

2009年1月26日

(財)日本板硝子材料工学助成会

第26回無機材料に関する最近の研究成果発表会

# 陽極酸化ポーラスアルミナにもとづく フォトリソグラフィ結晶の作製

首都大学東京 都市環境学部

柳下 崇

高規則性陽極酸化ポーラスアルミナの作製

陽極酸化ポーラスアルミナを用いたポリマーフォトリック結晶の  
形成と評価

ナノピラーアレー構造体を鋳型とする高アスペクト比  
ナノホールアレーの形成への応用

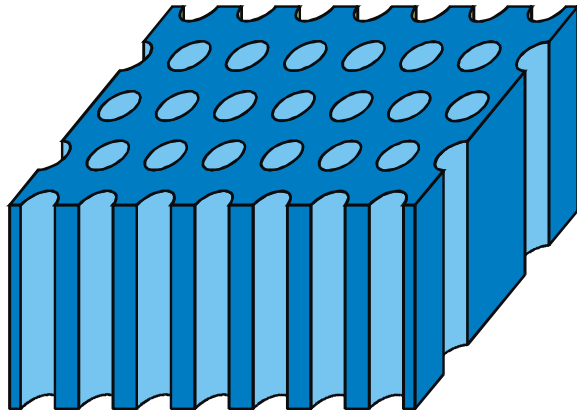
## 高規則性陽極酸化ポーラスアルミナの作製

陽極酸化ポーラスアルミナを用いたポリマーフォトリック結晶の  
形成と評価

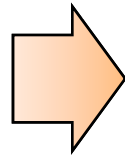
ナノピラーアレー構造体を鋳型とする高アスペクト比  
ナノホールアレーの形成への応用

# 高規則性ナノホールアレー

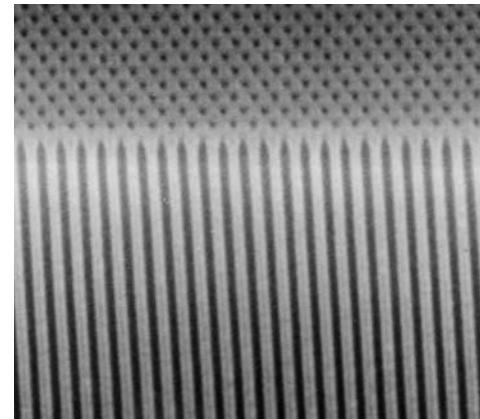
ナノホールアレー



様々な機能性デバイスを作製  
するための基盤材料として有効



陽極酸化ポラスアルミナ



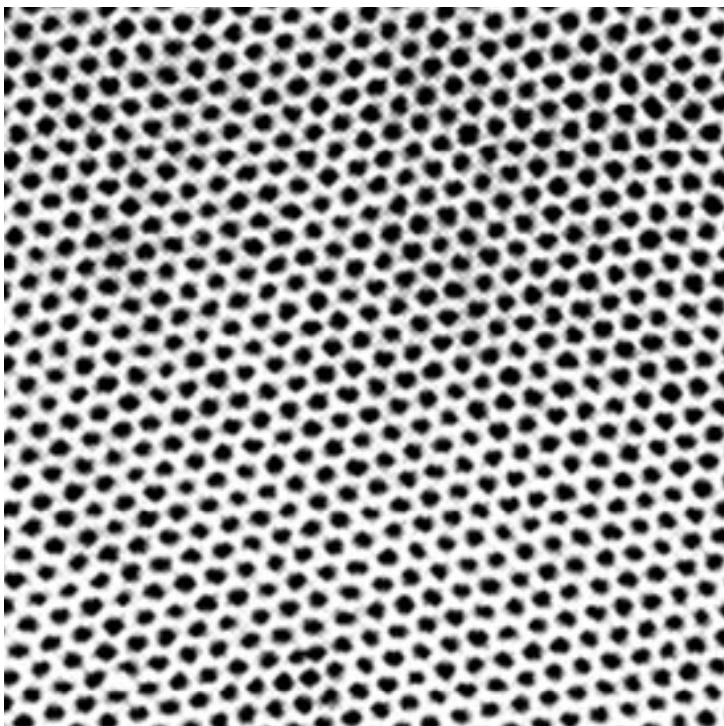
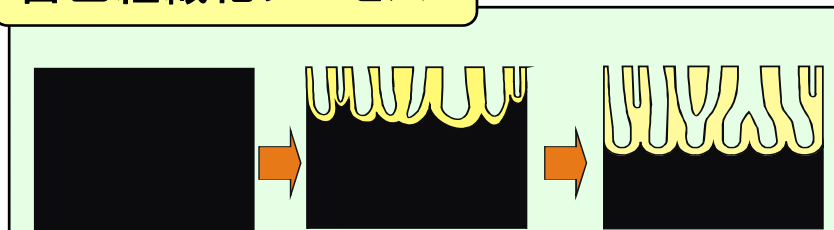
- ・細孔サイズ均一性
- ・高アスペクト比直行細孔
- ・メンブレン状で得られる



