

ナノコンポジットを用いた PETフィルムへの3次元回路の 形成方法

Three Dimensional Circuit Formation on PET Film by Nanocomposite

荒川孝保／筑波研究所

Takayasu Arakawa Tsukuba Research Laboratory

(本研究は昨年6月に東京において開催されたエレクトロニクス
実装に関する国際学会ICEP2008にて発表しました。)



1 はじめに

近年、エレクトロニクス機器の小型化・軽量化・高性能化が急速に進んでいる。それにともなって、電子部品の小型化・配線の高密度化・基板の多層化などが取り入れられている。その一方で、基板の小型化だけでなく、携帯電話の筐体を基板の一部として使う方法が検討され始めている。この筐体を利用して配線を形成する技術として、一般的にMID (Molded Interconnect Device) 工法の応用が考えられる。MID工法は、3次元的な回路の設計・製造に適している。しかし、MID工法を用いた3次元配線形成法は工程が複雑であり精密な金型が2個必要になるなど、製造コストが高くなっていた。

今回、我々は金属ナノ粒子とポリマーバインダーを組み合わせたナノコンポジット(図1)を利用した簡単で経済的な3次元回路形成法を開発した。金属ナノ粒子は無電解銅めっきの触媒となり、ポリマーバインダーは銅めっきにより形成した回路とフィルム基材を強固に密着させている。本手法はナノコンポジットの印刷、低温硬化と銅めっきの

工程から成っており、低温で回路を作製することができるため、PETやポリカーボネートなどの耐熱性の低い樹脂にも適用できる。

2 開発の背景

携帯電話の多機能化と多接続化を可能とするため、必要なアンテナの数は増えている。WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)やGSM (Global System for Mobile communications)などの通信用アンテナだけでなく、WLAN (Wireless Local Area Network)、Bluetooth等のデータ送受信用のアンテナも携帯電話内に組み込まれている。しかし、これら全てのアンテナを小さな携帯電話内の回路基板に組み込むことは容易なことではない。

また、多機能化により使用できる高周波数領域が制限されてきているため、低周波数側の利用が求められている。13MHzなどの低周波を利用するNFC (Near Field Communication) アンテナは一般的に大面積であるため、アンテナ設置のスペースとして、携帯電話外装の裏面を利用することが注目されている。

本稿では、金属ナノ粒子を利用したナノコンポジットとめっきプロセスを利用することで、筐体外装部分にアンテナ用の配線を形成する技術について報告する。

3 試験方法

3.1 フィルム(PET)基板

携帯電話の薄型化により高強度の金属筐体が採用されることが多くなった。金属筐体の光沢は、高級感があるため人気が高い。東レ(株)製のPICASUSは、屈折率の異なる2



図1：ナノコンポジットの構成成分

種類のPETを組み合わせたマルチレイヤーフィルムであり、その構造は可視光と近赤外線を反射し、反射光の干渉により金属光沢調を有している。金属光沢調でありながらも金属を全く含まないことから、電波透過性が良い特性を有している。図2にPICASUSとアルミ蒸着PETフィルムの電波透過性の比較を示す。0.1～3GHzの周波数帯において、アルミ蒸着PETフィルムは40dBの電波損失を示すのに対し、PICASUSはほとんど電波損失が見られなかった。この電波透過性の良いPETフィルムであるPICASUSを筐体外装材料として用いた。

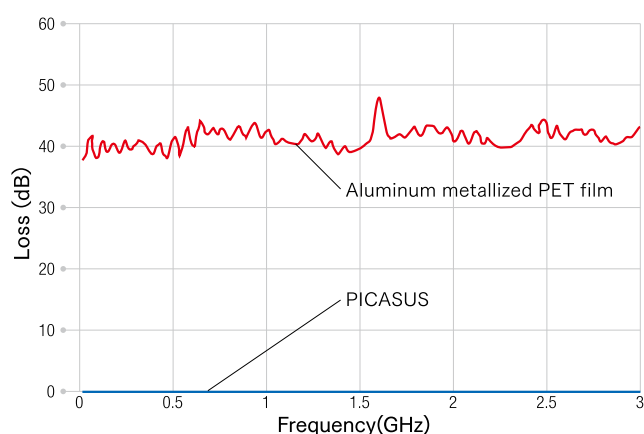


図 2：PICASUSの電波透過性

3.2 PETへの3次元配線の作製

3次元配線は、図3に示したように4段階で作製した。工程①では、PICASUSの裏面にスクリーン印刷法によりナノコンポジットで回路を印刷した。その後、印刷したコンポジットを100℃で硬化させた。工程②では、印刷されたシートを5～15 mmの深さにエンボス加工した(図4)。工程

