

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：19750175

研究課題名 (和文)

ナノインプリントプロセスにもとづくポリマースルーホールメンブレンの作製

研究課題名 (英文)

Fabrication of Polymer Through-Hole Membrane by Nanoimprinting Process

研究代表者

柳下 崇 (YANAGISHITA TAKASHI)

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教

研究者番号：50392923

研究成果の概要：アルミニウムを酸性浴中で陽極酸化することにより得られる陽極酸化ポーラスアルミナを鋳型とし、その細孔内へ Ni 電析を行い、その後、鋳型を溶解除去することにより高アスペクト比のナノピラーが規則的に配列したメタルモールドを得た。得られた Ni モールドを用いたナノインプリントプロセスにより、高アスペクト比のポリマーホールアレーが形成可能であることが確認された。また、表面に犠牲層として機能するポリマー層を形成した基板表面に光インプリントプロセスによりポリマーホールアレーを形成したのち、先の犠牲層を溶解除去することで、ポリマースルーホールメンブレンの作製が可能であることが確認された。本手法は、高スループットにポリマースルーホールメンブレンを形成するための手法として有望であり、得られた試料は、精密ろ過膜や、燃料電池用の隔膜材料など様々な分野への応用が期待できる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	0	1,900,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	420,000	3,720,000

研究分野：科学

科研費の分科・細目：材料化学・無機工業材料

キーワード：ナノ材料，自己組織化，マイクロ・ナノデバイス

1. 研究開始当初の背景

基板の表面にナノスケールの微細パターンを高スループットに形成可能な手法として、ナノインプリント法が関心を集めている。この手法によれば、微細な凹凸パターンを有するモールドを基板表面に押し付けることにより、ナノメートルスケールのパターンを基板表面に一括転写することが可能である。そのため、ナノインプリント法は、

反射防止膜やフォトニック結晶，細胞培養シートのような各種機能性デバイスを高効率で作製するための手法として期待されている。ナノインプリント法では、得られるパターンの構造は用いるモールドの表面構造に依存したものとなるため、モールド作製技術が重要となる。通常、ナノインプリントに用いられるモールドの作製には、電子ビームリソグラフィーとドライエッチングを組み合

わせた手法が用いられている。これらの手法を用いれば、所望のパターン形成を行うことが可能であるが、高アスペクト比のパターンや大面積のパターン形成が難しいといった問題点があるため、既存のモールドを用いたナノインプリント法では得られるパターンに制限があった。

2. 研究の目的

アルミニウムを酸性浴中で陽極酸化することにより得られる陽極酸化ポーラスアルミナは、サイズの均一な細孔が規則的に配列したホールアレー構造を有していることから、様々なナノ構造を作製するための出発構造として関心を集めている。我々のグループではこれまでに、陽極酸化ポーラスアルミナをナノインプリント法のモールド材料として適用することにより、高アスペクト比構造や、大面積の規則パターンを有するポリマー規則表面の形成に関し検討を進めてきた。本研究では、ポーラスアルミナを鋳型として作製したメタルモールドによるナノインプリントにより、ポリマーホールアレーの作製を行った。また、本手法の応用として、ナノインプリントプロセスによるポリマースルーホールメンブレンの作製に関しても合わせて検討した。

3. 研究の方法

図1に、ポーラスアルミナを鋳型とするメタルモールドの作製プロセスを示す。鋳型となるポーラスアルミナの表面にスパッタプロセスにより、電析の際に電極層として機能する金属の薄膜を形成した。その後、電析により細孔内および試料の表面にNi充填を行い、最後に鋳型を溶解除去することでNiモールドを得た。

