17p-P5-6

液中ポールトラップ効果による ナノ粒子のマイクロポア通過速度の制御

Controlling nanoparticle translocation in a micro pore by Paul trap effects

阪大産研 [1], 阪大基礎工 [2] ○田中頌二 [1,2], 筒井真楠 [1], 土井謙太郎 [2], 川野聡恭 [2], 谷口正輝 [1], 川合知二 [1]

ISIR, Osaka Univ.[1], Graduate school of engineering science , Osaka Univ. [2], S. Tanaka [1,2], M. Tsutsui [1], K. Doi [2], S. Kawano [2], M. Taniguchi [1], T. Kawai [1]

E-mail: shoji.tanaka32@sanken.osaka-u.ac.jp

[はじめに]　近年、DNA やウイルスなどの生体分子を一分子で解析することにより、より高速かつ高精度な検出を実現するナノポアデバイスが研究されている[1,2]。ナノポアデバイスでは、ナノスケールの細孔を検体が通過する際のポアを通るイオン電流の変化を測定することにより、一分子検出を可能にしている。しかし、電圧印加時にポア内部には強い電場が生成されるため、ポアを通過する際の DNA 流速が増大し、精確な電流測定が困難になるという問題が挙げられている。その一方で、多くの研究者が検体の速度制御を様々な方法で試みているが、効果的な方法は未だ確立されていない[3,4,5]。そこで我々は、マイクロポアの周囲に作製した四重極電極に交流電圧を印加することによって、液中で荷電粒子のトラップを試み、ナノ粒子がポアを通過するのに要する時間を計測することにより、そのトラップ効果の有効性を検証した。

[実験方法]　厚さ 50 nm の Si_3N_4 膜上に電子線描画法および反応性イオンエッチング法を用いて直径 0.7 μm のマイクロポアを作製し、その周囲に電子線描画法、スパッタリング法を用いて四重極微小電極を作製した。また、CVD により蒸着した SiO_2 膜により、ポア近傍以外の電極の表面を被覆した。測定では直径 0.5 μm のポリスチレンビーズを混合した TE バッファをポア部に導入し、四重極電極に振幅 V_{ac} =1.0 V、周波数 f =2.0 MHz の交流電圧を印加しながら、Ag/AgCl 電極を用いて一定電圧 V_{ion} のもと、ポアを流れるイオン電流 I_{ion} の時間変化を計測した。

[実験結果]　直径 0.7 μm のマイクロポアを通過する粒径 0.5 μm のビーズの検出実験を行った。図 1(c)、(d)に示すスパイク状のシグナルは粒径 0.5 μm のビーズがポアを通過したことを示している。また、四重極に交流電圧をかけずに検出実験を行った結果を図 1(c)、振幅 1.0 V、周波数 2.0 MHz の交流電圧を印加しながら実験を行った結果を図 1(d)に示す。シグナル形状の顕著な差異は見られないが、交流電圧をかけた場合シグナルの立下りの形状のなまりが確認できる。これはビーズがポアに侵入する際、何らかの抵抗を受けている可能性を示唆している。この傾向が侵入時だけに確認されるのは図 1(a)の SEM 像で示すように四重極電極が Si_3N_4 膜上に作製されているからであると理解できる。発表では統計的なデータを基に、粒子通過時間の変化について議論する。

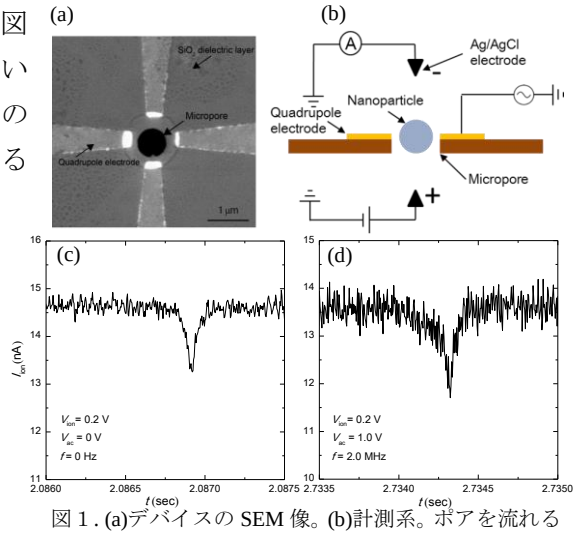

図 1 . (a)デバイスの SEM 像。(b)計測系。ポアを流れるイオン電流を計測する。(c)交流電圧を印加しないときの検出シグナル。(d)交流電圧印加時の検出シグナル。この時の振幅は 1.0 V、周波数は 2 MHz である。

[1] M. Zwolak et al., *Rev. Mod. Phys.*, 80, 141 (2008).
[2] M Tsutsui et al., *Nature Nanotechnol.*, 5, 286-290 (2010).
[3] D. Fologea et al., *Nano Lett.*, 5, 1734-1737 (2005).
[4] M Tsutsui et al., *Sci. Rep.*, **2**, 394 (2012).
[5] B.N.Anderson el al., *ACS Nano*, 7, 1408-1414 (2013).

© 2013 年　応用物理学会