

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) 我々が開発した導波モードセンサーは、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、既に実用化されている。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が、このナノ穴付きチップは量産方法が確立できていないため、まだ試供品のレベルに留まっている。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、SiO₂基板上にSi層(厚さ25~220nm)とSiO₂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SiO₂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。ビームはスキャンングマグネットで横方向に振って、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SiO₂基板上に厚さ84nmのSi層、厚さ480nmのSiO₂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14mm×横18mmの板状にカットしたものを9枚一列に並べて試料ホルダーに貼り、照射試験を行った。図1に試料ホルダーの模式図と写真を示す。ホルダーは6面取り付けることができる。また、ホルダーを上下に動かすことによって、縦方向に均一な照射を試みた。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2はイオンビームを横方向にスキャンした時の、サンプルホルダー上での位置とビーム電流量の関係を示す。図2から分かるように、幅40mmに亘って横方向にほぼ均一なビームプロファイルを持つビームが形成できている。図3(A)は照射時の試料の配置を、図3(B)は形成されたナノ穴のSEM像の一例を示す。また、図3(A)に示した各測定点でのナノ穴の個数及びその個数の平均値からのズレをそれぞれ表1、表2に示す。照射時に設定したナノ穴形成数は100個/μm²であったが、観測されたナノ穴の平均個数は46個/μm²であった。ナノ穴数の平均値からのズレは、概ね±10%以内には収まっていたが、全体的に試料の左側において照射量が多めになる、という結果が得られている。

4. 結論・考察 これらの結果から分かるように、概ね均一なイオン照射が縦方向13cmに亘って実施できた。しかしイオン照射量は設定値の半分以下となってしまう。この点は、ビーム電流量の正確な見積りや2次電子の影響の排除、ホルダーの上下運動機構の改善などによって対処していく。横方向の均一性においても、まだまだ改善が必要である。照射量が左右非対称になってしまった原因としては、照射実施時のビームがラインの中心を通っていなかったことが原因であろうと思われる。この点はビーム調整によって改善が期待できる。

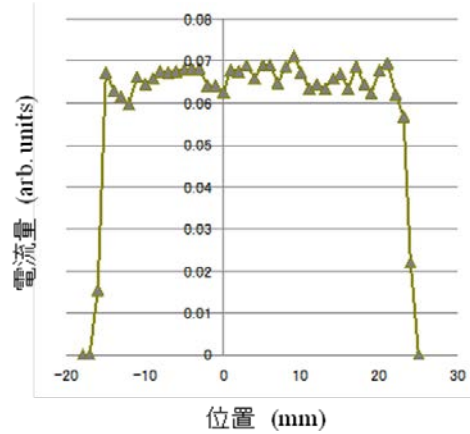
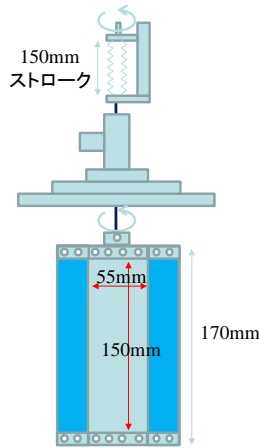


図 1 : 試料ホルダーの模式図(左)と写真(右)。

図 2 : サンプルホルダー上での位置とビーム電流量。

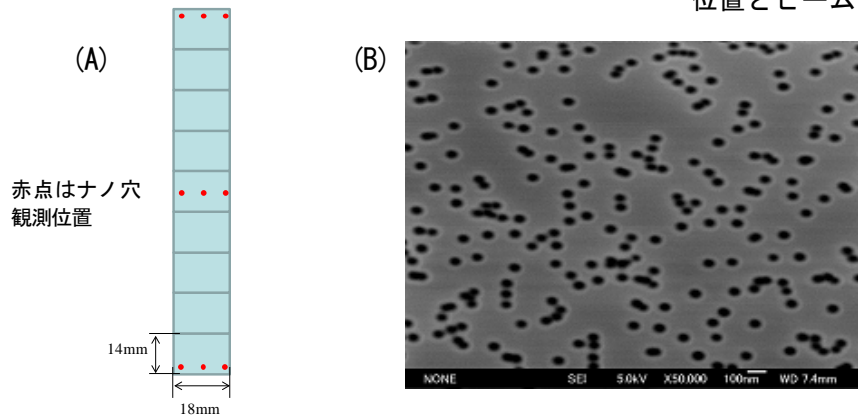


図 3 (A) : 照射時の試料の配置、(B) : 形成されたナノ穴の SEM 像。

表 1 : 図 3 (A) 中の赤点での計測したナノ穴の個数

場所	上-左	上-中央	上-右
個数	45.5	42.1	43.4
場所	中央-左	中央-中央	中央-右
個数	49.9	41.9	41.7
場所	下-左	下-中央	下-右
個数	54.9	50.3	43.2

表 2 : 各点でのナノ穴の個数の平均値からのズレ

場所	上-左	上-中央	上-右
個数	-0.9%	-8.2%	-5.5%
場所	中央-左	中央-中央	中央-右
個数	8.8%	-8.7%	-9.1%
場所	下-左	下-中央	下-右
個数	19.8%	9.7%	-5.9%

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).