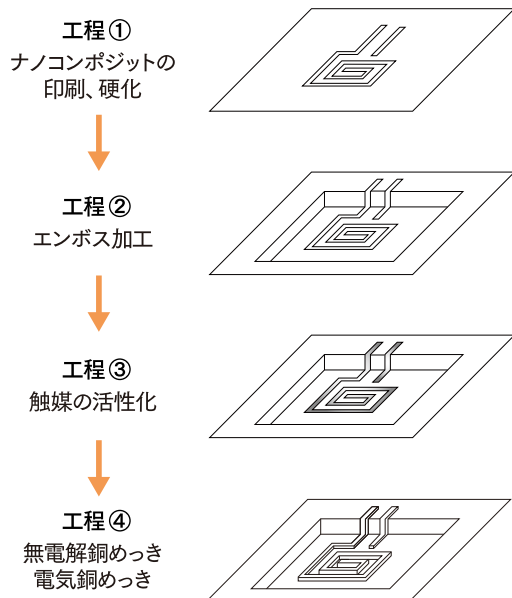


図 3：3次元配線の工程

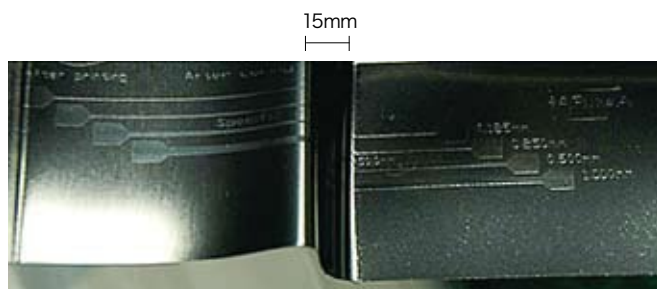


図 4：成型されたサンプル

③では、ナノコンポジット中に含まれる金属ナノ粒子触媒を活性化した。工程④では、無電解めっきと電気めっきを行って配線を形成した。

4

技術的特徴

ポリマー上への銅めっき法がいくつか開発されている¹⁻⁴⁾が、銅めっきのフィルムへの密着性の低さが問題となっている。基材表面の粗化により、アンカー効果を生じさせ密着性を高める方法もあるが基材のダメージが大きい。

我々は以前、UV活性化型ナノコンポジットを使用し無電解銅めっきを行う技術を報告している³⁾が、この技術では析出しためっき導体の密着性が十分でなかった。

新たに考案した金属ナノ粒子触媒活性化法により、銅めっきによって得られた配線に十分な密着性を与えることができた。活性化処理されたナノコンポジットを無電解銅めっき液中に30秒程度浸すことにより、膜厚1μm程度の高い密着性のある銅めっきを得ることができる。無電解銅めっき後、電気銅めっきにより厚膜化した。