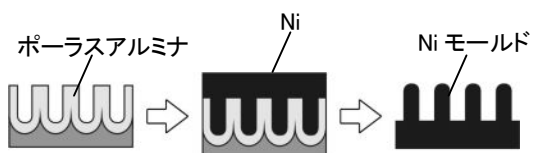


図1 ポーラスアルミナを鋳型とするメタルモールド作製プロセス

得られたNiモールドを用いたインプリントには、光硬化性樹脂であるPAK-01（東洋合成工業社製）を用いた。光硬化性モノマーを滴下した基板に、Niモールドを押し付け、その後、基板を介して紫外光を照射することにより樹脂の硬化を行った。光硬化性樹脂が完全に硬化したのち、モールドを剥離することにより、ポリマーホールアレーを得た。

4. 研究成果

図2には、ポーラスアルミナを鋳型として作製した高アスペクト比NiモールドのSEM像を示す。

図2に示したNiモールドの作製は、陽極酸化に先駆けてテクスチャリング処理を施す手法で得られる理想配列ポーラスアルミナを用いた。SEM像より、サイズの均一な高アスペクト比の突起が試料全面にわたって規則的に配列している様子が観察できる。得られる突起の直径、高さ、周期は、鋳型として用いるポーラスアルミナ構造を変化させることで制御することが可能であった。

図3は、Niモールドを用いた光インプリントにより得られたポリマーホールアレーの典型的なSEM像である。SEM像より、サイズの均一な細孔が規則配列している様子が観察され、Niモールドの規則構造がポリマーに精度良く転写されている様子が確認された。本手法を用いれば、アスペクト比10以上のポリマーホールアレーの形成が可能であった。

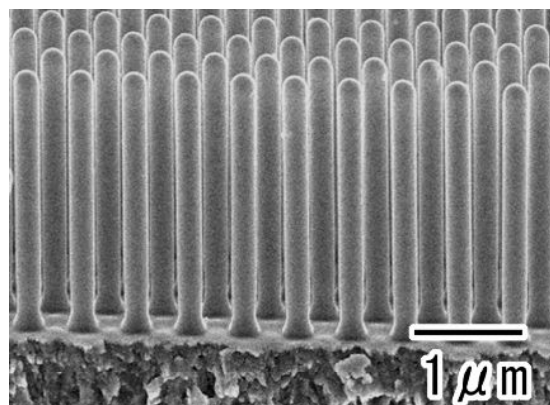


図2 Niモールド

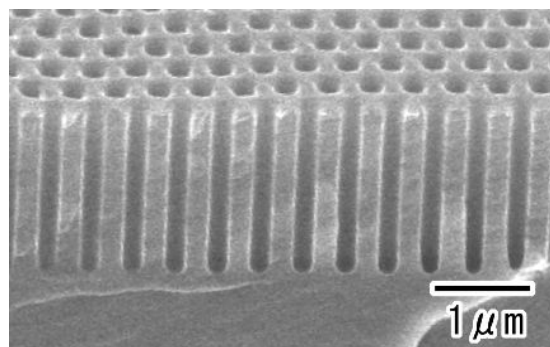


図3 ポリマーホールアレー

これまでに示したように、ポーラスアルミナを鋳型として作製したNiモールドを用いれば、高アスペクト比のポリマーホールアレーの形成が可能である。そのため、本手法は、自立膜としてハンドリング可能な膜厚を有するポリマースルーホールメンブレンを高効率に形成するための手法として期待できる。通常、インプリント法では、モールドの凸部と基板の間にはポリマーの残膜層が形成されるため、既存の手法では、各細孔が貫通し

たポリマーホールアレーを得ることは困難である。そこで、インプリント法により貫通孔を形成するため、2層構造を有するポリマー基板に転写を行う手法について検討を行った(図4)。本手法では、下地ポリマー層をコートしたガラス板をナノインプリント用の基板として採用し、基板上に光硬化性樹脂からなるポリマスルーホールアレーの形成を試みた。光硬化性樹脂を用いたナノインプリントによりポリマーホールアレーを形成する際に、突起の先端部が下地ポリマー層に、到達するまでモールドに荷重を加え、その状態で紫外光を照射し樹脂の硬化を行った。モールドを剥離したのち、二層ポリマー構造の下地層を溶解除去することでスルーホールメンブレンの形成を行った。