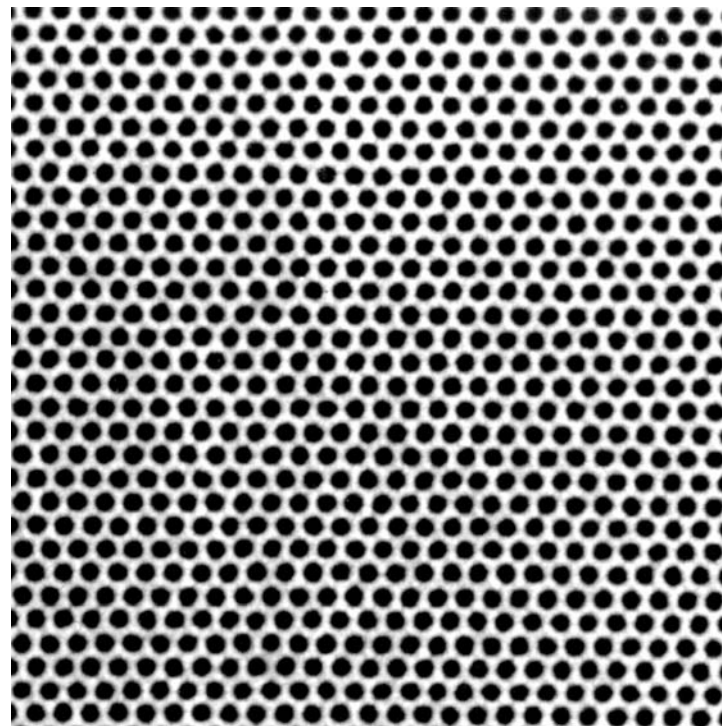
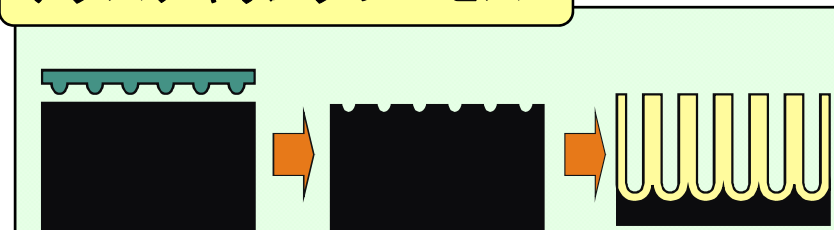
## 応用

分離, 記録メディア, バイオデバイス, 光学デバイス  
単電子デバイス, センサー, 触媒……

## 自己組織化プロセス



## テクスチャリングプロセス

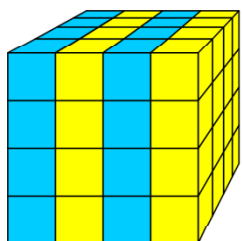


高規則性陽極酸化ポーラスアルミナの作製

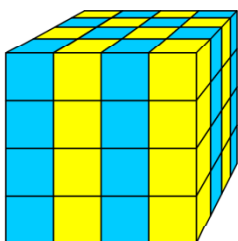
陽極酸化ポーラスアルミナを用いたポリマーフォトリック結晶の  
形成と評価

ナノピラーアレー構造体を鋳型とする高アスペクト比  
ナノホールアレーの形成への応用

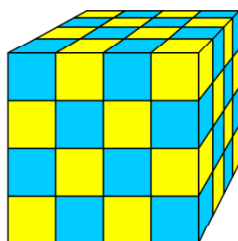
## 誘電体周期構造



1D

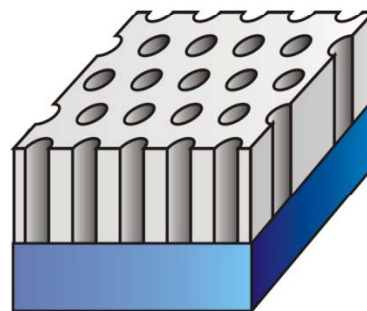


2D

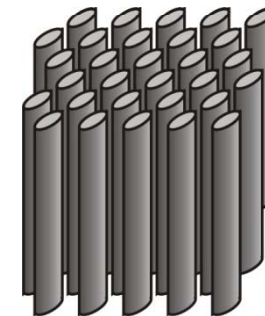


3D

### 2D周期構造体



ホールアレー



ピラーアレー

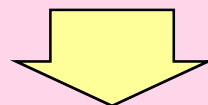
屈折率の周期的な変化



フォトリソバンドギャップの形成  
光伝播特性の制御が可能

応用: レーザー, 光導波路

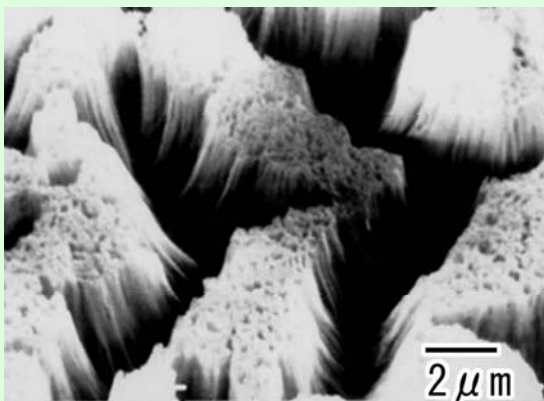
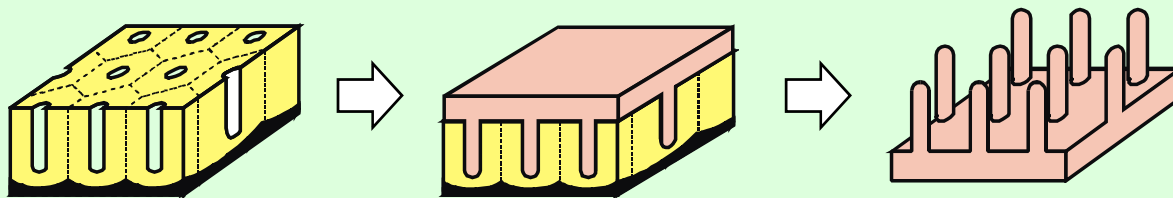
高規則性ポーラスアルミナ



