

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 25日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21760260

研究課題名（和文）ポリイミドへの直接無電解めっき法を用いた高速 FPC の作製と評価

研究課題名（英文）Investigation on the flexible printed circuit fabricated by direct electroless Cu plating on a polyimide film.

研究代表者

池田 晃裕（IKEDA AKIHIRO）

九州大学・大学院システム情報科学研究院・助教

研究者番号：60315124

研究成果の概要（和文）：

KOH 溶液を用いたポリイミドの表面改質，及び，酸素プラズマを用いたポリエチレンナフタレート（PEN）の表面改質により，それぞれの樹脂フィルム上に無電解銅めっきを行う技術を開発した．この技術を用いて，界面の平滑な高周波用のフレキシブル配線を形成し，従来よりも，高周波信号の伝送損失を低減することに成功した．また，5GHz 帯域のバンドパスフィルタを，ポリエチレンナフタレート上に作製し，通過帯域で信号損失の少ないバンドパスフィルタの形成に成功した．

研究成果の概要（英文）：

I have developed the electroless Cu plating directly on polyimide and poly-ethylene naphthalate films by KOH and O₂ plasma modifications on the film surfaces, respectively. Using the electroless plating technique, flexible printed circuits (FPC) were formed on the films. I confirmed that these FPC showed smaller signal transmission losses for GHz signals in comparison to a conventional Cu foil laminated FPC. Also, I have fabricated the low loss band pass filter using the electroless Cu plating for 5 GHz wireless band.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学，電子デバイス・電子機器

キーワード：プラズマ改質，無電解めっき，FPC，高周波信号

1. 研究開始当初の背景

情報通信機器が高性能化し，IC の高速化が進んでいる．FPC (Flexible Printed Circuit) は，折り曲げによる省スペース化が可能であ

り，IC の実装に用いられている．S-ATA や PCI-Express など，シリアル伝送方式への移行に伴い FPC も高速化が求められている．

高周波の信号伝送で問題になるのは，表皮

効果による導体損失の増加である。市販の銅張りポリイミドフィルムはアンカー効果を狙って、界面にわざと凹凸を形成している。しかし、高周波では表皮効果のため銅配線表面に電流が集中し、界面ラフネスによる導体損失の増加が問題になっており、その改善が求められている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、KOH によるポリイミドの表面改質を用いて、界面・表面の平滑な無電解銅めっき膜を直接ポリイミド上に形成することで、高速信号用 FPC を開発することである。また、ポリイミドの他に、より低コストで透明性の高い、ポリエチレンナフタレート (PEN) への無電解銅めっき技術についても開発を行う。さらにフィルタなど高周波受動素子への適用を目指す。

3. 研究の方法

アルカリ溶液の KOH 溶液に浸析することで、ポリイミド表面のイミド基をカルボキシル基に変換し、そのカルボキシル基にパラジウムを吸着・還元させ、それを触媒として、無電解銅めっきを行った。PEN は、酸素プラズマに照射することで、表面に OH 基を形成し、さらにその OH 基に対して APTES 分子を用いたシランカップリングを行い、アミノ基を形成する。そのアミノ基に配位結合でパラジウムを吸着・還元させ、それを触媒として無電解銅めっきを行う。

配線の形成は、フィルム全面に銅めっきを行い、通常の写真リソグラフィ工程により作製した。配線は、シミュレータをもちいて、特性インピーダンスが 50 になるように設計した。またバンドパスフィルタも、シミュレータをもちいて、レイアウト設計を行った。作製した配線、バンドパスフィルタは、ネットワークアナライザをもちいて、評価した。

4. 研究成果

図 1 に、ポリイミド上に形成した無電解銅めっき配線と、市販の銅箔貼合わせフィルムを用いた配線の S21 特性を示す。S21 特性は、入力電圧に対する伝送電圧の低下を表すパラメータで、0 dB に近い程、伝送信号の減衰が少ない。図 1 から分かるように、周波数が 15GHz と高周波になっても、無電解銅めっき配線は、信号の減衰が少ないことがわかる。

図 2 に、無電解銅めっき、及び市販の銅張りの FPC について、銅配線をエッチングした後の、ポリイミド表面の SEM 像を示す。市販の銅張り FPC は銅箔とポリイミドの接着性を高めるため、表面にわざと凹凸が入っている

