



Title	Inkjet printing of highly conductive lines with metallic nanoparticle inks
Author(s)	金, 昌宰
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59961">https://hdl.handle.net/11094/59961</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	金 昌 宰 (Kim Changjae)
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 2 5 6 3 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学 位 論 文 名	Inkjet printing of highly conductive lines with metallic nanoparticle inks (金属ナノ粒子インクを用いた高導電性のインクジェット印刷配線)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 菅沼 克昭 (副査) 教 授 南埜 宣俊 教 授 安田 秀幸 教 授 平田 勝弘 教 授 中谷 彰宏 教 授 浅田 稔 准教授 能木 雅也

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、プラスチック基板へ銀ナノ粒子インクをインクジェット印刷した配線の性能を向上させるため、印刷配線の加熱プロセスならびのプラスチック基板のコーティングレイヤを検討した。本論文が提案した方法は、低電気抵抗・耐熱性・密着性・細線化・ファインピッチ化など導電性配線の性能改善に寄与する。その結果、インクジェット印刷による配線作製技術は、従来の配線作製技術を代替できる可能性があることを確認できた。

第2章では、銀ナノ粒子インクジェット印刷配線において、線幅と体積抵抗率の関係を明らかにした。また、配線の加熱条件を制御して、細いインクジェット配線においても低い体積抵抗率を実現した。

細い印刷配線では、溶媒が蒸発する際、インク溶媒が激しく内部対流し、銀ナノ粒子は配線内部で不均に分布した。その結果、印刷配線の中央部に空隙が生じ、配線は大きな体積抵抗率を示した。そこで、印刷配線を緩やかに加熱してインク溶媒の内部対流を抑制すると、細い印刷配線でも、銀ナノ粒子が緻密に分布し、小さな体積抵抗率を示した。

第3章では、低抵抗な印刷配線を実現するために、プラスチック基板へのコーティングレイヤに関する検討を行い、インク溶媒だけを吸収するコーティングレイヤが適切であることを明らかにした。

シリカナノ粒子を塗布した空隙型コーティングレイヤでは、インク溶媒と銀ナノ粒子が空隙へ吸収され、印刷配線の電気抵抗値は大きくなった。一方、ポリマーコートした膨潤型コーティングレイヤでは、インク溶媒のみが吸収され、銀ナノ粒子はコーティングレイヤの上に残った。その結果、インク溶媒の内部対流は抑制され、印刷配線は小さな電気抵抗値を示した。

第4章では、空隙型コーティングレイヤへ撥液処理を施し、空隙型コーティングレイヤにおいても低抵抗な印刷配線を実現した。

空隙型コーティングレイヤに撥液処理を施すと、空隙への銀ナノ粒子吸収が防止され、低抵抗のインクジェット印刷配線が作製できた。また、撥液処理した空隙型コーティングレイヤの基板を用いると、配線のエッジが非

常にクリアで無処理ポリイミド基板より約3倍程度厚い配線が作製できた。このことにより、限られたスペースで低抵抗の印刷配線を作製できるため、デバイスの小型化が実現できると考えられる。

本研究では、インク組成を変えずに、金属ナノ粒子インクを用いたインクジェット印刷配線の低抵抗化を達成した。本成果は、近年実用化がめざましいインクジェット印刷配線を用いたデバイスの性能改善に大きく寄与するものであるため、今後、RFID、ディスプレイ、太陽電池などのデバイスへその応用が期待される。

## 論文審査の結果の要旨

ナノ粒子を適当な溶媒に分散させたインクを用いインクジェット印刷することで、配線やデバイスがオンデマンドに形成でき、新たなエレクトロニクス製造技術として期待されている。インクジェット配線では、インクジェットヘッドからの吐出のためにインクが溶媒を多量に含むが、印刷後の基板上ぬれ広がり、溶媒乾燥による配線形状変化の理解と制御が必要になる。これまで、ナノ粒子インクの挙動に対して基板の表面状態の影響や溶媒乾燥による影響は十分に理解されていなかった。本論文は、フィルム基板上のインクのぬれ制御処理、及び、溶媒乾燥による配線形状や微細組織への影響を理解することを目的としている。その結果として、以下の成果が得られている。

- 1) 銀ナノ粒子インクジェット印刷配線において、線幅を変化させて体積抵抗率を評価したところ、300  $\mu\text{m}$ 幅以下の微細配線で体積抵抗率が大きくなることが判明した。微細組織を評価した結果、微細配線ではコーヒーリング効果が著しく、特に、配線中央部に微少なボイドが形成され、見かけの体積抵抗率増加を引き起こしていることを明らかにした。
- 2) 銀ナノ粒子インクジェット配線の加熱時の昇温速度を制御することで、細線においてもコーヒーリング形成を抑制でき、低い体積抵抗率が実現出来ることを明らかにした。
- 3) 銀ナノ粒子インクジェット配線で低抵抗な印刷配線を実現するために、プラスチック基板上的オーバーコート層の検討を行い、インク溶媒だけを吸収する高分子型コート層が配線の低抵抗を実現し、コート層として適切であることを明らかにした。
- 4) フィルム基板上に形成した微細空隙型コート層を用い空隙のサイズの影響を調べたが、サイズに依らずナノ粒子インクの空隙への浸透が認められ、十分な低抵抗が得られないことが判った。そこで、微細空隙コート層を持つフィルム基板に撥液処理を施しインクジェット配線を行った結果、浸透無しにインクの基板上ぬれ制御が可能になり、低抵抗印刷配線が実現することを明らかにした。

以上の様に、本研究では、金属ナノ粒子インクを用いたインクジェット印刷配線の特性に及ぼす、インク溶媒乾燥がもたらすコーヒーリング効果の影響、基板上的インクぬれ広がりと表面処理の関係を調べ、各現象が生じるメカニズムを明らかにし、結果としてインク組成を変えずに配線の組織を最適化し低抵抗化出来ることを示した。本成果は、近年実用化がめざましいインクジェット印刷配線を用いたデバイスの性能改善に大きく寄与するものであり、今後、RFID、ディスプレイ、太陽電池などのデバイスへの応用が期待される。

よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。