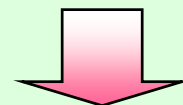
構造転写

様々な材料でフォトリソ結晶の作製を  
行うことが可能となると期待できる

## ポリマーナノピラーアレーの形成



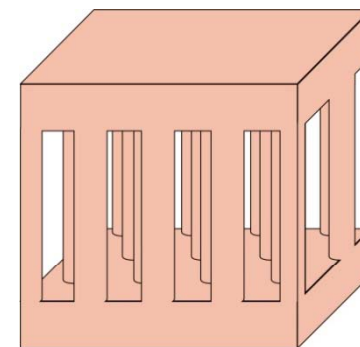
高アスペクト比の構造体



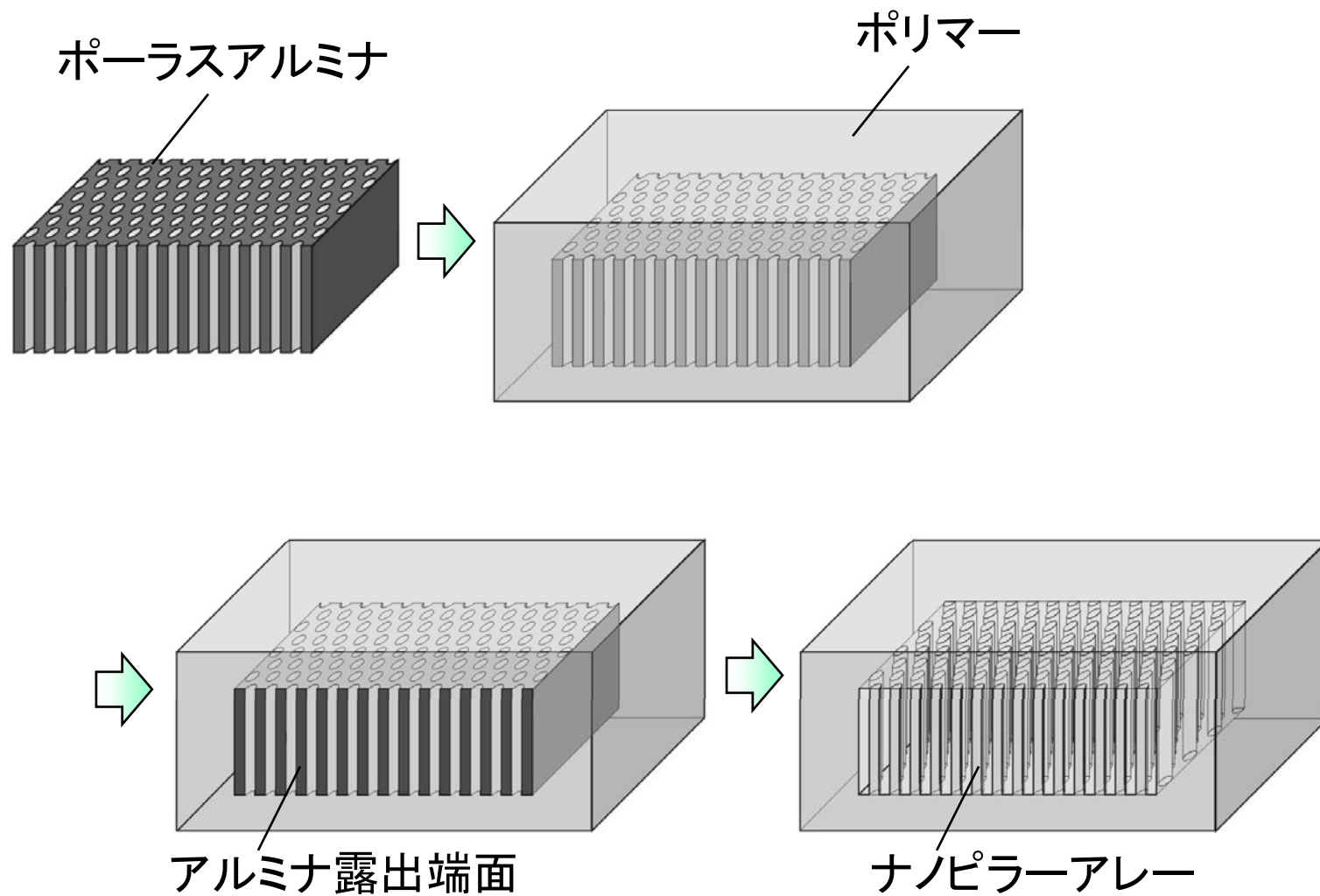
規則構造の保持が難しく  
フォトニック結晶の作製が困難

## 目的

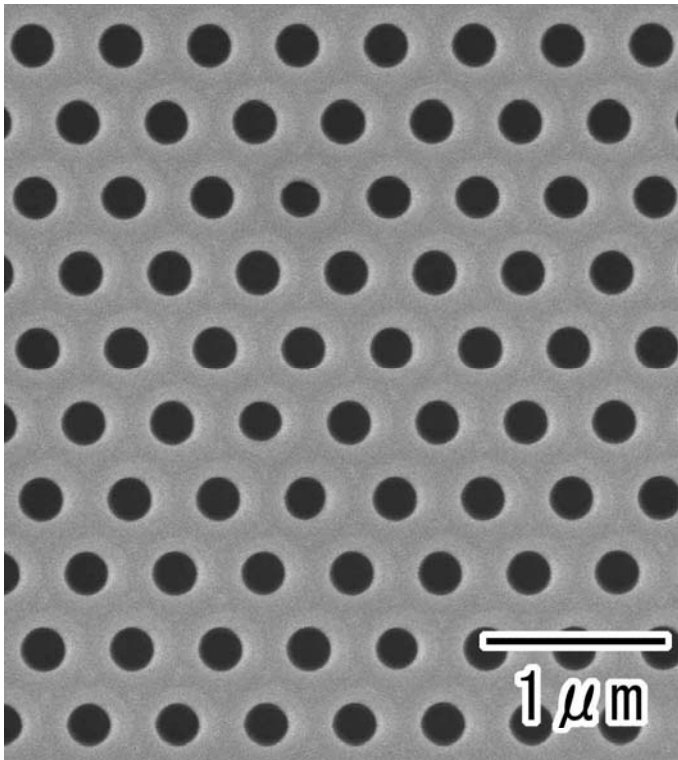
- ・上下2方向に支持層を有するピラーアレー構造体の作製
- ・高アスペクト比ナノピラーアレーのフォトニック結晶特性評価



