マルチナノポアを用いた高効率１粒子検出

Multi-nanopore for high-throughput single-particle detection

阪大 [1]　○筒井真楠 [1]，横田一道 [1]、中田知子 [1]，有馬彰秀 [1]、殿村渉 [1]、谷口正輝 [1]，
鷲尾隆 [1]，川合知二 [1]

Osaka Univ. [1], ○Makusu Tsutsui[1], Kazumichi Yokota[1], Nakada[1], Akihide Arima[1], Wataru Tonomura[1],
Masateru Taniguchi[1], Takashi Washio[1], Tomoji Kawai[1]

E-mail: tsutsui@sanken.osaka-u.ac.jp

我々の研究グループでは、機械学習とナノポアセンサを組み合わせた高感度ウイルス検出技術の開発を展開してきている。そのセンサ構造は、電子線描画法等の微細加工技術によって極薄固体メンブレン中に空けられた 1 個の細孔で構成されるものである。この細孔を 1 個のウイルスや細菌などの生体粒子が通過すると、当該細孔を通るイオン電流は一時的にブロックされる。そうして得られる電流波形を機械学習によりパターン解析し、粒子の種類毎に現れるその僅かな差異から 1 粒子同定を可能にするセンサ技術を創成してきた[1,2]。

このセンサ技術では、細孔に粒子が通過して始めて粒子検出が可能になる。また、十分なシグナル強度を得るためには、細孔の大きさを検出対象とする粒子と同程度の大きさにする必要がある。このため、1 個のナノポアに粒子を通過させる効率は低くなり、低濃度な粒子分散液の検査への応用は難しくなる。そこで本研究では、複数のナノポアを集積したマルチナノポアを開発し、これにより粒子検出の高効率化が可能であるか検証した[3,4]。

微細加工技術を用い、シリコンウエハ上に作られた厚さ 40nm の窒化メンブレン中に、1 個から 7 個の直径 300nm のナノポアを貫通させた。ナノポア間の距離は、100 nm、1 μm、もしくは 10 μm とした。これを用いて、PBS バッファに分散した直径 200 nm のカルボキシル基修飾ポリスチレンナノビーズの 1 粒子検出を電圧 0.1 V 下で実施した。その結果、粒子がナノポアを通過したことを示唆するパルス状のシグナルが観測された。シグナルの出現頻度は、ナノポア間距離が 1 μm 以上の条件では想定通りナノポア数に正比例して増大する傾向を示した一方、ポア間距離が 100 nm の素子においては、細孔数を増やしても粒子検出効率はあまり向上しなかった。これは、短いポア間間隔になると、電場の空間的な広がりが互いに大きくオーバーラップする結果、粒子を電気泳動的にポア内へと引き込む有効な電場の領域が狭くなるためと解釈できる。講演では、当該電場干渉がイオン電流パルス波形に及ぼす影響についても報告する予定である。

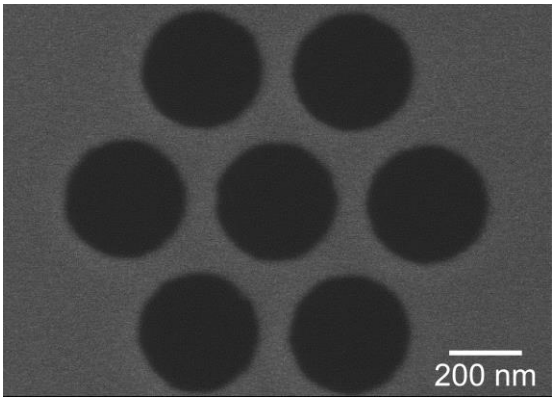

図 1. マルチナノポアの SEM 像

参考文献：[1] A. Arima et al., Sci. Rep. 8, 16305 (2018); [2] A. Arima et al., J. Am. Chem. Soc. 140, 16834 (2018); [3] M. Tsutsui et al., ACS Sens..3, 2693 (2018); [4] M. Tsutsui et al., Nanoscale, 11, 7547 (2019).

© 2019年 応用物理学会