作製したテストサンプルを図5に示す。図6に示したサ

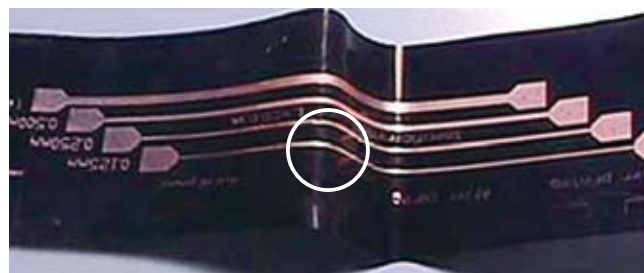


図 5：形成した3次元銅めっき

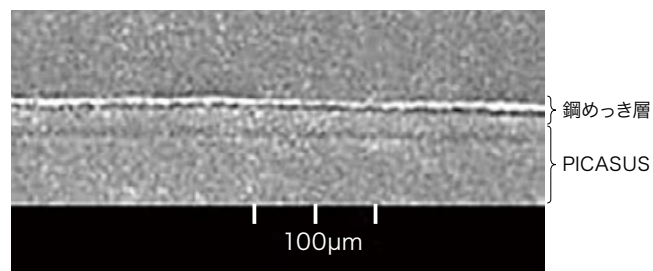


図 6：SEMによる銅めっき部分の断面観察

サンプルの断面観察により、銅めっき膜厚は7 μ mであった。ナノコンポジットがエンボス加工により引き延ばされた部分(図5、○部)においても銅めっきが均一に析出していた。配線の体積抵抗値は2.8 $\mu\Omega\cdot$ cmと十分に低い抵抗を示していた。この配線の密着性は高く、引き延ばされた部分を含めテープによる引きはがし試験を5回行っても全く剥がれなかった。

5 携帯電話用外装部材の作製

薄型化してきた携帯電話・モバイル端末では、アンテナの設定場所は限られている。金属筐体の携帯電話では、13MHzのNFCは困難である。そこで、金属光沢のあるPICASUSを携帯電話外装型にエンボス加工し、本手法を用いて3次元配線を行った。成型前のPICASUSの裏面にナノコンポジットを印刷し、硬化させた。PICASUSを携帯電話(Nokia製 E61)の外装の形に成型した(図7)。成型後、図3のプロセスに従ってナノコンポジット上に3次元配線を形成し、スタンドアロンタイプのRF-ID (Radio Frequency Identification) タグをこの配線と接続した(図8)。このエンボス成型した外装は携帯電話に合わせることができ、図9に示しているようにコネクタによって携帯本体と電氣的



図7：携帯電話外装型に成型されたPICASUS

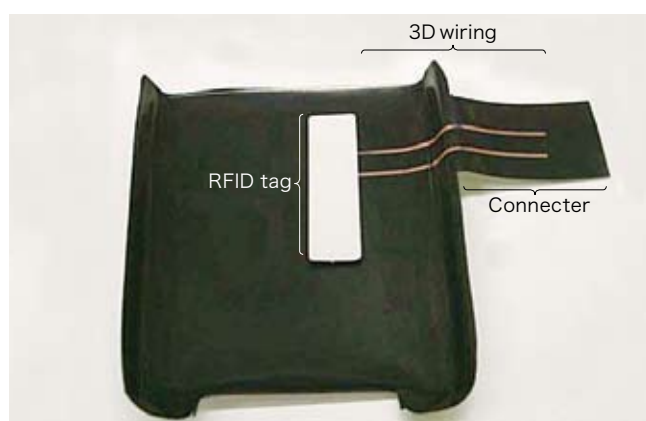


図8：RF-IDに接続した3次元配線



図9：携帯電話に装着されたテスト外装

な接続が可能となっている。

PICASUSは金属光沢調にもかかわらず電波透過性が良いので、汎用のRF-IDリーダーとの通信が行えることを確認した(図10)。これにより、金属筐体でつくられた薄型携帯電話のNFCが今後できるようになると思われる。今後はRF-IDタグを携帯電話より操作できるように設計していく予定である。



図10：RF-IDリーダーとの通信確認

6 まとめ

ナノコンポジットは、金属ナノ粒子とポリマーの複合材料である。金属ナノ粒子は活性化処理することで銅めっきの触媒となり、ポリマーバインダーにより銅めっき配線は基材と十分に密着していた。

さらにナノコンポジットを印刷したフィルムをエンボス加工することにより、安価に立体配線を形成することができる。ナノコンポジットの硬化温度は100 $^{\circ}$ C以下であり、汎用のPETやポリカーボネートへの適用が可能である。

この工法では、汎用樹脂基板への適用とエンボス加工とを組み合わせることで安価な3次元回路を形成できるので、携帯電話の小型化や高密度配線に応用していきたい。

<参考資料>

- 1) H. Takahashi, Y. Kobayashi, H. Kouta, Y. Fujiwara, MES2007, pp. 271-274.
- 2) H. Takahashi, S. Yoshihara, T. Shirakashi, M. Izaki, R. Maniwa, Y. Saijo, MES2003, pp. 276-279.
- 3) N. Terada, Y. Matsuba, MES2005, pp. 337-340.
- 4) K. Akamatsu, S. Ikeda, H. Nawafune, H. Yanagimoto, J. Am. Chem. Soc. 2004, 126, pp. 10822-10823