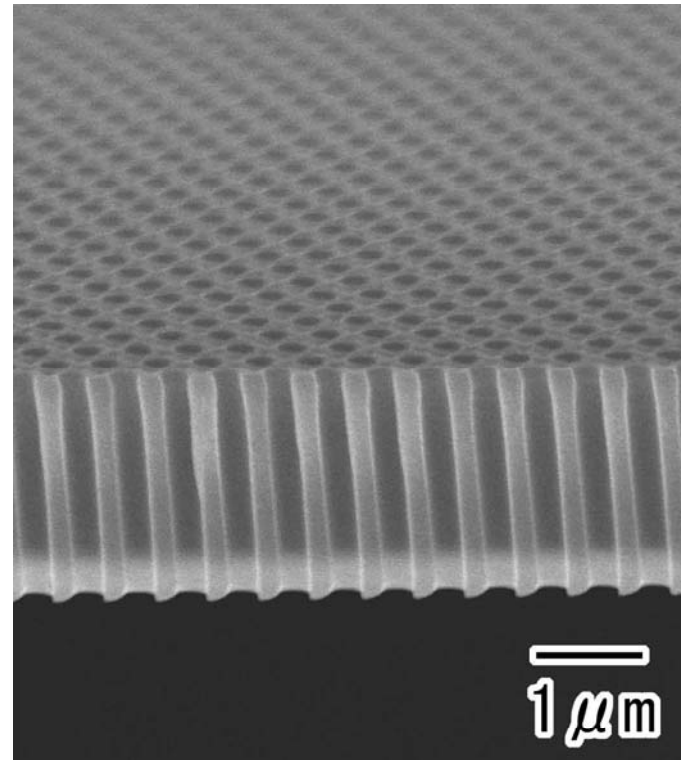




## ナノピラーアレー作製プロセス



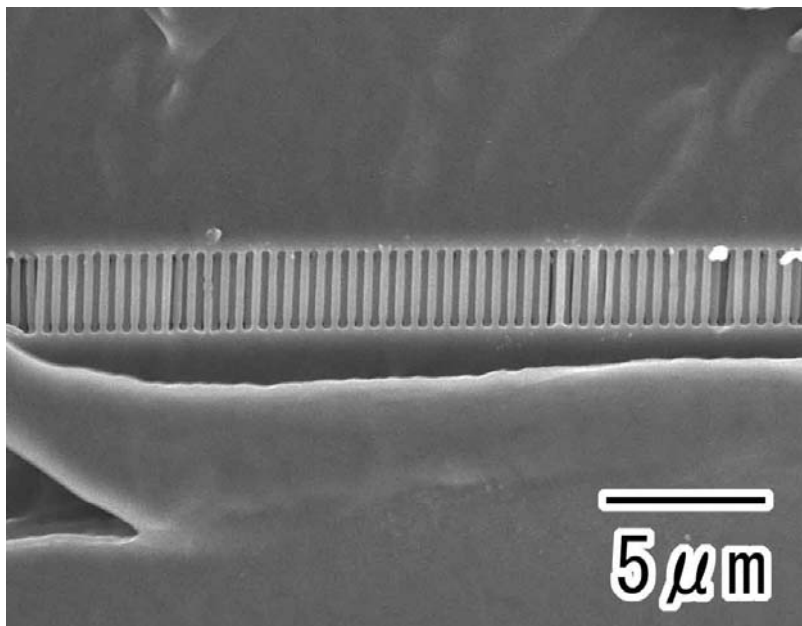
表面



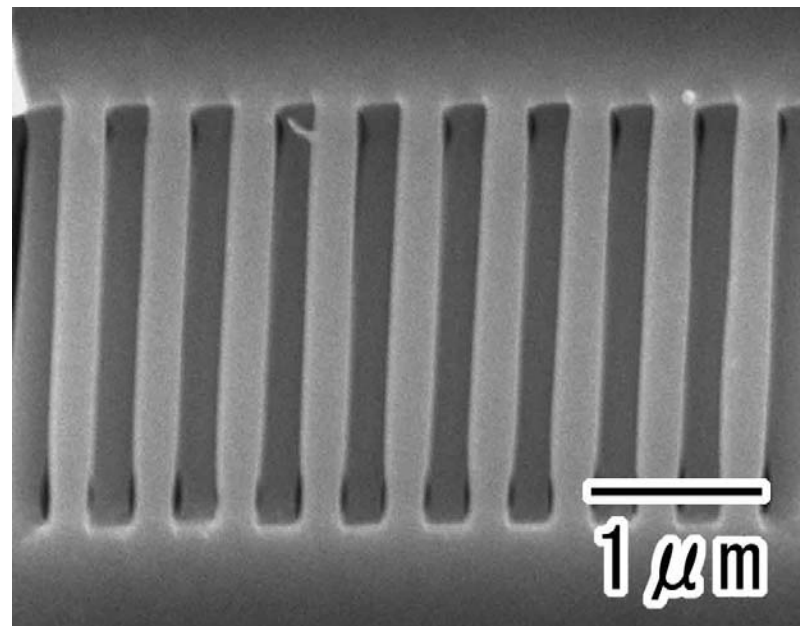
断面

