

課題番号 : F-17-OS-0028
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 高感度ウイルスナノセンサの開発
Program Title (English) : Nanosensor fabrications for single-virus detections
利用者名(日本語) : 田中裕行
Username (English) : H. Tanaka
所属名(日本語) : 大阪大学産業科学研究所
Affiliation (English) : ISIR, Osaka University
キーワード/Keyword : ナノポア、ウイルス、メンブレン、イオン電流、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要 (Summary)

固体ナノポア(ナノポアはナノサイズの細孔)はDNAやたんぱく質の1分子分析を可能にする新しいセンシングデバイスとして広く研究開発が行われている。一方、当研究グループでは、ポアの深さが直径に比して極めて浅く作られた超低アスペクト比ナノポアを応用することで、ウイルスの大きさ、形状や表面電荷量の違いを単一粒子レベルで識別可能な高感度ウイルス検出法の研究を行っている。本課題では、窒化膜付きSiウエハ上に厚さ50 nmのSi₃N₄メンブレンを作製し、そのメンブレン中に直径300 nmの細孔を空け、さらに基板表面の大部分をポリマー膜で被覆した低容量ナノポアデバイスの作製を実施した。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

リアクティブイオンエッチング装置、多元DC/RFスパッタ装置、マスクアライナー、超高精細電子ビームリソグラフィ装置

【実験方法】

両面Si₃N₄膜付きSiウエハの一方の表面上にマスクアライナーを用いてSi基板の上に外部マーカを描画した。その後、高周波マグネトロンスパッタ法によりAu/Cr層を蒸着させ、リフトオフプロセスを経てAu外部マーカを得た。次に、当該外部マーカを用い電子線描画法によりメンブレン上に直径300 nmのポアをパターンニングした(レジスト:ZEP520A-7)。そして、CF₄ガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)により直径300 nmの細孔を掘削した。続いて、基板裏面中央のSi₃N₄層を部分的にRIEプロセスにより除去したうえで、KOHによるウェットエッチングによりウエハの一方からSi層を除去していくことで、基板の表面に厚さ50 nmのSi₃N₄メンブレンを形成させた。このとき、外部マー

カを用いてメンブレン中にポアが空くよう位置あわせを行った。以上のプロセスを経て、直径300 nm 深さ50 nmの超低アスペクト比ポア構造を作製した(Figure 1)。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

作製した低容量ナノポアデバイスを用いて、イオン電流計測によるナノ粒子検出を行った。ナノポアの上下に微小流路付きPDMSブロックを貼り付け、流路内をバッファ溶液で満たした状態で1対の銀/塩化銀電極を用いてポアを通るイオン電流を測定した。その結果、ポアの一方にカルボキシル基修飾ポリスチレンナノ粒子を含んだ溶液を導入した場合において、パルス状の電流シグナルが検出された。この電流応答は、ポアを1個の負電荷を帯びたナノ粒子がポア近傍に集中する電場の影響を受けて電気泳動的に通過する際に、ポア内を移動するイオンの輸送を阻害し、イオン電流の過渡的な減少をもたらした結果現れたものであると解釈できる。ここで、低容量ナノポアの結果を従来のものと比較すると、電流ノイズはpeak-to-peak値で1/2以下に低減されており、またパルス電流応答も先

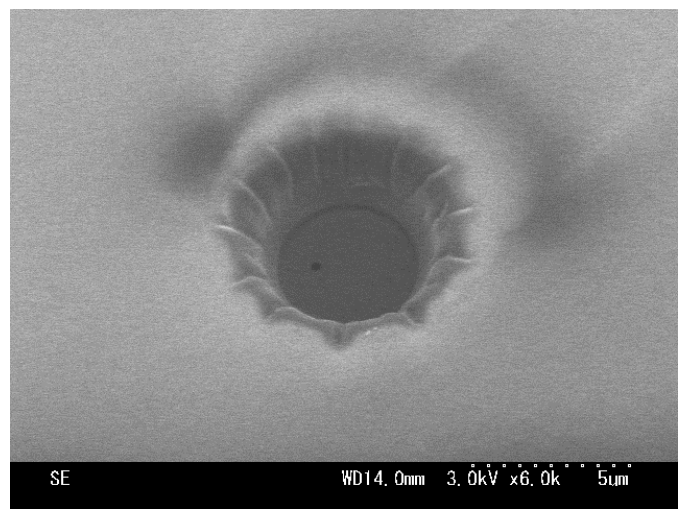


Figure 1. SEM image of a 300 nm-sized nanopore.

鋭化していることが分かった。この電流波形の変化は、デバイスの電気容量がポリマー被覆により低下したことによって、電流応答の時定数が短くなったためと考えられる。これらの効果によって、ナノポアデバイスを用いた単一粒子検出における S/N 比は飛躍的に向上することを確認した。

4. その他・特記事項 (Others)

関連する課題番号: S-17-OS-0028

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。