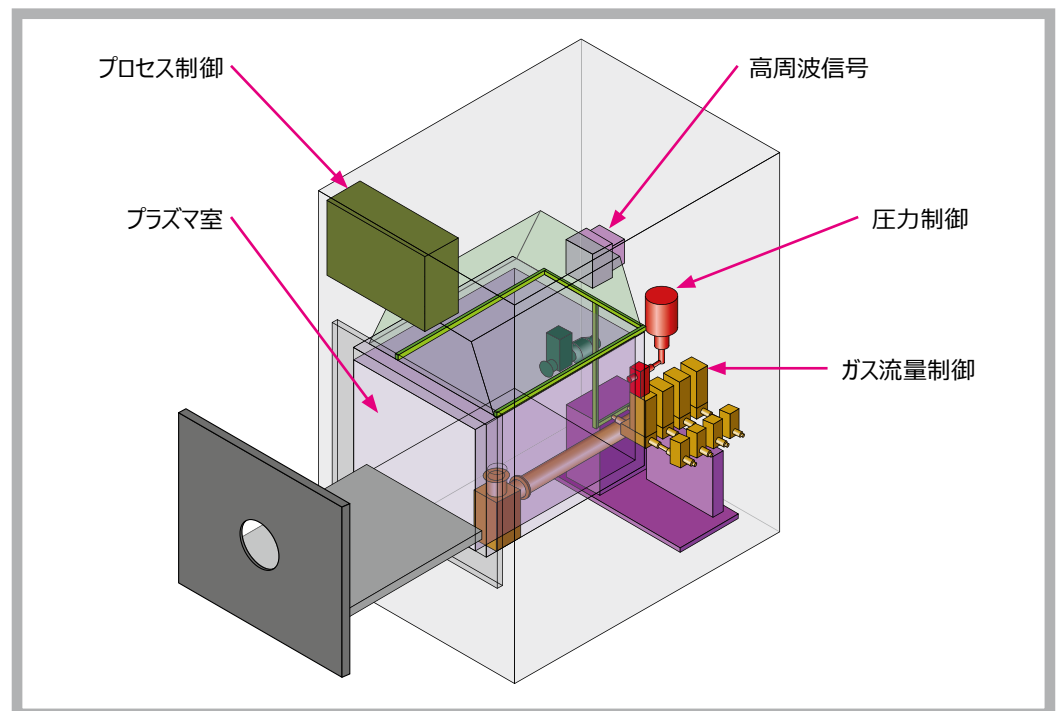
ピンク GmbH サーモシステム社はフレデリック・ピンクにより設立され、マイン州のヴェルトハイム市に位置し、現在140名以上の従業員がいます。製品ラインナップは、表面処理用真空プラズマ装置、真空を利用したハンダ付け装置、焼結ハンダ装置および真空乾燥装置、並びにそれらを利用したプロセス応用技術です。

これまでピンク社のファミリービジネスは、首尾一貫したお客様への姿勢と継続的な製品の改善によって、安定的かつ成功裡に成長して行くことができました。

ピンク社はすべての主力市場において、それぞれの分野の代理店販売網を世界的に展開し、カスタマイズ装置と機器を供給する世界的メーカーです。ピンク社の高品質で、革新的な製品は世界の有名な技術研究企業の厚い信頼を得ています。

ピンク社は様々な機器構成で、あらゆるサイズに対応できる高品質なカスタマイズ真空プラズマ装置を提供できる最適なパートナーです。また、ピンク社は独立型装置、テープ、ロール機およびインライン型装置を提供しています。

真空プラズマ装置の構造



物質の第4相の優しい力

物質は特定温度でその相を変えます。一般的に、固体、液体そして気体状態は知られています。しかし、他にもう一つの相、プラズマ状態が存在します。プラズマ状態はガスが電離した状態で、「第4相」と呼ばれています。中性である気相状態とプラズマ状態の違いは、著しく高い電気伝導度と化学的反応性です。

自然界で生じるプラズマの例は、雷やオーロラ、そして太陽などです。しかしながら、私たちは日々の生活の中で蛍光灯、低消費電球、あるいはテレビなどでプラズマ現象を目撃しています。

