

プリンタブル回路形成技術の開発

Development of Printable Electronics for Circuit Formation

菅 沼 克 昭	Katsuaki SUGANUMA
神 澤 毅	Takeshi KANZAWA
後 藤 大 輔	Daisuke GOTO
成 井 譲 司	Joji NARUI
大 槻 高 幹	Takamiki OTSUKI

1

はじめに

1.1 プリンタブルエレクトロニクス技術とは

従来、印刷といえばインクを用いて文字や絵、写真を紙などに再現するものであった。近年、印刷技術を用いて電子回路や電子部品を形成するプリンタブルエレクトロニクス（PE）という技術に関する研究開発が行われるようになってきた。



図1 PE技術⁽¹⁾
Fig.1 PE Technology

1.2 PE技術のメリット

PE技術には主に次のようなメリットがある。

・生産の柔軟性

電子機器を製造する場合、従来は回路が形成されたプリント配線板を用いて電子部品をはんだ付けするが、PEでは電子回路となる材料を印刷して形成する。印刷方法には様々ある。版を用いないインクジェット印刷は、プログラムの変更で容易に生産機種の切り換えが可能であり、多品種少量生産に適している。一方、凹版や凸版印刷は、新聞のように高速に印刷することが可能であり、大量生産に適している。このようにPEは、お客様のニーズに柔軟に対応できる。

・小型、軽量化とフレキシブル性（屈曲性）

一般に電子部品は素子と電極、および外界から保護するパッケージで構成されているが、PEでは素子の機能を有する材料を回路上に形成し、その上からパッケージの代わりとなる保護層を印刷して電子部品を形成する。このた

め、電子機器の小型、軽量化が期待できる。また、プリント配線板の代わりに薄いフィルムを用いれば、フレキシブル性のある製品の実現が可能となる。

・環境に優しい

従来の電子機器に使用されている主なプリント配線板は、配線板の全面にある銅箔の不要部分を薬品で除去して回路を形成する。そして電子部品の搭載には、ほとんどがはんだを使用している。しかし、PEでは回路を形成する部分に必要な量の材料を印刷して形成する。そのため、薬品の廃液や材料の量を大幅に削減することができる。また、はんだの融点より低い処理温度で形成できる電子部品用材料の開発が進んでいる。このような材料を用いれば、製造工程内の処理温度を低くできる。これにより、製造に使用する材料や消費エネルギーの低減に貢献できる。

1.3 PE応用市場の広がり

PE技術は、これまで欧米で研究開発が先行していた。我が国においても2010年にはプリントエレクトロニクス研究会が発足するなど、研究開発活動が活発になってきており、現在では、世界で競い合う技術となっている。これは、PE技術のメリットを活かした太陽電池（図2（a））やディスプレイ（図2（b））、電子ペーパー、RFIDなどの実現可能性による市場の広がりが見込まれるためと考える。



(a) 太陽電池⁽²⁾



(b) ディスプレイ⁽³⁾

図2 PE技術を用いた製品例
Fig.2 Example of Product Using PE Technology

※(1) サイエンス・グラフィックス株式会社ホームページより抜粋

※(2) 大阪大学 産業科学研究所 能木准教授提供

※(3) 産業技術総合研究所のホームページより

2 当社製品への適用可能性の検討

2.1 PE技術の特長を活かした当社製品へのメリット

当社は主に車載用電子機器の製造・販売を行っており、製品の小型・軽量化は永遠の課題である。そのため、PEという新たな技術をうまく使えば、この課題解決に貢献できる可能性がある。例えば、従来のプリント配線板を薄くして軽く、フレキシブル性のあるPETフィルムに置き換えたとする。すると、製品の軽量化はもちろんのこと、製品の形状に対する制約が緩和される。これにより、自動車という限られた空間で、これまで困難だった場所にも製品を設置できるようになる。また、デザインの多様化にも応えられる。さらには、新たな設置場所ができれば、これまでにない製品を実現できるかも知れない。このようにPE技術は、従来にない方法で新たな製品を生み出す可能性をも秘めた技術であると考えられる。そこで、当社製品への適用可能性の検討の手始めに、導体配線のみで出来映え評価ができるアンテナを作製することにした。この検討は、PE技術の研究で先行している大阪大学産業科学研究所と共同で行った。

2.2 作製するアンテナについて

アンテナの基材にはPETフィルムを選び、導体配線の形成には、将来のさらなるニーズの多様化に応えられるように、印刷に版を用いないインクジェット印刷機を用いた。作製するアンテナは、テレビ放送やGPSの電波を受信するためのもので、自動車のフロントガラスに貼り付けて使用される。

3 インクジェット印刷による配線形成の検討

3.1 配線印刷用インク

PEで配線形成に用いられる導電性インクには、大きく分けて導電性の高い金属系と、インク合成が容易な有機系の2種類がある¹⁾。金属系の中でも導電性が高いのは、直径数nmから数十nmという非常に小さな銀のナノ粒子を用いた銀ナノ粒子インクである(図3)。

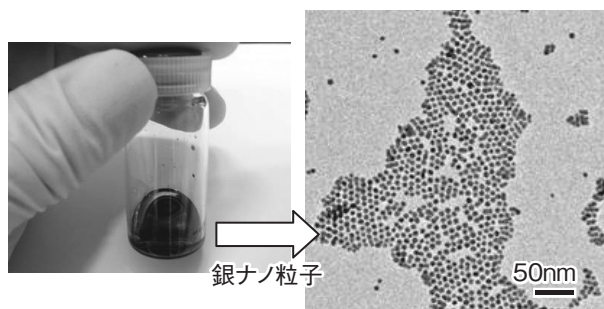


図3 検討に用いた銀ナノ粒子インク
Fig.3 Examined Silver Nanoparticle Ink

銀ナノ粒子インクは、100℃程度で加熱することでバルクの銀に近い導電性が得られる。今回は耐熱温度が100℃程度のPETフィルムを用いるため、導体配線の形成には100℃で焼成可能な銀ナノ粒子インクを用いて検討を行った。