## 陽極酸化ポーラスアルミナ

細孔径: 300nm, 膜厚: 2.5μm



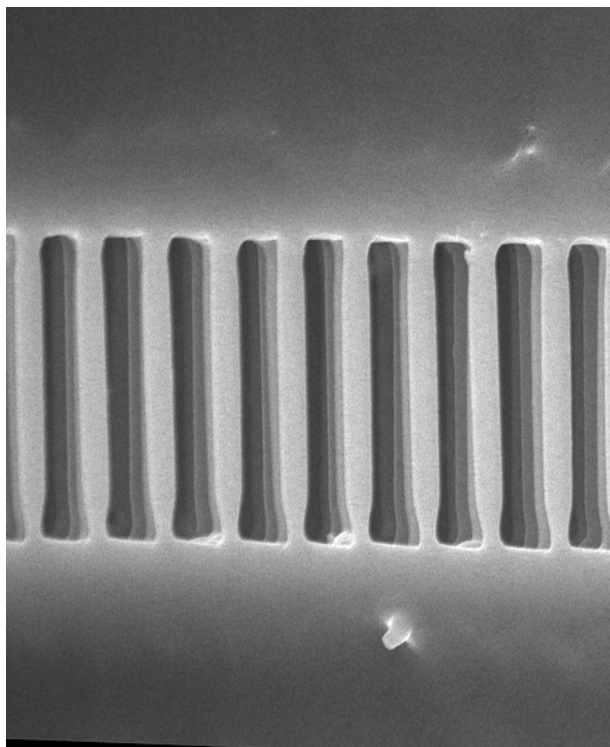
低倍



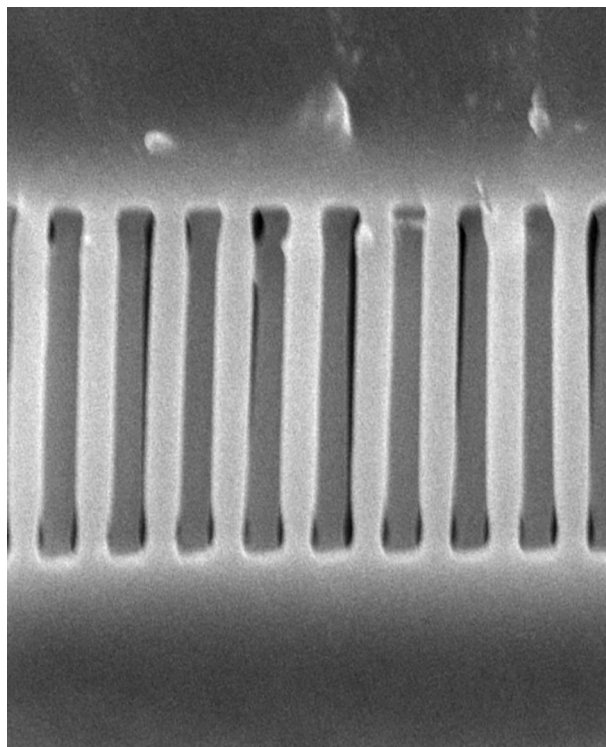
高倍

## PMMAナノピラーアレー

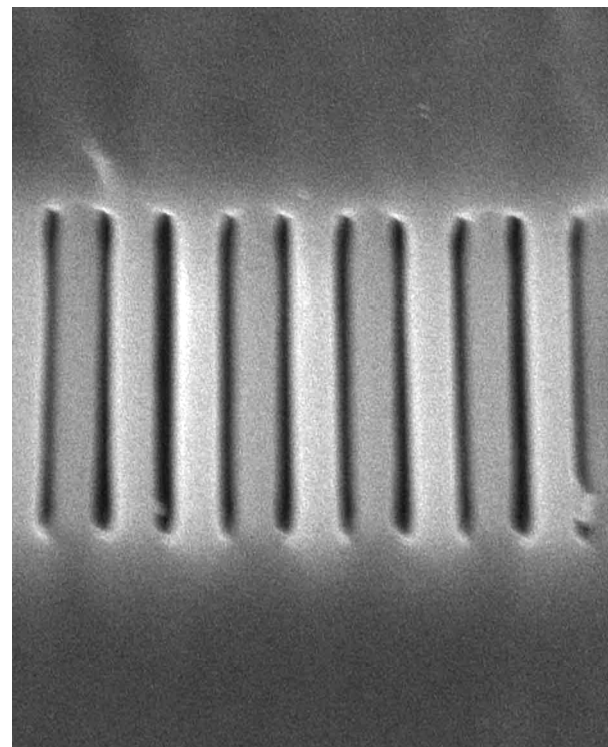