真空プラズマ：熱のないエネルギー

大気圧におけるプラズマは高温です。一例に炎やアーク放電などがあります。

圧力を下げ、約100Pa(1mbar)の付近になるとプラズマは室温で生成・維持させることができます。それゆえ、低温プラズマ、もしくは非熱プラズマとして知られています。しかし、電子エネルギーは7~8000Kの温度に相当し、媒体(プロセスガス)に高い反応性を与えます。このことで、ポリマーと他の加温に弱い素材に優しく効果的な改質が可能になっています。

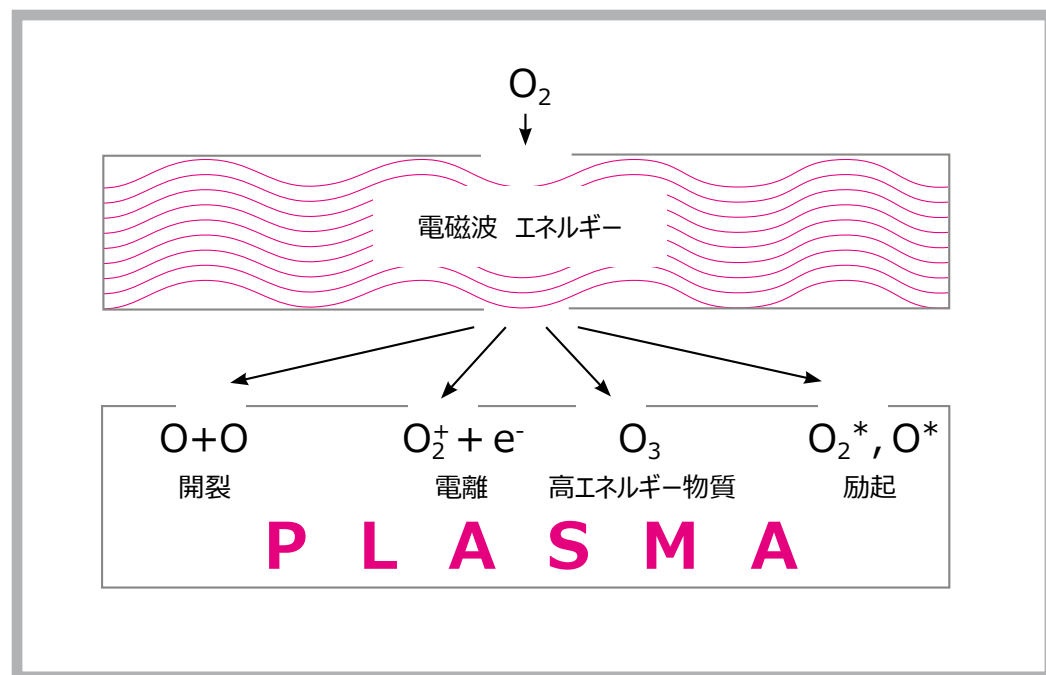


自然界でのプラズマ現象：
雷光現象とオーロラ現象



人工的に生成したプラズマの例として、プラズマ放電管と溶接技術でのアーク灯

真空プラズマの原理



最良の処理結果をもたらす効果的な手法

広範な応用範囲

真空プラズマは電磁場によって生成されます。生じる化学反応と物理的作用は、プラズマを生成する時の反応ガスと励起周波数に依存します。

使用するガスは、例えば、対応するプラズマが酸化性か還元性か、あるいは中性かによって決めます。

中性プラズマ

中性プラズマは、例えば、アルゴンの様な貴ガスを用いて作ります。中性プラズマの主な作用は物理的な物です。重いイオンを衝突させて汚染を除去するスパッタなどがあります。低励起周波数(kHz 帯)では、表面に衝突する前にイオンが相当に加速するので、この効果がより強くなります。早くて重いイオンが表面に衝突する際に熱を伝えるため、この方法はそれに適した物質とその表面に限られます。

反応性プラズマ

反応性プラズマは酸素、水素、フッ素等のガスから生成されます。酸化還元や表面機能化効果は、基板材料や表層汚染と反応しやすいプラズマ中のイオンとラジカル種に起因します。プラズマ処理の後、表面は活性化、不動化、あるいは高度洗浄などが生じます。

