

印刷技術を用いた電子部品作製技術の開発

電子情報部 ○的場彰成 奥谷潤 筒口善央 米澤保人

1. 目的

近年、電子デバイスの高集積化及び低コスト化を実現するために、印刷技術を活用し、電子部品を基板上に直接作製する技術の開発が進められており、プリントドエレクトロニクス(PE)と呼ばれている。現在、PEでは銀などを用いた配線が実用化されており、キャパシタやインダクタ、抵抗などの電子部品の研究開発が進められている。

本研究では、構造が単純であり、厚膜の作製や低コストでの印刷が可能なスクリーン印刷(図1)の技術を用いて、最も基本的な電子部品である抵抗作製技術の開発を目的とした。

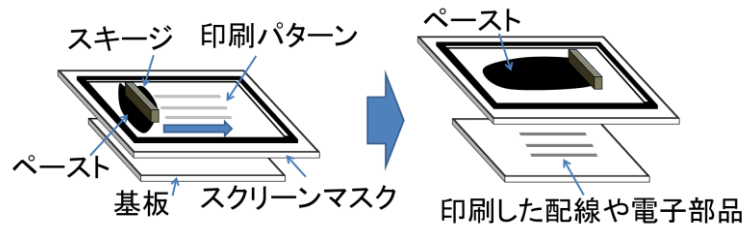


図1 スクリーン印刷の模式図

2. 内容

スクリーン印刷では図1に示すように、印刷にペーストを用いる必要があるが、従来抵抗体としてよく用いられるニクロムのペーストはないため、原料となる材料からペーストを合成する必要がある。また、抵抗素子の作製には、図2に示すように配線と抵抗体の接続が必要である。本研究では、銀配線、ニクロム抵抗体について、作製技術を検討し、それらを組み合わせた抵抗素子を作製した。

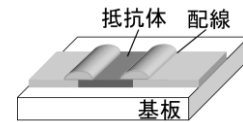
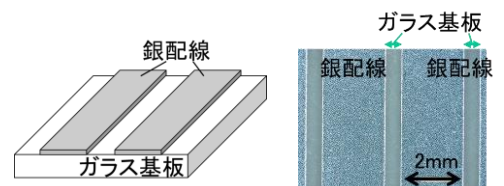


図2 抵抗素子の模式図

2.1 配線の作製

配線のための銀ペーストは、市販品を用いた。市販のペーストは推奨される焼成温度が設定されており、焼成温度によって抵抗率が変化する。そこで種々のペーストを印刷し、焼成温度に対する抵抗率の変化を調べた。

推奨焼成温度が500°C、200°C、150°Cの銀ペースト(ペーストA~C)を用いて、スクリーン印刷により、幅2mmの銀配線をそれぞれ作製し(図3)、焼成後に四端針法を用いて抵抗率を測定した(図4)。各ペーストは焼成温度上昇に伴って抵抗率が減少する傾向にあり、推奨の焼成温度において目標値($5 \times 10^{-7} \Omega m$ 以下)にほぼ達することが確認された。さらにスクラッチ試験による剥離荷重の測定(図5)及び電子顕微鏡による断面の観察(図6)により、焼成温度上昇に伴って、剥離荷重は増加し、膜内部の空隙が少ない方がガラス基板との密着性が高い傾向にあることがわかった。



(a) 模式図 (b) 上から見た外観
図3 銀配線

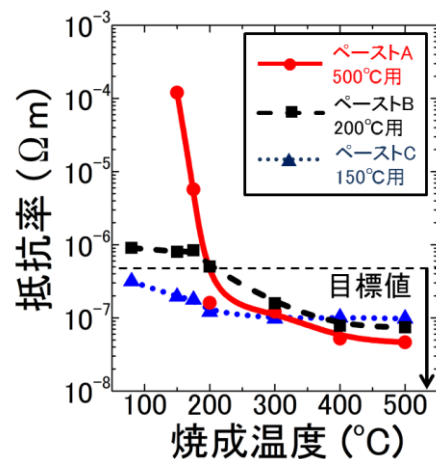


図4 抵抗率

以上の結果より、銀配線を作製するためには、推奨温度以上の焼成が必要であり、膜内部の形態が基板との密着性に関係していると推測された。

2.2 抵抗体ペーストの開発及び抵抗体の作製

ニクロム(ニッケル:クロム=8:2)抵抗体ペーストを、金属錯体溶液、増粘剤、分散剤を調合して合成した。金属錯体溶液は、抵抗体となるニッケル及びクロムを含んでいる。増粘剤はスクリーン印刷に適した粘度を調整し、分散剤は粒子の凝集を妨げ、均一に分散する役割を持つ。

