第81回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集 (2020 オンライン開催)

空間電位を制御するエレクトロスプレー堆積法の研究

Electrospray deposition with controlled space potential

東大工[1]，ナノ医療イノベーションセンター[2]

○桑畑 湧太[1]，竹原 宏明[1,2]，一木 隆範[1,2]

Univ.Tokyo[1], iCONM[2], ○Yuta Kuwahata[1], Hiroaki Takehara[1,2], Takanori Ichiki[1,2]

E-mail: kuwahata@bionano.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】 エレクトロスプレー堆積法（ESD 法）は、高電圧を印加したノズルから塗布材料を吐出させ、帯電した溶液のクーロン分裂により、生じた微小液滴を塗布する技術であり、高粘性材料や生体材料に対する適合性が高い。ESD 法では高電圧を印加して液滴の表面を帯電させ、クーロン分裂により粒径の小さい液滴を発生させることができる［1］が、液滴同士が静電反発するために塗布範囲の制御が困難とされる[2]。本研究では、ノズル電極と基板の間にリング状の中間電極を配置して空間電位を制御することで塗布範囲の制御を検討した。

【実験方法】本研究で用いた装置(Fig. 1)はノズル電極(内径 0.36mm, SUS304)、対向電極(100×100×3 mm, 銅)、中間電極(内径 18 mm, 銅)、高圧電源、電流計からなる電気系とシリンジポンプ及びチューブからなる送液系により構成されている[3]。

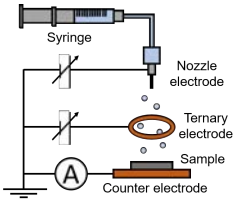

Fig. 1 Electrospray apparatus with the ternary electrode

ポリグリコール酸-ポリ乳酸共重合体(PLGA, Mw: 38,000-54,000)を N,N-ジメチルホルムアミドで希釈した溶液をシリンジポンプを用いて流量 3 μL/min でノズルから吐出し、ノズル電極、中間電極に電圧を印加してエレクトロスプレーを発生させ、Si 基板上に PLGA 薄膜を作製した。液滴が対向電極に電荷を輸送することで流れる電流(スプレー電流)を対向電極に接続した電流計により計測した。装置内の空間電位及び電界分布を解析するために有限要素法を用いた電磁界解析を行った。また、蛍光分子(ローダミン 6G)を溶液に混合して塗布することで、薄膜を可視化し、中間電極を付与したことによる塗布範囲の比較を行った。

【結果及び考察】 中間電極を付与しない従来のスプレー電流-電圧特性を調べたところ、シングルテイラーコーン領域ではノズル先端における溶液の表面張力と静電反発力が釣り合うことで電流値は一定の値をとった。中間電極を付与して同様の測定を行ったところ、中間電極の印加電圧が上昇するにつれ、シングルテイラーコーン領域閾値電圧の上昇が見られた。これは中間電極によってノズル電極付近の空間電位が上昇したためであることが電磁界解析によって示された(Fig.2)。また同解析によって、中間電極によって液滴の塗布範囲を狭めることが可能であることが示唆され、実際に蛍光観察を行ったところ、中間電極を付与した試料は塗布範囲が狭いことが確認された。中間電極の印加電圧を 4 kV に設定し、シングルテイラーコーンの印加電圧領域で 10 分間塗布を行い作製した薄膜の断面を走査型電子顕微鏡で観察(Fig.3)したところ、緻密な薄膜が作製できていることが確認できた。

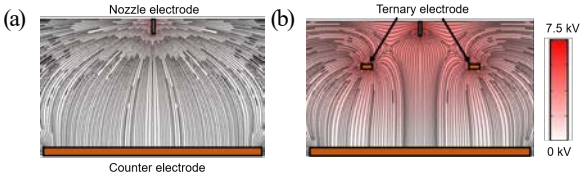

Fig. 2 Electric-field lines in the single Taylor cone-jet mode (a) Without the ternary ring electrode, (b) With the ternary ring electrode. The voltage applied to the ternary electrode was 4.0 kV, and the one applied to the nozzle electrode was 6.4 kV.

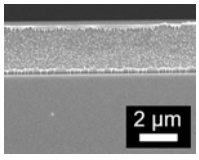

Fig. 3 Cross-sectional image of the PLGA thin film deposited during the ESD process in the single Taylor cone-jet mode on an Si substrate.

【参考文献】

[1] D. N. Nguyen, *et al,* Journal of Pharmaceutical Sciences, **105**, 2601-2620 (2016) [2] J. Xie, *et al,* Biomaterials **27**, 3321-3332 (2006) [3] Y. Kuwahata, *et al,* AIP Advances **10**, 045107 (2020)

© 2020年 応用物理学会