特に高励起周波(GHz)は、プラズマ中のイオンが高濃度になるため、反応性を最大限にする効果があります。同時にイオンエネルギーは低いままなのでスパッタ効果と熱伝導は最小に抑えられるか、あるいはまったくありません。

環境性に優れ、かつ非常に効果的です

真空プラズマ装置の生産者として、非常に効率的であるばかりでなく、環境親和性と経済優位性もあります。なぜならば、通常、汚染廃棄物がなく、その廃棄費用も不要だからです。

真空プラズマ処理効果の例

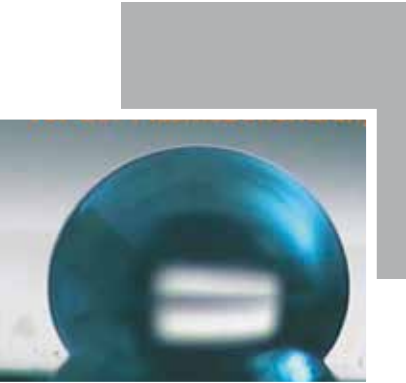
- 有機残余物除去
- ポリマ鎖の酸化による活性化
- 適したモノマを用いた重合によるコーティング
- 還元による不要な酸化層の除去
- 腐食性ガスと反応条件を用いたエッチング

プロセスガスと励起周波数を変化させることで、幅広い選択肢の中からプラズマ効果を選ぶことができます。プロセス開発が必要な際、実際の基板で必要なプラズマ効果の検証実験は省略してはいけません。ピンク社は、我々が開発したプロセスを保証し、そしてピンク社製装置をご使用予定のお客様の検討を保証いたします。

それぞれの励起周波数におけるプラズマの特性

	低周波 (LF) 40 kHz	ラジオ周波数帯 (RF) 13.56 MHz	マイクロ波 (MW) 2.45 GHz
プラズマ密度	低	中間	高
加熱	高	中間	低
スパッタ	顕著	中間	低

表面の部分的改質および活性化



真空プラズマ処理前における疎水性ポリマ表面



プラズマ処理後試験片表面には親水性官能基が導入された。



真空プラズマで表面活性化が行われることで表面張力が増加し、酸素を含む官能基がPE材表面に導入された。この改質により印字の接着性が改良された。

ポリマにおける接着性の改善

数えきれないほどの産業に関するプラスチックの表面、特にポリオレフィン(PE,PP,EPDM)あるいはPTEF)は非極性であるため、ペイントや印刷、接着剤などで十分に濡らすことができません。生化学的有機物や金属もしばしばコーティングが難しく、もしくは高価で特殊なポリマ製品の助けによってのみ可能であったりします。

真空プラズマ技術の助けを借りることで、ポリマ表面の活性化や化学的改質が簡単にかつ効果的に行うことが可能になります。このプロセスは、すでに数多くの工業製品において、先進的ポリマ属性加工(接着、印刷、塗装等)として実証されています。

応用例

- 車載と車載関連産業分野
- 医療技術分野
- 電機産業
- 電子・電気生産技術
- チップカード製造
- プラスチック処理
- 研究開発

プラズマによる表面活性化 – 接着用途にすばらしい接合特性を

非極性のプラスチック表面と接着剤、ラッカー、塗料などの材料との間に粘着力を持たせるためには、極性官能基を表面に作り出さなければなりません。このことで、界面エネルギーが増加し、その結果、親和性の増加をもたらします。

これに加えて、基盤と接着材もしくはコーティングの間に共有結合を形成すれば、特に優れた接着特性が期待できます。そのような状態においては、高い機械的負荷によってのみ接合部は破壊されます。この結果、接合部は接着面で破壊が生じず、接着されている部材内部で生じるでしょう。

真空プラズマ技術を用いて極性基をプラスチックの表面に導入することが出来ます。供給したガス種により、これらには-OHなどの酸素を含んだ官能基や、-NH₂などの窒素を含んだ官能基などが含まれます。この効果は表面だけに限られ、ポリマの母材自体に影響はありません。