周期: 500 nm, 直径: 300 nm, アスペクト比: 8.3



直径: 240 nm



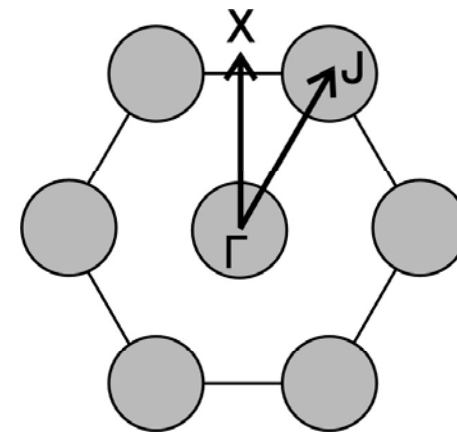
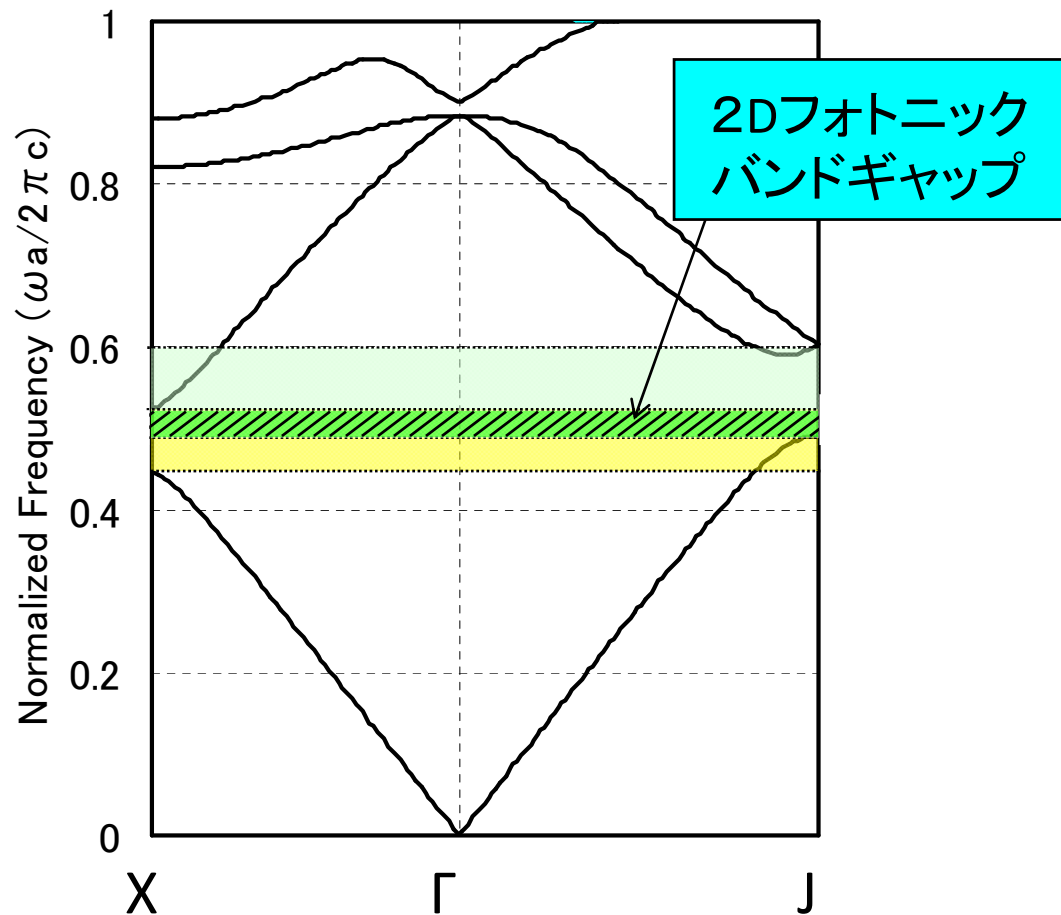
直径: 300 nm



