

# プラズマ処理した生分解性樹脂のプリント回路基板への応用

## Application of plasma treated biodegradable plastics to printed circuit boards

石川 魁<sup>1)</sup>

指導教員 鷹野一朗<sup>1)</sup>

1) 工学院大学 工学部 電気電子工学科 電気電子機能材料研究室

キーワード：プラズマ，生分解性樹脂，プリント回路基板，付着性

### 1. 緒言

地球環境下において土壤汚染や海洋汚染が深刻な問題となっており、人類にとって喫緊の課題である。このような状況を背景に、エコマテリアル材料の開発はめざましく、様々な製品が開発されており、特に環境に優しい植物由来の生分解性樹脂が注目されている。一般的に生分解性樹脂は土壤の微生物の働きにより水と二酸化炭素に分解される。一方、我々をとりまく多くの廃棄物の中で、電子機器に装着されているプリント基板の排出量が急増している。プリント基板は複合化材料の典型でもあり、通常のリサイクル処理が極めて困難である。

本研究では生分解性樹脂の応用範囲拡大を目的として、電子材料分野での応用が難しかった植物由来の生分解性樹脂 PGA(ポリグリコール酸)を対象とした。プラズマ処理を用いて PGA に表面改質を施し、炭化層を形成した後、銅 (Cu) 薄膜を形成して電気抵抗率、Cu 付着性、硬さを調査することで、電子機器への応用の可能性を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 成膜方法

本実験で用いた基板には、シート形状の PGA (20mm × 20mm × 400μm)を使用した。今回、前処理としてエタノール処理と未処理の基板を用意し比較した。Ar プラズマ処理及び成膜にはマルチプロセスコーティング装置 (BC5146, ULVAC Corp.) を用いた。真空中に Ar ガス流量 5 sccm を導入し、RF 入力電力を 50 W、処理時間を 125 s として Ar プラズマ処理を行った。表面処理後、

成膜室に試料を基板を移動し、2 インチの Cu ターゲットを備えた DC マグネットロンスパッタ源により Cu 薄膜を成膜した。実験は、表 1 に示すようにターボ分子ポンプとロータリーポンプにより成膜室を真空圧力  $5 \times 10^{-5}$  Pa まで排気した。次に、Ar ガス流量 15 sccm をスパッタ源に導入し、RF 入力電力 50 W、Cu ターゲットの DC 入力電力 30 W でスパッタ速度を 0.049 nm/s として、Cu 膜厚が 200 nm になるように時間調整した。Cu 成膜条件を表 1 に示す。

表 1 Cu 成膜条件

薄膜	Cu
基板	PGA
到達圧力 [Pa]	$5.0 \times 10^{-5}$
Cu 膜厚 [nm]	200
Ar 流量 [sccm]	5
入力電圧 [W]	30

#### 2.2 評価方法

Cu 薄膜の抵抗率を電圧計、電流計を用いて四探針法 (RG-5, (株)NPS) で測定した。このとき、測定子の荷重は 100 gf、ピン間隔は 1.0 mm である。薄膜の付着性はスクラッチ試験 (HEIDON-22, 新東科学(株)) を用いて測定を行った。試料基板上の Cu 薄膜を曲率半径 100 μm のダイヤモンド針に 0~200 gf の連続荷重を加えスクラッチした。スクラッチ痕の状態は、光学顕微鏡及びレーザー顕微鏡を用いて観察した。硬度測定はナノインデンテーション試験機 (DUH-W2001, (株)島津製作所) を用いて行った。試料表面にダイヤモンドのバーコビッヂ圧子を押し込み、試料を弾性変形させ、負荷荷重と侵入深さの関係から硬度を測定した。負荷の大きさは 1~50 m の間で 15 通り測定し、保持時間

はいずれも 5 秒とした。

### 3. 実験結果

図 1 に四探針法による抵抗率を示す。エタノール処理の有無による抵抗率の比較では、処理基板の抵抗率が低くなかった。PGA 作製時の圧延方向による抵抗率の影響は少なく大きな差はなかった。