医療技術において、微量定量プレートやシリンジハブ等の、多くのプラスチック部材の表面には、親水性の改善を行うためのプラズマ処理が行われています。

プラズマ処理により活性化された表面の長期的な挙動

プラズマ処理による活性化は酸素と炭素分子の間の共有結合を生成し、基板表面とコーティング部材間の極性によって相互作用させます。そのような化学結合は経時的に安定で、通常の保存状態においては劣化することはありません。ただし、保存安定性は以下の要素により影響されます：

- 後から外部よりもたらされた汚染
- 後から内部より生じた汚染
- 部材の物理的現象

外部からの汚染

外部の後からもたらされた汚染は不適切な保存や取り扱いにより生じます。例えば汚れた物や手、保存室の汚れた雰囲気に触れたり、梱包材の部材の揮発性成分が付着したりすることです。

内部からの汚染

今日、多くのプラスチックはいろいろな物を混合することで特別な特性に最適化されています：可塑剤、対UV安定剤、着色材、耐火性物質、その他たくさんものがあります。

それら混合された物質はしばしば化学的にプラスチック構造内に結合されておらず、そのため素材の中を動き回ります。活性化の後でそのような浮遊小分子が活性化された表面を覆ってしまいます。たとえ加工後すぐのものでも、この現象が早い段階で生じているかもしれません。

物理的非活性化

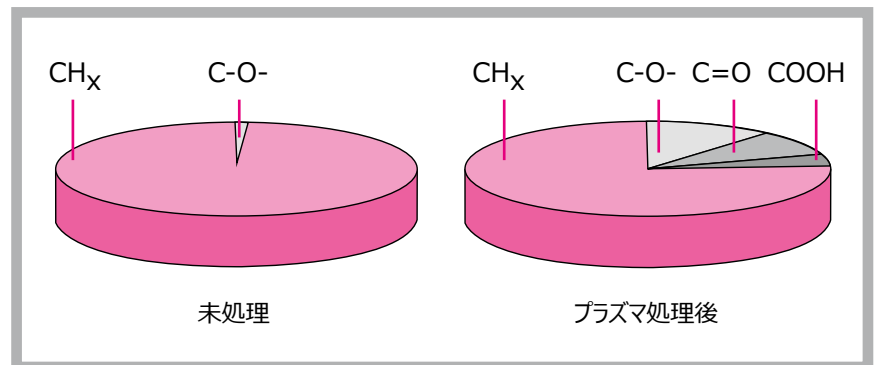
活性化直後にすべての活動に起因する官能基は物質表面に向かって整列します。この配向の統計分布は単結合の周りでのポリマ主鎖に沿った回転で、時間とともに得られます。官能基は無秩序に配向し、そしてわずかな部分のみが周囲との相互作用が可能となります。熱がポリマ主鎖の動きを増大させるため、プロセスは加速します。

保存効果

適切な保存と取り扱いがなされた場合、特に添加剤が無い、単純なプラスチック(ポリプロピレンなど)は活性化処理を数か月保つことができます。適切な保存とは最大室温での外部からの汚染を防止する保存方法です。ただし、表面張力のわずかな減衰は常に予期されるものでありますが、必ずしも結果に影響するとは限りません。

その他のすべての場合、通常、表面を再活性化するための高度洗浄/活性化は特に難しくありません。ただし、信頼性に関しては適切な試験を行った後に限り、言及されなければなりません。

ポリプロピレン表面のESCA分析結果



酸素プラズマ処理の前後でのポリ (PP) 表面の組成

表面の高度洗浄

洗浄と高信頼手法

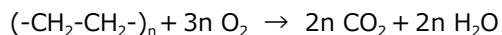
表面洗浄は、工業コーティングの密着性改良に非常に重要な役割を担っています。

旧来の洗浄手法では限界値があり、湿式化学洗浄では、リンス洗浄や乾燥を行った後でも洗剤や溶媒の残渣がまだ表面に見られ、完全に除去されることはありません。

一方で真空プラズマによる高度洗浄では、部材表面を有機汚染から解放することができます。たった数分の処理サイクルでも表面汚染の無い優れた結果をもたらします。

すばらしい真空プラズマの隙間への侵入性は非常に優れた長所です。ガスは液体が侵入できない様な狭い隙間に侵入するので、複雑な形状の物でも完全に洗浄されるということです。