直径: 370 nm  
500nm

## ナノピラーの直径制御

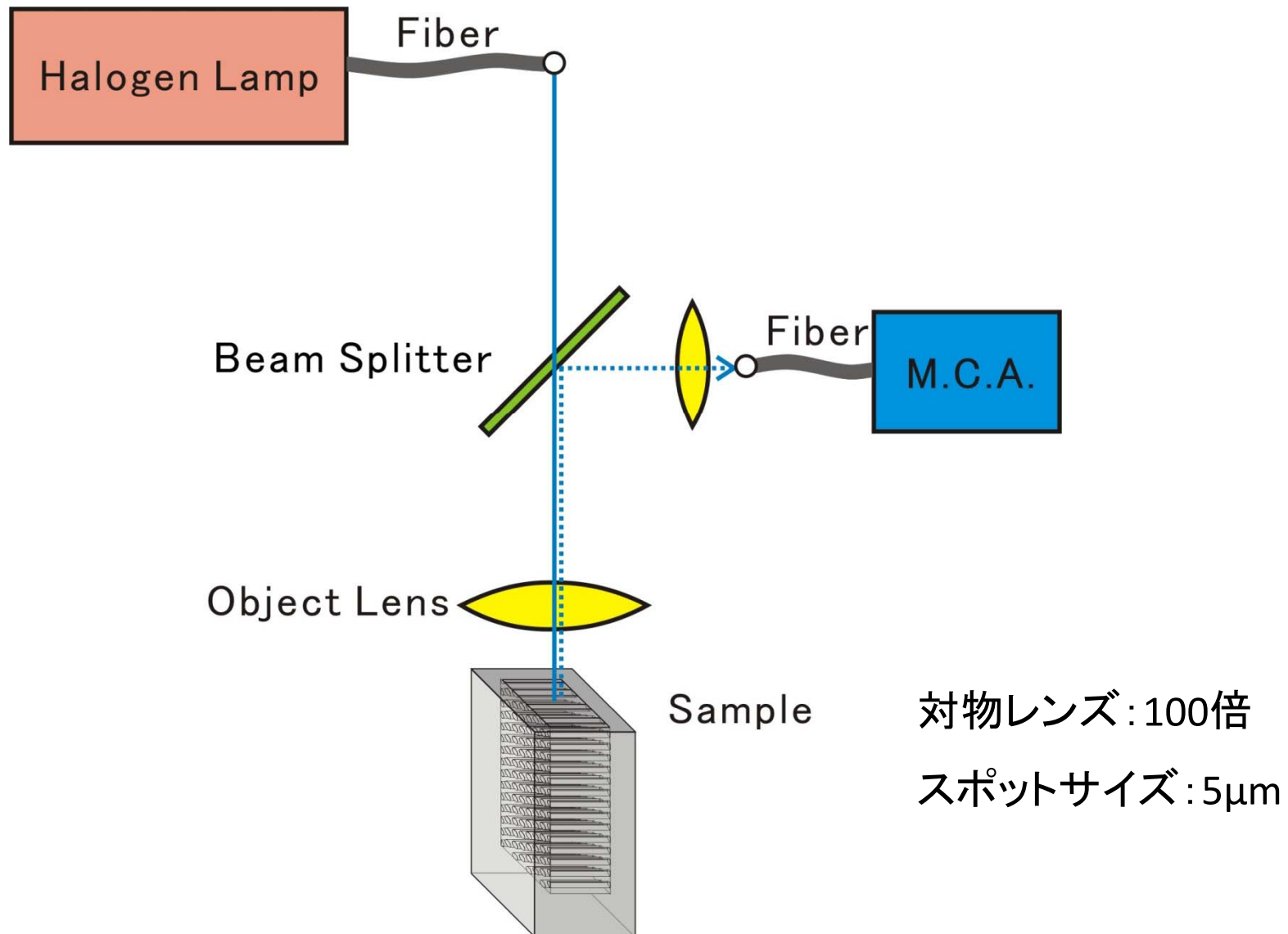
周期: 500 nm, 長さ: 2.5  $\mu\text{m}$

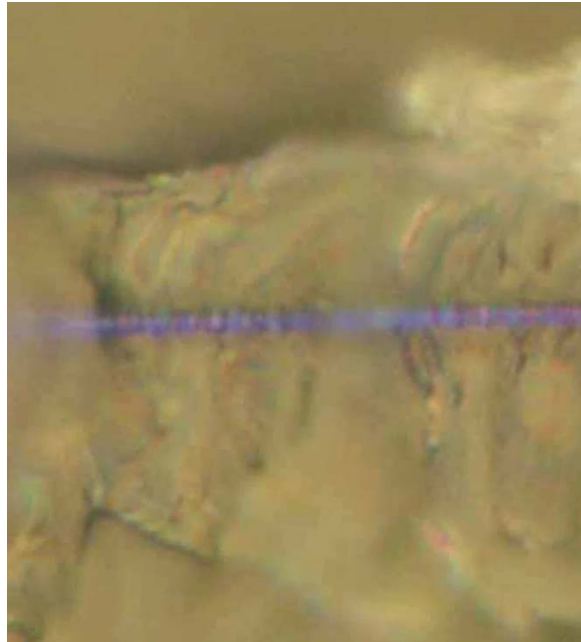
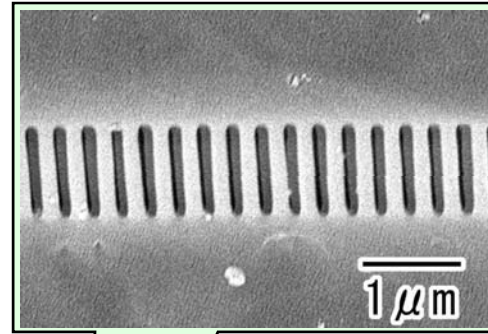


$n=1.5$ ,  $f=0.3$ , TM偏光

PMMAナノピラーアレーのバンド図

# ナノピラーアレーの光学測定





200 nm 周期  
(370nm~450nm)



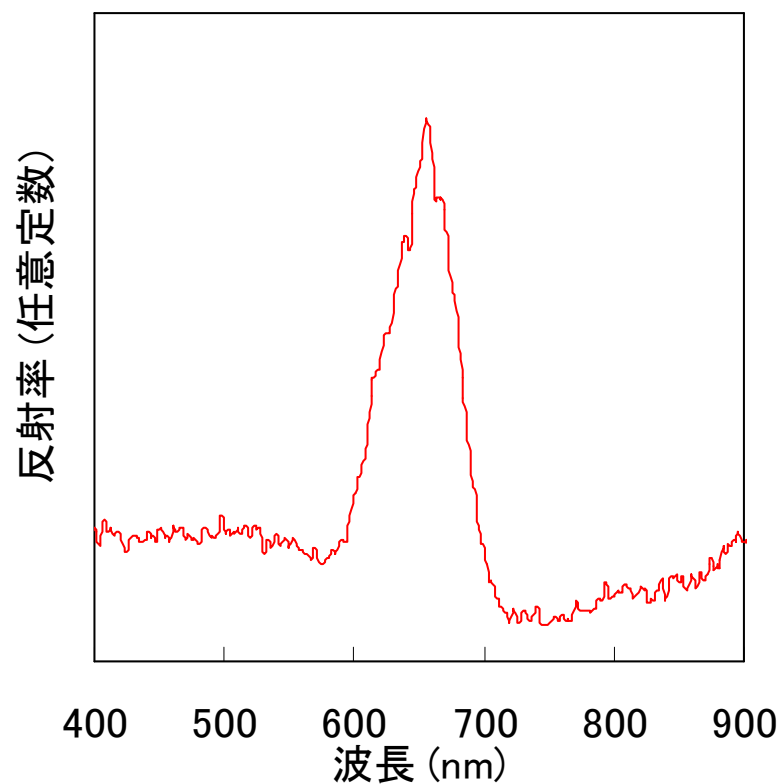
300 nm 周期  
(560nm~670nm)