が、無電解銅めっきは、原子レベルの化学結合であり、界面が平滑であることが分かる。このことにより、高周波での界面ラフネスによる配線表面の導体損失が抑えられたと考えられる。また、銅配線表面のラフネスも、市販の銅張り FPC より無電解銅めっき FPC の方が、平滑であった。

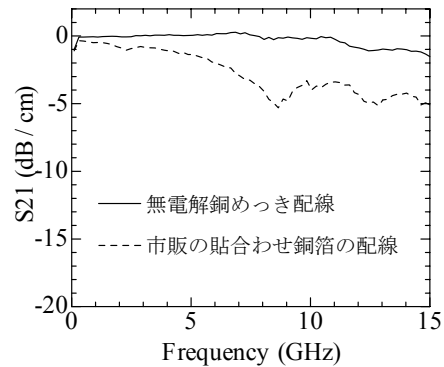


図 1. ポリイミド上の配線の S21 特性

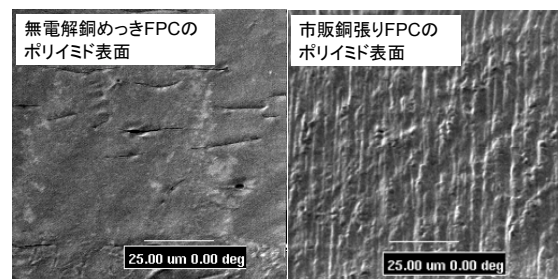


図 2. 無電解銅めっき、市販銅張り FPC のポリイミド表面の SEM 像

図 3 に、PEN へ無電解銅めっきしたサンプルの写真を示す。鏡面状の非常に平滑なめっきが全面に行えている。テープ引き剥がしによる密着性も良好であった。

図 4 にプラズマ改質前後の PEN 表面の AFM 像を示す。プラズマ改質により、PEN 表面のラフネスが、若干増加したが、それでも RMS=33nm と非常に平滑であった。



図 3. 無電解銅めっきした PEN の写真

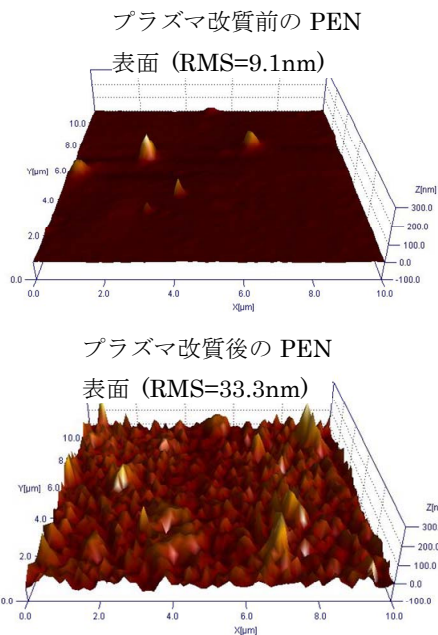


図4. プラズマ改質前後のPEN表面のAFM像.

図5にプラズマ改質前後のPENのFT-IRスペクトルを示す. 酸素プラズマの照射でPEN表面にOH基が発生していることが確認できる. OH基の発生にともない, 水の塗れ性についても, プラズマ改質により向上することを確認した.

図6に, バンドパスフィルタの写真と等価回路を示す. $\lambda/4$ 波長共振器, 2個を磁気結合で結合した構造となっている. また, 入出力部は容量結合でカップリングしている. IEEE802.11aに対応するように, 5.15-5.725GHzが帯域となるように, レイアウト設計をおこなった.

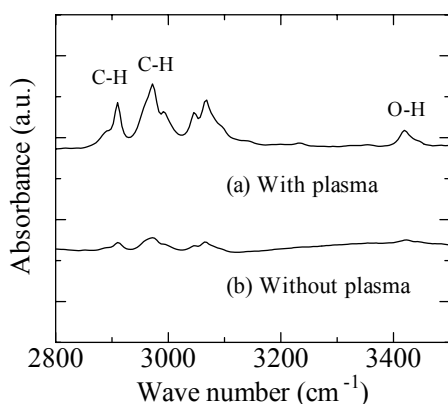


図5. プラズマ改質前後のPENのFT-IRスペクトル.