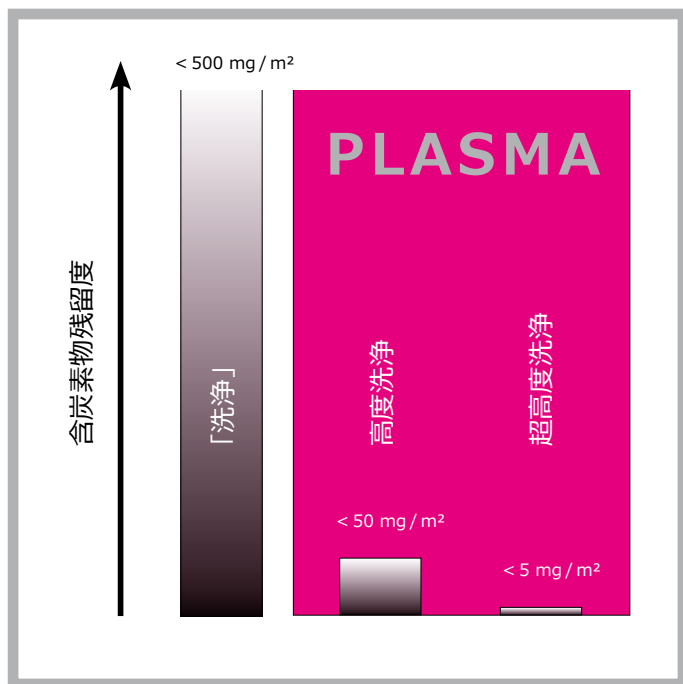
プラズマ高度洗浄プロセスでの決定的な長所は、容易にプラズマ炉から取り除ける、気体そして揮発性物質の生成です。プラズマ核種は有機汚染物と反応し、室温下でそれを水と炭酸ガスに分解します：



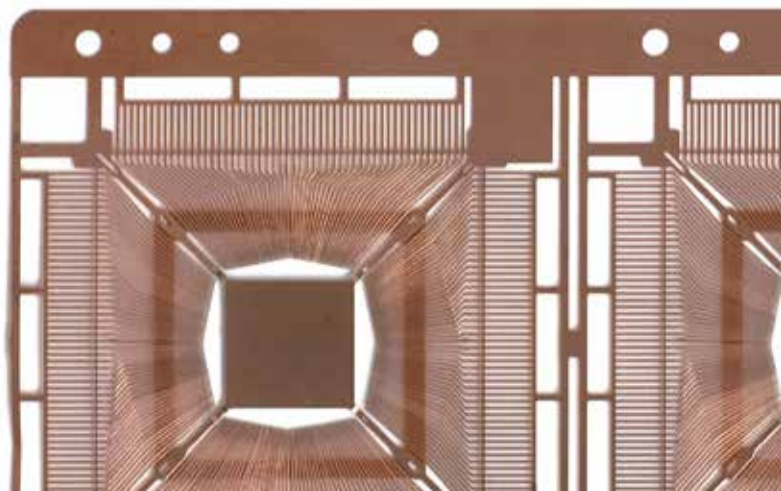
プラズマ高度洗浄の利点

- 表面を非常にきれいにする（超高度洗浄）
- 低処理温度
- 高い間隙侵入性
- 吹き降ろし下型乾燥機構が不要
- 洗浄剤残留物無し
- 消費廃棄物質が不要
- 低稼働費用
- 環境に優しいプロセス