3.2 インクジェット印刷を用いた配線形成

高密度プリント配線板の配線幅に匹敵する50μmを狙いにインクジェット印刷機を用いて銀ナノ粒子インクをPETフィルムに印刷し、配線形成を行った。しかし、印刷後にインクが幅650μm程度に滲む問題が生じたため(図4)、問題解決に取り組んだ。

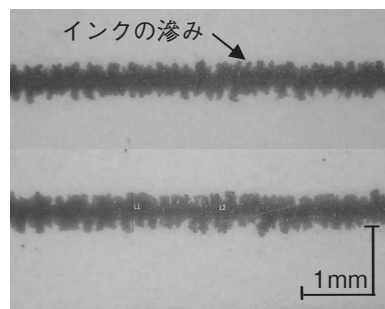


図4 インクの滲み抑制前の配線
Fig.4 Ink-Bleeding Pattern without Absorbing Layer

インクの滲み抑制には、濡れ広がり特性をインクもしくは被印刷体で調整する方法がある。今回は、インクの特性を変えずに滲みを抑制するため、被印刷体表面の改質を検討した。改質の方法には、インク溶媒を吸収する多孔質層を表面に施す方法、プラズマを照射して表面エネルギーを調整する方法、そして微細な凹凸をつけて表面に撥水効果を得る方法などがある¹⁾。

今回は、被印刷体への処理が比較的容易な多孔質を施す方法を選択した。図5に多孔質処理の条件によって表面粗さを変えた場合の配線幅の結果を示す。滲んで横に広がっていたインクが多孔質層に吸収され、狙いの配線幅50μmを下回る良好な印刷結果を得ることができた(図6)。

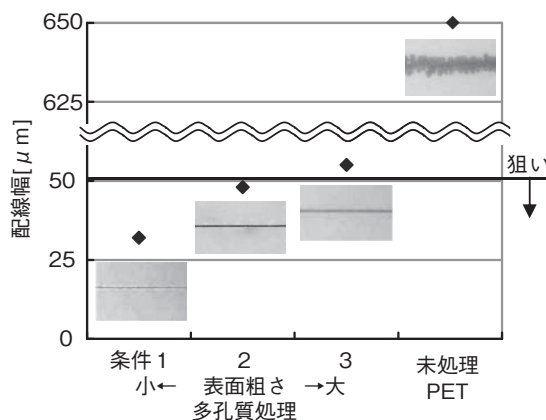


図5 多孔質処理による滲み抑制効果
Fig.5 Bleeding-Suppression Effect by Porous Treatment

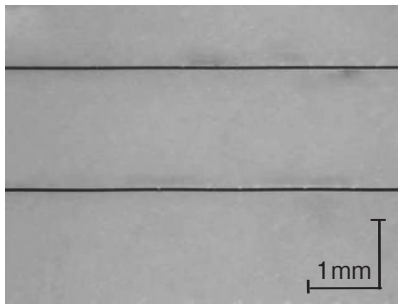


図6 インクの滲み抑制後の配線
Fig.6 Bleeding-Suppressed Pattern with Absorbing Layer

3.3 アンテナ配線の作製

多孔質の表面処理を施したPETフィルムにインクジェット印刷で銀ナノ粒子インクを用いて配線を形成し、アンテナを作製した（図7）。

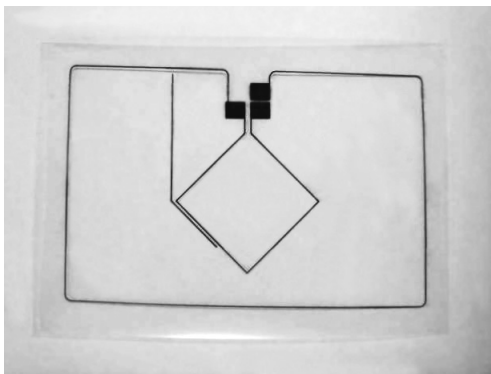


図7 作製したアンテナ
Fig.7 Successfully printed Antenna

このアンテナを当社製品に接続し、テレビ放送の受信やGPS信号を受信し、動作することを確認できた。

4

おわりに

PE技術の研究開発が活発に行われるようになった現在、当社ではまず、PE技術を用いたアンテナ形状の配線形成を検討した。今後は、さらなる微細配線や電子部品の機能を担う材料の印刷技術の開発などを進め、画期的な製品や環境に調和した製品の実現に向けて検討を進めていく。

最後に本開発にご協力頂いた大阪大学産業科学研究所菅沼研究室、能木研究室の皆様には厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 菅沼 克昭、棚網 宏: プリンテッド・エレクトロニクス技術、工業調査会、2008

筆者紹介



菅沼 克昭
(すかぬま かつあき)
大阪大学産業科学研究所教授。
工学博士



神澤 毅
(かんざわ たけし)
生産本部生産技術一部



後藤 大輔
(ごとう だいすけ)
生産本部生産技術一部



成井 譲司
(なるい じょうし)
生産本部生産技術一部エキスパート



大槻 高幹
(おおつき たかみき)
生産本部生産技術一部チームリーダー