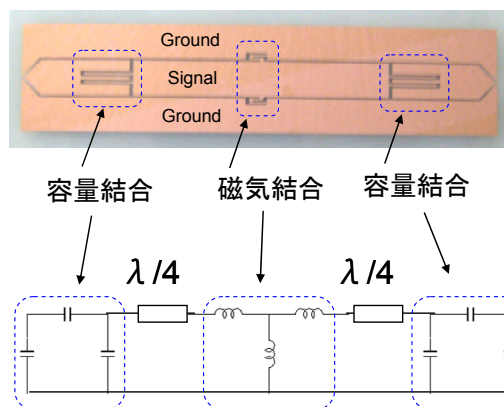


図6. バンドパスフィルタの写真と等価回路.

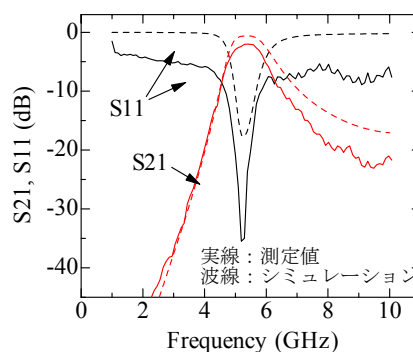


図7. バンドパスフィルタの伝送信号の透過, 反射特性

図7に, 試作したバンドパスフィルタの伝送特性を示す. ほぼシミュレーションの特性と一致しており, 5.15-5.725GHzに通過帯域をもつ低損失のバンドパスフィルタが形成できた.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

A. Ikeda, N. Watanabe, T. Asano, "High Frequency Signal Transmission Characteristics of Cone Bump Interconnections", Technical Digest of the IEEE International 3D System Integration Conference, 巻号無し, ページ番号無し(CD-R) (2012) 査読有.

T. Shuto, N. Watanabe, A. Ikeda, T. Higashimachi, T. Asano, "Low-Temperature Bonding of LSI Chips to Polymer Substrate using Au Cone Bump for Flexible Electronics", Proceedings of

the 61st ECTC, 巻号無し, pp.1770-1774 (2011) 査読有.

T.Shuto, N.Watanabe, A.Ikeda, T.Higashimachi, T.Asano, "Micro-joining of LSI Chips on Poly(ethylene naphthalate) Using Compliant Bump", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.50, pp.06GM05 (2011) 査読有.

T.Shuto, N.Watanabe, A.Ikeda, T.Higashimachi, T.Asano, "Direct Bonding of LSI Chips to Flexible Substrate using Compliant Bump", Proceedings of The 17th international Display Workshops, 巻号無し, pp.1717-1720 (2010), 査読有.

A.IKEDA, K.KAJIWARA, N.WATANABE, T.ASANO, "High-Frequency Signal Transmission Characteristics of Coplanar Waveguides with Cone Bump Interconnections", Proceedings of IEEE TENCON 2010, 巻号無し, pp.21-24 (2010) 査読有.

A.Ikeda, K.Kajiwara, N.Watanabe, T.Asano, "Effect of Argon/Hydrogen Plasma Cleaning on Electroless Ni Deposition on Small-Area Al Pads", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.49, pp.08JA05 (2010) 査読有.

[学会発表] (計 5 件)

A. Ikeda, N. Watanabe, T. Asano, "High Frequency Signal Transmission Characteristics of Cone Bump Interconnections", IEEE International 3D System Integration Conference, 2012 年 2 月 1 日, 吹田市.

首藤高德, 渡辺直也, 池田晃裕, 浅野種正, "コンプライアントバンプを用いたかしめ接合による PEN フィルム上への LSI チップの常温実装", 第 72 回応用物理学学会学術講演会, 2011 年 9 月 2 日, 東京都.

T.Shuto, N.Watanabe, A.Ikeda, T.Higashimachi, T.Asano, "Direct Bonding of LSI Chips to Flexible Substrate using Compliant Bump", 23rd International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 2010 年 10 月 10 日, 福岡市.

A.IKEDA, K.KAJIWARA, N.WATANABE, T.ASANO, "High-Frequency Signal Transmission Characteristics of Coplanar Waveguides with Cone Bump Interconnections", IEEE TENCON 2010, 2010 年 11 月 23 日, 福岡市.

A.Ikeda, K.Kajiwara, N.Watanabe, T.Asano, "Ar/H₂ plasma cleaning effect

on electroless Ni plating for micro-bump formation", INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DRY PROCESS, 2009 年 9 月 25 日, 韓国, 釜山.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K000268/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 晃裕 (Ikeda Akihiro)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・助教

研究者番号 : 60315124

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し