「洗浄」プロセスの分類



真空プラズマを用いた高度洗浄は、このリードフレームの接続強度を著しく改善します。



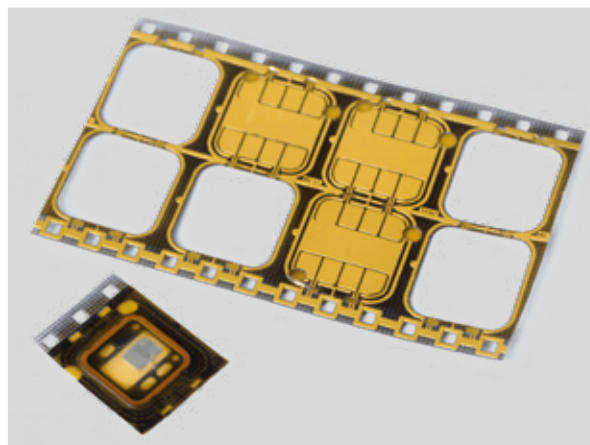
応用範囲

- 光学産業
- 半導体
- チップカード製造
- 電気エンジニアリング
- ガラス産業
- 金属加工産業
- 時計産業

量産工程への組込対応について

先進的な自動エンジニアリング手法によりプラズマ装置を量産工程に組み込むことができます。

適切なポンプ装置を選ぶことで用途に適合した処理サイクル時間の程度まで排気時間を低減させることができます。更に、モジュール単位で設計された装置なので、量産工程の拡大時には素早く、また柔軟に対応することができます。



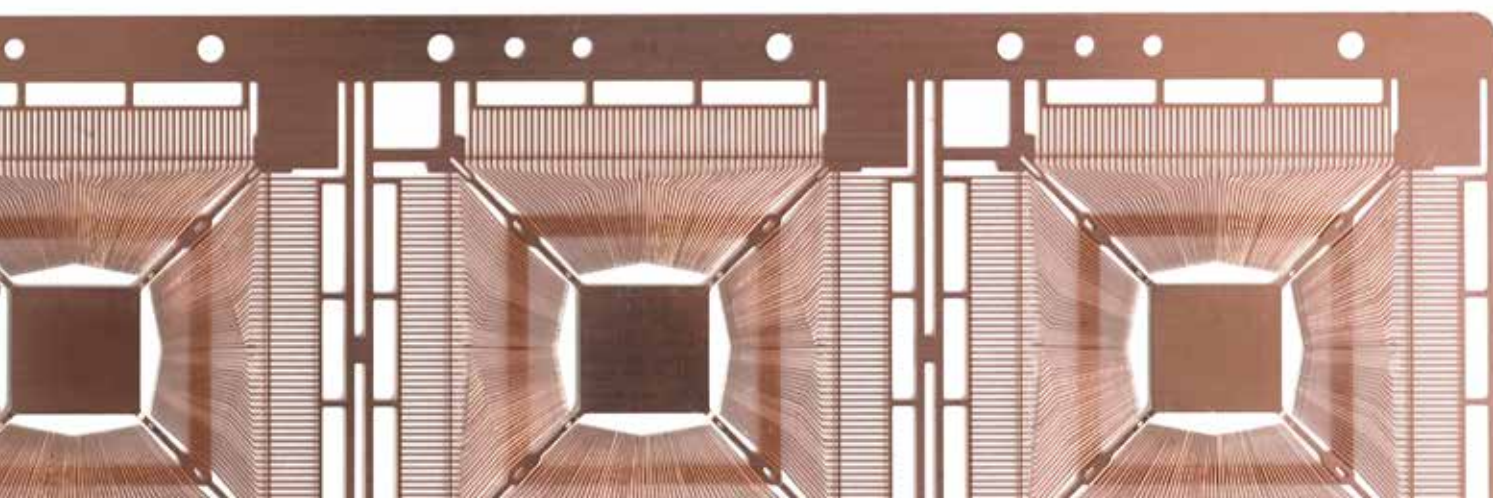
真空プラズマ洗浄に適した部材

すべての耐真空およびプラズマ耐性の部材、例えば、ほとんどのプラスチック材、金属、ガラス、セラミック、天然ゴム、泡状部材など。

真空プラズマ洗浄にはそれほど適さない部材は？

真空状態および／あるいはプラズマ放射により重大な障害を生じるすべての物。シリコンの一部と布地がこれに当てはまります。

プラズマプロセスは無機物汚染に適してはいませんが、無機物と有機物汚染の付着した処理部材をウエット状態で化学的に前処理洗浄を行うことで洗浄ができます。



高精細表面エッチング

柔軟な用途適合ができるプロセス

ほとんどの場合、すべての有機系部材はプラズマエッチングすることができます。エッチング効果は、洗浄効果と同様に化学反応に基づいています。時間やプラズマ強度などのパラメーターを要求に対して調整する必要があるだけです。