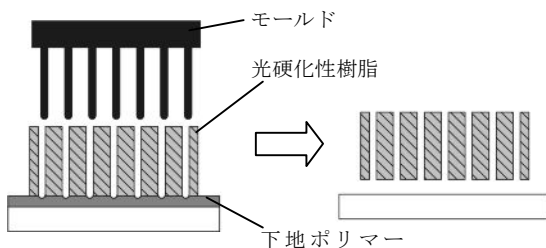


図4 ポリマスルーホールアレー形成プロセス

図5は、本手法で得られたポリマスルーホールメンブレンの表面および裏面の観察結果である。サイズの均一な細孔が、500nm周期で規則的に配列している様子が観察され、モールドの構造が忠実に転写されていることが確認された。また、SEM像より、各細孔は貫通している様子が確認された。

図6は、本手法で得られたポリマスルーホールメンブレンの破断面SEM像である。サイズの均一な貫通孔が規則的に配列した様子が観察できる。得られたポリマスルーホールメンブレンの膜厚は3 μm であり、自立膜としてハンドリング可能な機械強度を有していることが確認された。

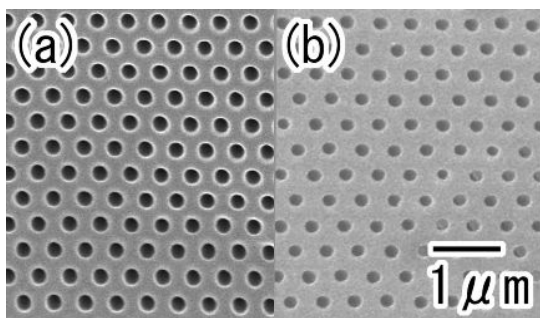


図5 ポリマスルーホールメンブレンSEM像
(a)表面, (b)裏面

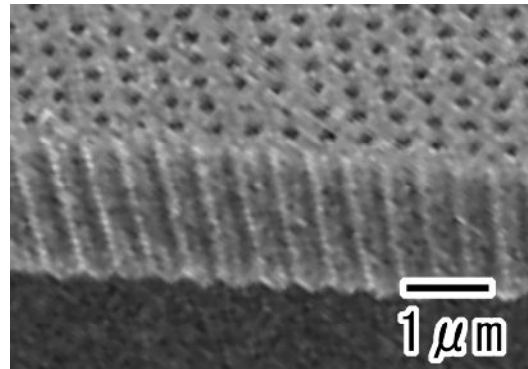


図6 ポリマスルーホールメンブレン

5. まとめ

高規則性ポーラスアルミナを用いた鋳型プロセスによる高アスペクト比の突起が規則配列したメタルピラーアレーの作製が可能であることがわかった。得られたメタルピラーアレーは、ナノインプリント用モールドとして有効であり、光硬化性樹脂に構造転写を行うことで、高アスペクト比のポリマーホールアレーが作製可能であることが確かめられた。また、構造転写を行う基板として、ポリマー二層構造を採用することで、各細孔が貫通したポリマーホールアレーメンブレンの形成も可能であった。本手法によれば、高アスペクト比構造や、大面積の微細パターンを高スループットで形成可能であることから、様々な機能性デバイスの形成法として期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

1. T. Yanagishita, K. Nishio, and H. Masuda, Polymer Through-hole Membrane Fabricated by Nanoimprinting Using Metal Molds with High Aspect Ratios, J. Vac. Sci. Technol. B, 25, L35-L38 (2007).
2. T. Yanagishita, T. Endo, Y. Yamaguchi, K. Nishio, and H. Masuda, Ordered Pillar Array Structures of TiO₂ by Nanoimprinting Using Anodic Porous Alumina, Chem. Lett., 38, 274-275 (2009).

[学会発表] (計0件)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳下 崇 (YANAGISHITA TAKASHI)
首都大学東京・大学院都市環境科学研究
科・助教
研究者番号：50392923

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：