

3. 高周波回路用フッ素樹脂基板の銅被膜形成

所属：材料技術部

氏名：柴原正文

要 旨

数十ギガヘルツ帯の高周波領域を利用するプリント回路基板には、高周波低損失特性が優れるフッ素樹脂が適しています。本研究では、フッ素樹脂に銅被膜を形成するために、表面改質を行って親水性官能基を生成するとともに、官能基終端に銅被膜の金属錯体を生成してフッ素樹脂と銅被膜の密着性を向上させました。

ポイント

回路基板表面の銅被膜の形成には、スパッタ蒸着に比べて低コスト化が可能な無電解銅メッキ処理の適用が望ましいです。一般的には、基板と銅被膜との密着性を向上させるために、環境負荷の高い熔融金属による化学エッチングでフッ素樹脂表面に凹凸を形成させ、その表面に無電解銅メッキ被膜を積層して投錨効果を得ます。しかし、高周波電流は表皮効果により銅被膜表面に集中するため、銅被膜表面の平滑性はもちろんのこと、その下層表面である銅被膜／基板界面の平滑性も保つことが求められます。

本研究では、銅被膜／基板界面の平滑性を保ったまま十分な密着性を得る新しいプロセスとして、自己集積化分子膜(以下、SAM)の末端官能基の化学吸着によって金属錯体を生成する方法に着目し、大気圧プラズマ表面処理により親水化したフッ素樹脂表面にSAMを形成させて、フッ素樹脂表面に銅被膜を形成する方法について検討しました。

内 容

1. フッ素樹脂表面の親水化

フッ素樹脂の PTFE シート(厚み 0.2mm)から 50×80mm の寸法に切り出した試料に大気圧プラズマ処理しました。電極近傍に He ガスを供給し、RF 電力(13.56MHz)を電極・試料台に印加することで、長尺状の大気圧プラズマを発生させました。大気圧プラズマ処理は、試料を大気圧プラズマの発生領域に対して直交方向に往復走査させて施しました。その結果、表面の濡れ性を示す蒸留水の接触角は 40° と未処理時の 120° に比べて減少しました。

2. SAM の形成

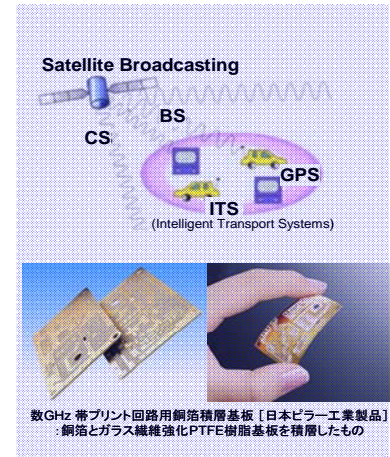
試料表面にアミノシラン SAM を形成するために、アミノシランカップリング剤を適量滴下したガラス瓶と試料をともにフッ素樹脂製容器に挿入して、容器の蓋を閉めた上で加熱炉(炉内温度は 100~200°C)に入れて数時間保持しました。その結果、蒸留水の接触角は 20° 以下と大きく減少し、XPS 分析で N_{1s} ピークが明瞭に出現したことから、試料表面にアミノシラン SAM が形成されたことが分かりました。

3. 無電解銅メッキ処理

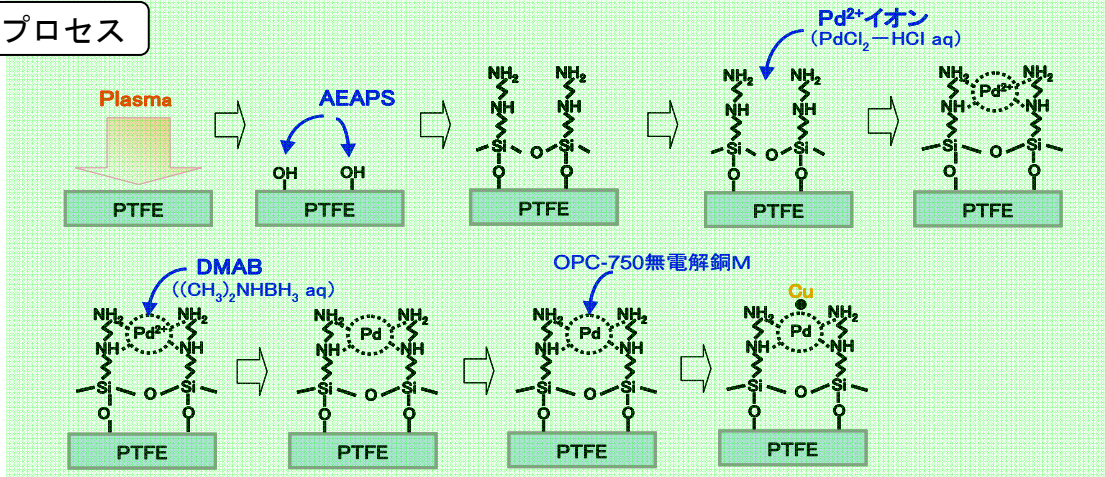
試料を無電解めっき前処理溶液(アクチベーター: PdCl₂ 水溶液)に浸漬処理した後、市販の無電解銅メッキ溶液(奥野製薬工業製 OPC-750C)を用いて浸漬処理しました。しかし、銅被膜は析出せずに、XPS 分析で SAM の末端官能基(アミノ基)に Pd のイオンが化学吸着していることが分かりました。そこで、還元剤 DMAB 溶液を用いて Pd イオンを金属 Pd に還元し、その触媒作用により無電解銅メッキ被膜を形成することができました。なお、無電解銅メッキ被膜の簡易的な密着試験として、粘着テープによる剥離テストを行ったところ、銅被膜の剥離は全く観察されませんでした。