酸素の他にエッチングレートを大きく増加させる他のガスも使用することができます。ほとんどの場合、CF₄の様なフッ素含有のガスが使用されます。これらのプロセスの中で生成したフッ素ラジカルは、酸素プラズマよりずっと反応性が高いです。ただし、反応生成物は適したフィルターで除去されなければなりません。

応用範囲

- 半導体産業
- 基板製造業
- 電子部品製造業
- MEMs

プラズマエッチングの優位点

- 高侵入性、そのため微細穴内部処理に向いています。
- 実質的にすべての絶縁体がエッチング可能
- 毒性化学物質を使用しない
- すべての穴を同時処理
- 低稼働費

環境面と経済面で優れている

従来の湿式化学処理に比べ、プラズマ処理は非常に少量の化学物質を使用するだけであり、また、無毒で、簡単に入手でき、安価なプロセスガス（例：酸素、窒素、あるいは CF₄）を主として使用します。

そのため、安全管理や廃棄に費用がかさむことはありません。エネルギー消費は比較的安く、ドライ化学プロセスであるために、部材を乾燥させるプロセスを追加する必要はありません。

デスマリア／バックエッチング

プラズマ技術の応用の一つに、物理的に基板に作った穴内部へのデスマリアやバックエッチングがあります。このプロセスは基板表面と穴内部の両方に効果を及ぼします。プラズマプロセスの優れた細孔侵入性のため、テフロンなどの部材でも、直径0.3 mm 以下の穴に対してバックエッチングできます。



最近の基板と多くの他の電子部品は高品質のフィルム基板を用いています。プラズマエッチングとプラズマ表面活性化を用いてプロセス処理を行うことができます。

表面の機能性コーティング

様々な部材への多様なコーティング

真空プラズマ技術は特定の官能基を表面に導入できるプロセスです。この手法においては、特定のコーティング効果を多くの異なる部材に施すことができます。

一般に PECVD と呼ばれるプラズマ重合は比較的新しいコーティング技術で、表面には低温で処理されるため、特にプラスチックのコーティングに適しています。また、ガラス、セラミックス、半導体や布など、その他多数の部材にも使用することができます

応用範囲

- 車載および車載部品産業
- 医療技術
- 封止技術
- R & D
- パッケージ産業

多くの変更可能なプロセスパラメータによって広範囲なコーティング特性を得られるので、特に工業用コーティングに用いられています。

例えば、プラズマコーティングは次工程のためのプライマーに用いることができます。同時に、それらプライマーコートはまた、防蝕保護にも用いられます。

コーティングの種類

- 疎水性コーティング
- 親水性コーティング
- ガスバリアコーティング
- 生体適合コーティング
- 下地コーティング
- 耐傷性コーティング



ハイブリッドローラーベアリング（鋼鉄製リングとセラミックボール）の回転特性はプラズマコーティングで改善されます。
写真：ゼロヘア社製品

耐性-極薄コーティングにも

一般的にプラズマ重合コーティングは 3 次元的に高度に結合されています。そのため、温度的にも化学的にも極めて安定しています

プラズマコーティングの長所

- コーティング特性について幅広い選択肢があります。
- 加熱ストレスが低く、加温に弱いプラスチックにも最適。
- コーティングの高い温度安定性と化学的安定性

»PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) の定義は「プラズマによる部材への蒸着」です。«

活性化、高度洗浄、 コーティング、 エッチング用標準装置

ピンク社は高品位の装置を提供します。
標準装置の品ぞろえは、バッチ利用の量産と R&D
開発に最適の小型卓上真空プラズマ装置 V6-G から
異なった励起周波数や容量を持つ独立型装置ま
であります。これらにより、種々のプラズマ処理プロセス
に対応をすることができます。