抵抗体ペーストをセラミック基板上に印刷し、窒素及びグリセリンの還元雰囲気中 600°C で焼成して抵抗体を作製した。X 線回折法(XRD)による結晶構造解析(図 7)では、作製した抵抗体は設計通りのニクロムのピークが観測され、ニクロムの構造の形成が示された。

抵抗値の調整のために、膜厚を変えたときの抵抗値の変化を調べた。図 8 に印刷時の膜厚を変えて印刷し、600°C で焼成したニクロム抵抗体の抵抗値を示す。測定にはプローブ間隔 1mm の二端針法を用いた。膜厚を変化させることで3倍程度まで抵抗値を調整できた。

2.3 抵抗素子の作製

2.1, 2.2 の銀及びニクロム抵抗体ペーストを用いて抵抗素子を作製した。

抵抗体をガラス基板上に印刷し、600°C で焼成後、銀ペーストCを印刷し150°C で焼成した。

作製した抵抗素子及び抵抗体の外観を図 9 に示す。長さが数mmの抵抗素子において、約 100kΩ の抵抗値を示した。また、長さが約 0.3mm の抵抗体も作製可能である。

3. 結果

従来になかったニクロム抵抗体ペーストを開発し、市販の銀配線と組み合わせることによって、抵抗値約 100kΩ の抵抗素子が試作できた。今回の抵抗体ペーストの開発は、今後の印刷技術による素子の作製の基礎技術となることが期待される。企業に本技術を提供するとともに、応用範囲の拡大のため、作製温度の低温化を目指していく予定である。

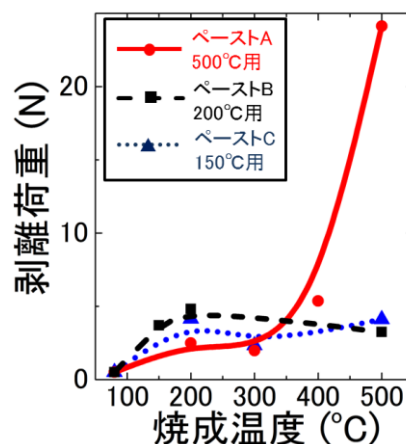
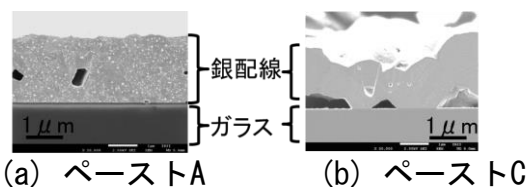


図5 剥離荷重



(a) ペーストA (b) ペーストC

図6 断面写真(焼成温度500°C)

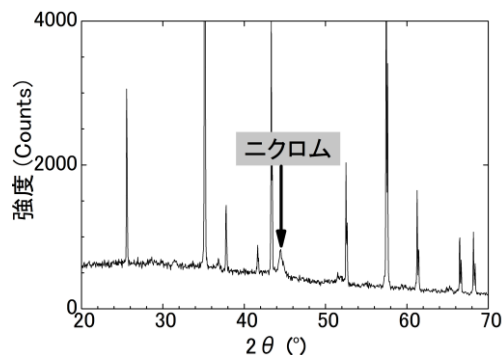


図7 XRDによる結晶構造解析 (ニクロムのピーク以外は基板の結晶構造が要因)

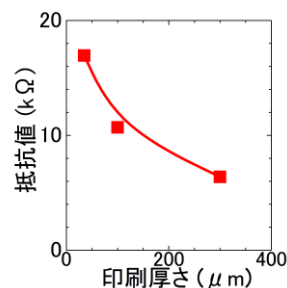


図8 印刷時の膜厚に対する抵抗値

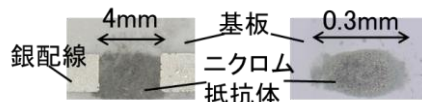


図9 ニクロム抵抗素子及び抵抗体の外観