

プラズマ援用インクジェットプリンティングプロセスの開発

Development of plasma-enhanced inkjet printing process

東大院新領域¹, 東大工² ◯妻木 正尚¹, 新田 魁洲², 寺嶋 和夫^{1,2}, 伊藤 剛仁^{1,2}

Graduate School of Frontier Science, The Univ. of Tokyo¹,

Faculty of Engineering, The Univ. of Tokyo²

◯Masanao Tsumaki¹, Kaishu Nitta², Kazuo Terashima^{1,2}, Tsuyohito Ito^{1,2}

E-mail: tsumaki@plasma.k.u-tokyo.ac.jp

【背景】 本研究では、次世代フレキシブル/プリントドエレクトロニクスデバイスの開発を促進すべく、プラズマ援用インクジェットプリンティングの開発を目指している。インクジェットプリンティングは成膜とパターンニングを同時に行う技術であり、真空装置を要せず目的材料を簡便に印刷することが可能なため、フレキシブル/プリントドエレクトロニクスデバイス作製技術として注目されている^[1,2]。しかし、インクジェットプリンティングプロセスの実用化・高度化のためには配線幅や焼結プロセス温度・時間の低減が課題として挙げられる。ここでは、上記の課題を同時に解決するため、プラズマプロセスを組み込んだインクジェットプリンティングの開発を目的とした。プラズマ援用インクジェットプリンティングプロセスでは、吐出されたインクの蒸発・固化・焼結をプラズマにより一度に行い配線を作製する。プラズマにより飛翔中および基板到達後においてインク溶媒の蒸発を促進することで配線幅低減が期待されるとともに、高エネルギー粒子や紫外光を利用し低温で迅速に焼結することで焼結プロセス時間・温度低減が期待される。これまで、銀ナノ粒子分散インクを用いて銀配線をポリイミド (PI) 基板上に作製し、電気抵抗率や配線形状を評価するとともに、基板加熱を用いる既存のプロセスと比較を行った。

【実験方法】 装置の概略図を図1に示す。2 mm/s で走査される PI 基板上へ銀ナノ粒子分散インクを吐出し、銀配線作製を行った。基板上部に設置した2つのセラミックスで覆われた棒状タンダステン電極に負のパルス電圧 (ピーク電圧-9 kV、パルス幅 10 ns) を印加し、基板背面に接地電極を設けることで、高電圧印加電極と基板間に空气中でプラズマを生成した。作製した配線は、四端子測定により抵抗測定を、走査電子顕微鏡 (SEM) およびレーザー走査顕微鏡にて配線形状や表面状態を観察した。比較のため作製した基板加熱サンプルにおいて、基板温度はプラズマによる配線作製時に測定された基板表面温度: 120°C に設定した。

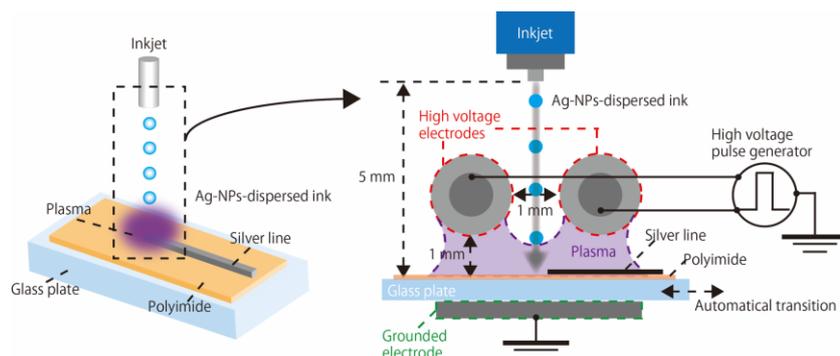


Fig. 1 Schematic diagrams of experimental setup for plasma-enhanced inkjet printing process

【実験結果】 ポリイミド上に銀配線作製を行った結果、1 s 程度のプラズマ照射時間で $2.9 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}$ の配線が得られた。その際、プラズマにより基板表面温度は 120 °C 程度までにはしか上昇しておらず、PI より耐熱温度の低い基板に対しても適用可能であることを確認した。また 120 °C の基板加熱で作製した場合、 $4.4 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}$ の銀配線作製に 60 分を要したことから、本プロセスでは焼結プロセス時間を 1/3600 倍短縮し低抵抗な配線を作製できることが明らかにされた。更に、プラズマにより作製した配線の幅は 1/3 倍低減、高さは 5 倍増加していることが確認された。高速カメラ測定より飛翔中の液滴サイズ低減は確認されなかったため、基板到達後に液滴が完全に濡れ広がる前に固化したことで配線幅が低減したと考えられる。以上のように本プロセスは配線幅および焼結プロセス時間・温度低減をもたらすことが明らかにされ、インクジェットプロセスの高度化を担うと期待される。

[1] Rim, Y. S., Bae, S. H., Chen, H., De Marco, N., & Yang, Y. (2016)., *Advanced Materials*, **28(22)**, 4415-4440.

[2] Wu, W. (2017). *Nanoscale*, **9(22)**, 7342-7372.