装置シリーズ概要

- USB ポート
- イーサネットインターフェイス
- 遠隔操作による保守(VPN)
- 振り扉
- マイクロ波源 : 2.45 GHz



V6-G

装置形式	卓上型装置
プラズマ室内形 (W x D x H)	170 x 200 x 170 mm
マイクロ波出力	50 - 300 W
流量計付きプロセスガス入力	1
電源	230 V, 50 / 60 Hz
電源容量 (ポンプ含まず)	0.5 kVA
装置外形 (W x D x H)	640 x 710 x 710 mm

標準オプション:

追加プロセスガス入力	2
追加励起周波数 (40 kHz, 13.56 MHz)	—
ソフトスタート/スロー減圧	✓
マイクロ波横入れ (プラズマ横流し)	✓
回転テーブル	—
回転ドラム	✓
引き戸対応	—
自動ドア開閉対応	—



V10-G

V15-G

V55-G

V80-G-Side

卓上型装置	19"筐体	19"筐体	19"筐体
Ø 215 x T 260 mm	250 x 250 x 250 mm	400 x 460 x 340 mm	400 x 500 x 430 mm
50 - 600 W	100 - 600 W	100 - 1,200 W	100 - 1,200 W
1	1	2	2
230 V, 50 / 60 Hz	230 / 400 V, 50 / 60 Hz	230 / 400 V, 50 / 60 Hz	230 / 400 V, 50 / 60 Hz
1.5 kVA	1.5 kVA	2.2 kVA	2.2 kVA
720 x 820 x 820 mm	670 x 900 x 1,850 mm	670 x 900 x 1,850 mm	850 x 900 x 1,850 mm

2	3	2	2
—	✓	✓	—
✓	✓	✓	✓
—	✓	—	✓
—	✓	✓	✓
—	✓	✓	✓
✓	—	✓	✓
—	—	✓	✓

カスタム対応 連続工用全自動装置

インライン対応型プラズマ処理装置

連続製造工程においてプラズマ処理の長所を最大限にするために、ピンク社は、既設、新設を問わず製造工程に組み込むことのできるカスタム製品をご提案いたします。

技術仕様はユーザーの要求に合わせて、個別に設定されており、最大限の生産性でプラズマプロセスを完全自動化できます。



V200-2G-Auto



プラズマ高度洗浄用半自動装置
手動による炉への出し入れが作業テーブルにより簡単に行えます。
この装置はマイナーチェンジすることで、自動化製造工程へ組み込むことができます。

それぞれのお客様のご要求に 最適な提案を用意しています

標準製品に加え、ピンク社は、カスタム仕様の特注製品をご用意できます。例えば、プラズマ炉の大きさ、プラズマ励起周波数あるいはプロセスと制御方法などに関して個別に装置を設計しています。

原則として、ピンク社のサービスには包括的なご相談や、お客様のご要望に合った理想的なプラズマ加工の手順と開発の分析を含みます。従って、実現可能な最高の生産性と信頼性が、要求される目的に応じて得られます。

フレキシブル基板のプラズマ処理 ロール・トゥ・ロール対応機

ロール・トゥ・ロール技術は、フレキシブル基板のプラズマ処理のために特に開発された方式です。テープは連続的にプラズマ処理中に一つのロールから他方のロールへ巻き取られます。

テープ状基板に用いるプラズマ処理は、例えば、エッチング、活性化、コーティングおよび洗浄です。リードフレームの様な金属製フォイルと同じく、プラスチックフィルムにも使用することができます。保護テープ（程フォイル）付ロールの処理も可能です。



カスタム仕様 製品例



リードフレーム表面の洗浄用
V200-8G-K-RR ロール・トゥ・ロール装置



フォイル処理装置詳細



PINK GmbH
Thermosysteme

Am Kessler 6
97877 Wertheim
Germany
T +49 (0) 93 42 919-0
F +49 (0) 93 42 919-111
plasma-finish@pink.de
www.pink.de

PINK Japan K.K.

〒105-0004
東京都港区新橋5-25-3
第二松ビル 1階
電話 03-5777-0602
info@pink-japan.co.jp

商品範囲

プラズマ表面処理技術
真空ハンダ付技術
焼結接合技術
乾燥技術