

ナノポアトラップ法を応用した単一粒子検出

Single-particle detections using a nanopore trapping method

阪大産研 ○筒井真楠, 前田陽一, 有馬彰秀, 土井謙太郎, 川野聡恭, 川合知二, 谷口正輝

ISIR, Osaka Univ. ○M. Tsutsui, Maeda, A. Arima, K. Doi, S. Kawano, T. Kawai, and M. Taniguchi

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

[はじめに] 我々のグループでは、窒化シリコンなどの固体メンブレン中に空けた低アスペクト比構造を有する細孔(ポア)に単一の粒子を電氣的にトラップさせる方法(ナノポアトラップ法)を開発すると共に、この粒子捕捉技術を応用した単一粒子検出法に関する研究を行っている。これまでに、粒子がポア上に捕捉された時に生じるポアを通るイオン電流変化を指標として、粒子の表面電荷密度評価を実施することが可能であることを明らかにしてきた[1,2]。本研究ではさらに、ナノポアトラップ法を応用し、ポアにナノ電極対を組み込んだ微細構造を用いて、ナノ電極間の電流計測による単一粒子検出を試みた。

[実験方法] 電極組込み型ポア構造は次のようにして作製した。まず、KOH 水溶液を用いたウェットエッチングにより、厚さ 0.5 mm の窒化膜付きシリコンウェハのシリコン部分を除去することで、厚さ 50 nm の窒化シリコンメンブレンを形成させた。その後、フォトリソグラフィ法およびスパッタプロセスによりマイクロ電極をメンブレン上に作製した。その後、電子線描画法およびスパッタプロセスにより、マイクロ電極の一部をマーカーとして用いることで、ナノ電極対(電極間距離 300 nm)を作製した。さらに、電子線描画によりポアを描画し、現像後に反応性イオンエッチング法を用いた窒化シリコンの掘削により、ナノ電極間に 1 個のポアを開口させた。実験では、作製したポアデバイスの上下に、プラズマ表面処理を施した流路付き PDMS ブロックを貼り付けることでポアを封止した。そして、PDMS の流路を通して、検体粒子(カルボキシル基修飾ポリスチレン粒子(直径 500 nm))のバッファー分散液(バッファー: TE (Tris-HCl 10 mM, EDTA 1 mM))を導入し、2 個の Ag/AgCl 電極を用いてポアに電圧を加えることで、検体粒子がポアにトラップされる状況を作ると共に、ポアを通るイオン電流およびポアに埋め込まれたナノ電極間の電流変化をモニタリングした。

[実験結果] ポアに加えた 0.2V の電圧により、10 nA 程度のポアを介したイオン電流が検出された。一方、ポア上に粒子がトラップされた時には、このポアを通るイオン電流は急峻に減少する傾向を見せた。一方、同時に記録したナノ電極間の電流は、粒子のトラップ・脱トラップに際して、パルス状の変化を示した。これは、電極組込み型ポアに粒子がトラップされた際、ナノ電極表面上の電気二重層などに起因するキャパシタンス成分が変化し、その結果現れた過渡電流応答であると考えられる。このことは、ナノ電極間の電流計測を通して、検体粒子のキャパシタンスの違いによる単一粒子識別が実現できる可能性を示唆している。

[1] Tsutsui et al., *ACS Nano* 6, 3499 (2012).

[2] Tsutsui et al., *Appl. Phys. Lett.* 103, 013108 (2013).

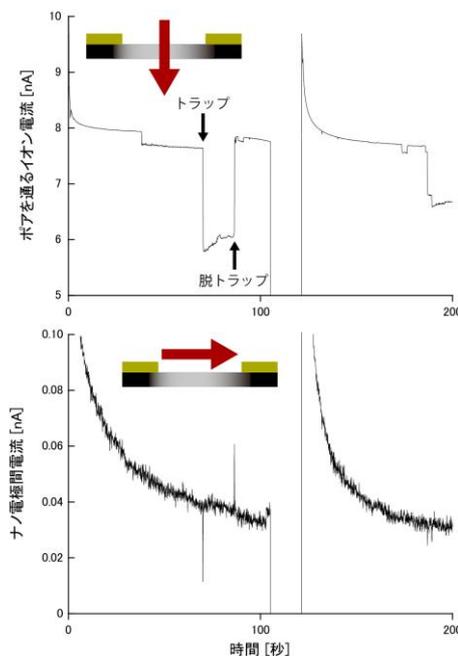


図 1. ポアを通るイオン電流 (上) およびナノ電極間の電流計測結果 (下).