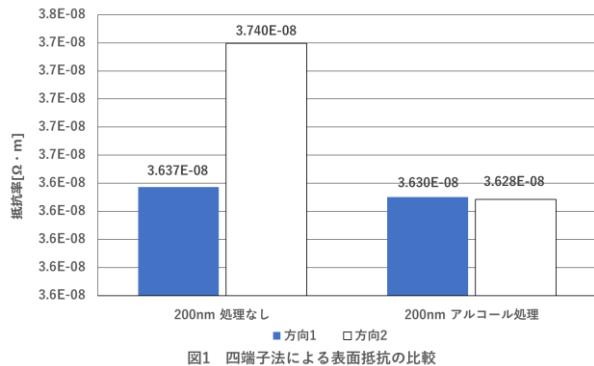


図1 四端子法による表面抵抗の比較

次にスクラッチ試験法による Cu 薄膜付着性を示す。横軸はスクラッチする際の垂直方向の連続加重、縦軸は針にかかる摩擦力を表す。エタノール処理なしの付着性評価を図 2、処理した評価を図 3 に示す。処理なしの試料は全体的に摩擦力の変動が大きく、エタノール処理した試料は摩擦力の変動は小さかった。一方、光学顕微鏡での表面の剥離を観測したところ、エタノール処理した基板の付着性は 90 gf、処理なしの基板は 120 gf 付近で膜の剥離が確認でき、エタノール処理なし方が高い付着性を示した。

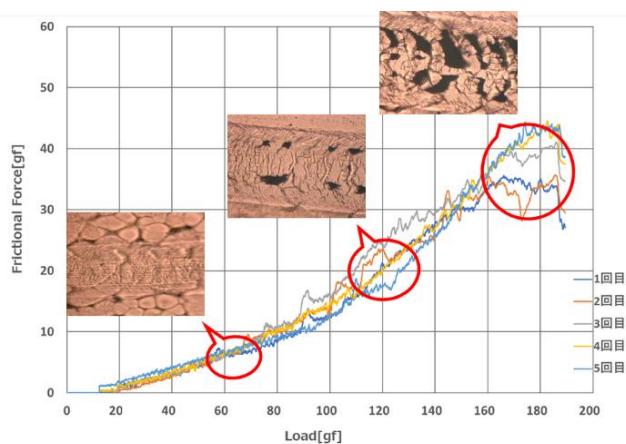


図2 エタノール処理なしの付着性評価

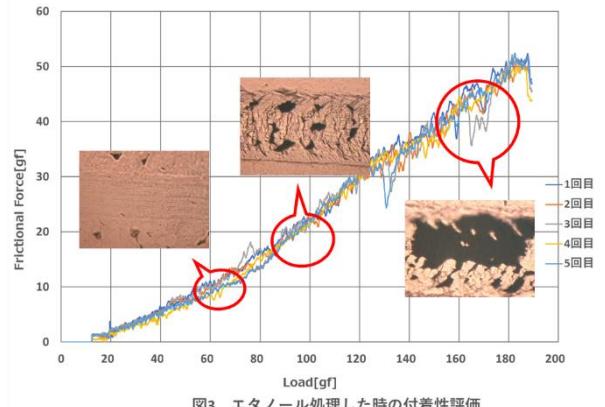


図3 エタノール処理した時の付着性評価

図 4 にナノインデンテーション試験による硬度測定を示す。エタノール処理した基板の硬度は処理なしの基板と比べ硬度が低下することが確認できた。

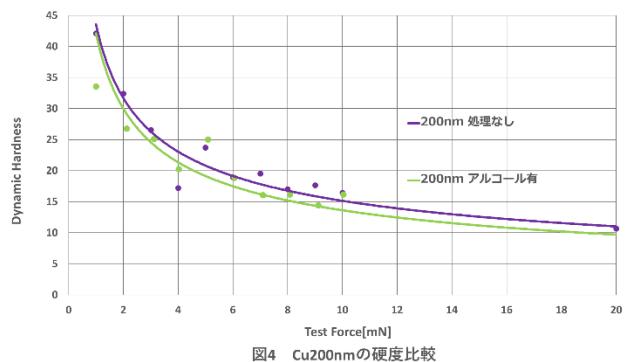


図4 Cu200nmの硬度比較

### 4. まとめ

本研究では、Ar プラズマ処理以外でもアルコール前処理の有無によって、Cu 薄膜の付着効果が大きく異なることを明らかにした。抵抗率に関しては一般的のフェノール樹脂基板上の Cu 薄膜抵抗率に比べても低い値を得た。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、工学院大学工学部電気電子工学科の長谷川舞氏（2020 年度卒）と田中柊氏（2021 年度卒）の卒業論文を参考にさせていただきました。ここに感謝いたします。

#### 参考文献

丹涼輔、矢ヶ崎隆義、鷹野一朗；「生分解性樹脂上へ Cu 蒸着を目的とした界面イオンビーム処理技術」表面技術, 66, 11(2015)pp527-533.