潜トラックエッチングにより形成される高アスペクト比ナノ孔のセンサー応用

Application of high-aspect-ratio nanoholes formed by etching of latent tracks for sensors

藤巻　真[1)]　　左高　正雄[2)]　　松田　誠[2)]

Makoto FUJIMAKI　Masao SATAKA　Makoto MATSUDA

[1)]産総研　　[2)]原子力機構

（概要）我々が開発してきた導波モードセンサーは、2012 年に共同研究先であるオプテックス株式会社より製品として発売されるなど、その実用化が近づいている。導波モードセンサーは、チップ表面にナノ孔を多数形成し表面積を増加させると、その感度が著しく向上する。また、これまでの研究から、ナノ孔形成には高速重イオン照射によって形成される潜トラックのエッチング技術が適していることが分かっている。本ナノ孔形成技術を実用化するため、本研究では、検出用チップの量産化を視野に入れたイオン照射プロセスを構築する。

キーワード：ナノ加工、大面積加工、製造プロセス、バイオセンサー、ポータブルセンサー

１．目的　導波モードセンサーは、SiO_2基板上に Si 層(厚さ 25～220nm)と SiO_2層(厚さ約 400nm)との層構造を持つ検出用チップを用いている[1]。この表面 SiO_2 層に高速重イオンを照射して潜トラックを形成し、その後、この潜トラックをフッ酸にてエッチングすると直径数十 nm でアスペクト比が非常に高いナノ孔を形成することができる。このナノ孔が形成された検出用チップを用いることによって、センサーの感度は 10～50 倍高くなることがこれまでの我々の研究から明らかになっている。本研究では、この高感度化された検出用チップの量産化を目標に、量産が十分に見込める高速重イオン照射プロセスを構築することが目的である。

２．方法　ビームラインには L2 ラインを使用した。照射するイオンは 200MeV-Xe イオン(28^+)を用いた。ビームはスキャンニングマグネットで横方向に振って、さらにその後、厚さ 0.8μm の Al ホイル拡散板によって拡散させることによって、横方向に広いビームを形成した。照射試料には厚さ 1.2mm の SiO_2基板上に厚さ 84nm の Si 層、厚さ 480nm の SiO_2導波路層を持つ導波モードセンサー用チップを用いた。チップは縦 25mm×横 25mm の板状にカットしたものを 2 枚横に並べて試料ホルダーに貼り、模擬的に横幅 50mm の基板への照射を想定して、照射試験を行った。照射後の試料は、4.7%HF に 2 分浸漬してエッチングを行い、ナノ孔の形成を行った後、走査型電子顕微鏡(SEM)にてナノ孔の径及び分布を確認した。

３．研究成果　図１(A)は、照射時の試料の配置を、図１(B)は図１(A)中に示した点での SEM 像を示す。各試料中に於いて、a 点は左端から 2mm、b 点は中心、c 点は右端から 2mm の位置とした。また、表 1 は各観測点でのナノ孔の数を示す。これらの結果から分かるように、幅 50mm の領域全体にイオン照射ができていることが分かる。しかし、ナノ孔の分布の均一性は低く、観測位置 1-a と 2-a とでは約 7 倍の差が出てしまった。

表1：SEMでの各観測位置におけるナノ孔の数

場所	試料1-a	試料1-b	試料1-c	試料2-a	試料2-b	試料2-c
個数	21	25	130	145	152	60

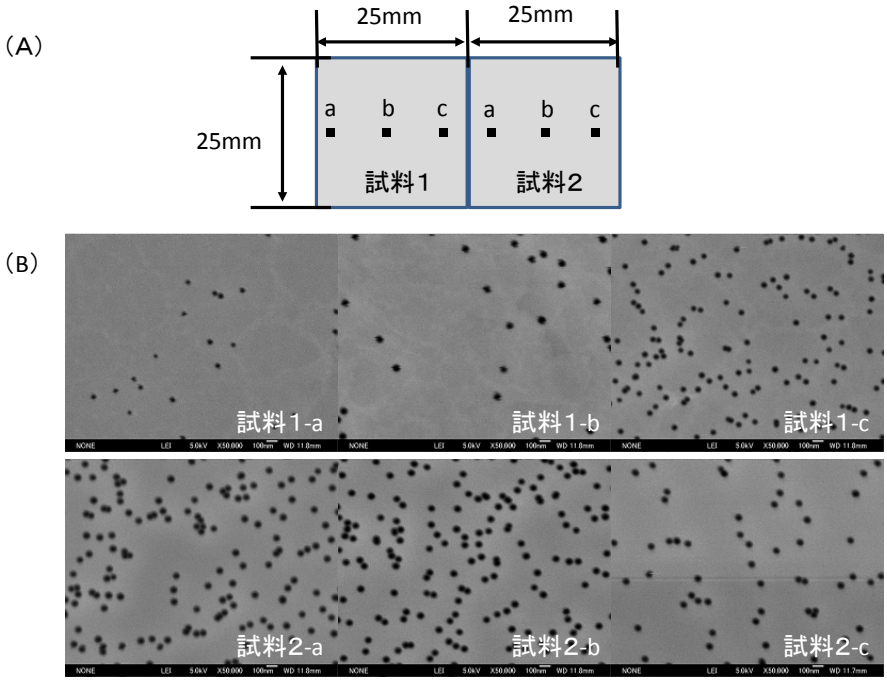

図１(A)：照射時の試料の配置、(B)：(A)中に示した点での SEM 像。

４．結論・考察　これらの結果から分かるように、イオンの照射幅は 50mm となっており、ダクトの径を考慮すると、ほぼ期待できる最大の値を得ることができた。一方、照射量の均一性は達成することができなかった。この原因の１つはマグネットでのビームの振り幅が小さく、また、マグネットからターゲットまでの距離が短かったことが挙げられる。今後、より均一なビームを得るために、マグネットを増強して振り幅を広げる検討を行っていきたい。また、今回は、振り幅が小さいことを補うために Al ホイル拡散板を用いたが、ビームの往復スキャン時にビームの重なり合いによる照射量の不均一性を低減するには、より径の小さいビームを幅広くスキャンすることが好ましいことから、Al ホイル拡散板を用いない方向での検討も行う。

５．引用(参照)文献等

[1] M. Fujimaki, C. Rockstuhl, X. Wang, K. Awazu, J. Tominaga, Y. Koganezawa, Y. Ohki, T. Komatsubara, ‘Silica-based monolithic sensing plates for waveguide-mode sensors’, Optics Express Vol. 16, p. 6408 (2008).