高周波デバイスのプリント回路基板は、フッ素樹脂が適している。高周波領域では、回路導体の銅被膜表面に電流が集中するため、銅被膜表面の平滑性ならびに銅被膜/基板界面の平滑性が必要である。

本研究では、銅被膜 / 基板界面の平滑性を保ったまま、十分な密着性を得る新しいプロセスとして、自己集積化分子膜(以下、SAM)の末端官能基の化学吸着によって金属錯体を生成する方法に着目し、大気圧プラズマ表面処理により親水化したフッ素樹脂表面にSAMを形成させた後に銅被膜を積層する方法について検討した。



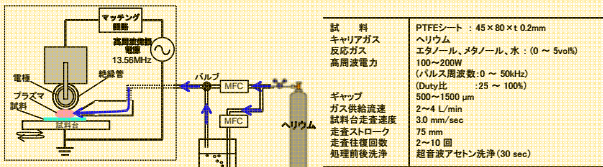
処理プロセス



【表面改質を行って親水性官能基を生成して、官能基終端に銅被膜の金属錯体を形成させる。】

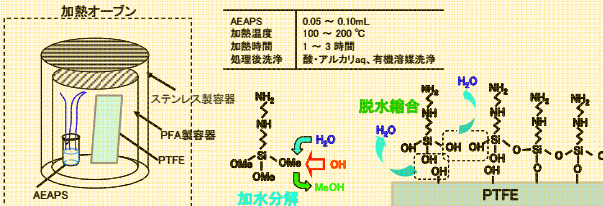
実験方法

1. 大気圧プラズマ処理による親水化



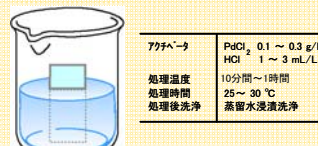
蒸留水の接触角: 120° → 40°

2. 気相法による SAM の形成

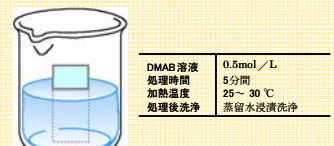


蒸留水の接触角: 20° 以下

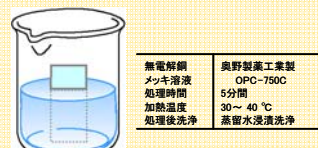
3. アミノ基にPdイオンを化学吸着



4. Pdイオンを還元

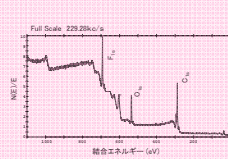


5. PTFE表面に銅薄膜の形成

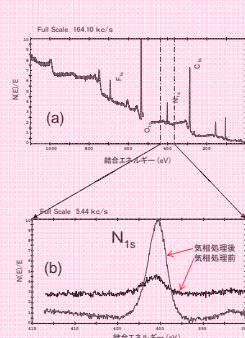


実験結果

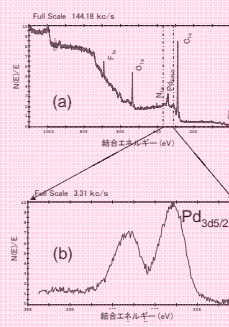
1. 大気圧プラズマ処理による親水化



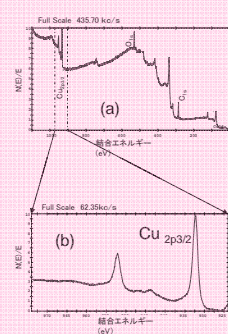
2. 気相法による SAM の形成



3. アミノ基にPdイオンを化学吸着



4. PTFE表面に銅薄膜の形成



※ 銅メッキ被膜の簡易的な密着試験として、粘着テープによる剥離テストを行ったところ、銅被膜の剥離は全く観察されなかった。