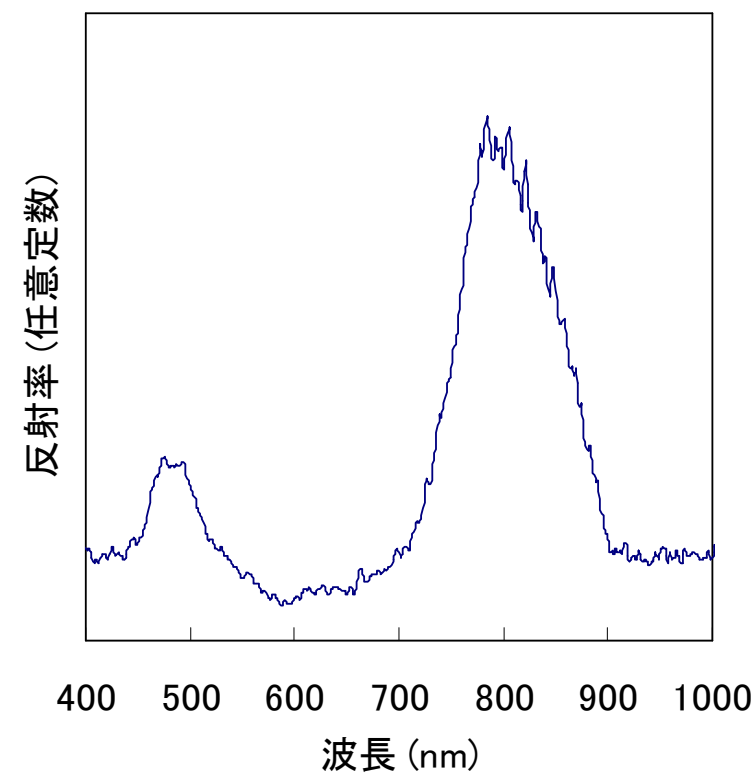
400 nm 周期  
(750nm~900nm)  
(450nm~470nm)

## 光学顕微鏡像

フィリングファクター: 0.3,  $\Gamma$ -X方向



300 nm 周期



400 nm 周期

## PMMA ナノピラーアレーの反射スペクトル

フィリングファクター: 0.3,  $\Gamma$ -X 方向, TE 偏光

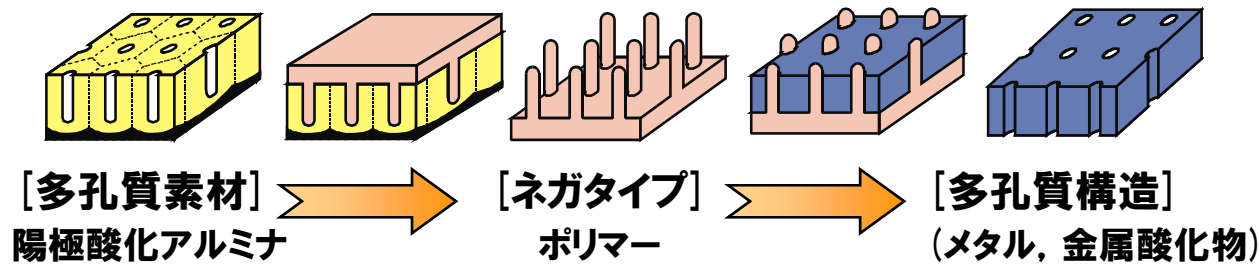


高規則性陽極酸化ポーラスアルミナの作製

陽極酸化ポーラスアルミナを用いたポリマーフォトリック結晶の  
形成と評価

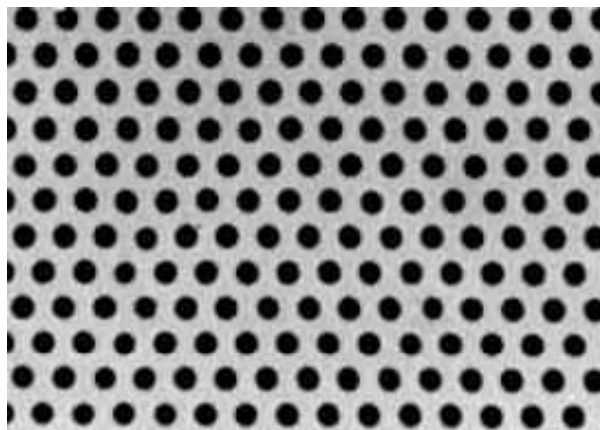
ナノピラーアレー構造体を鋳型とする高アスペクト比  
ナノホールアレーの形成への応用

## 2段階転写プロセスによる規則性ナノホールアレーの作製

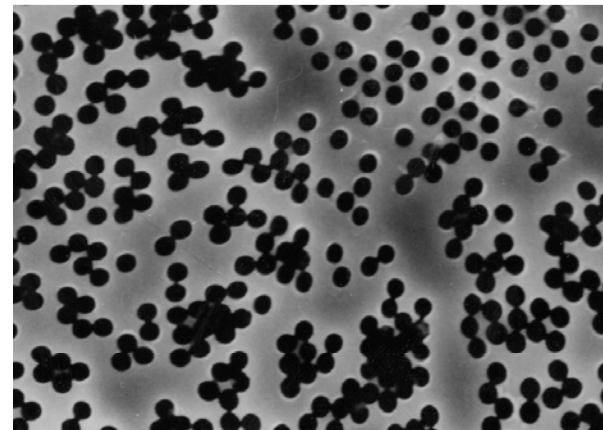


H. Masuda and K. Fukuda, Science, **268**, 146 (1995)

### 2段階転写プロセスにより形成された高アスペクト比ナノホールアレー



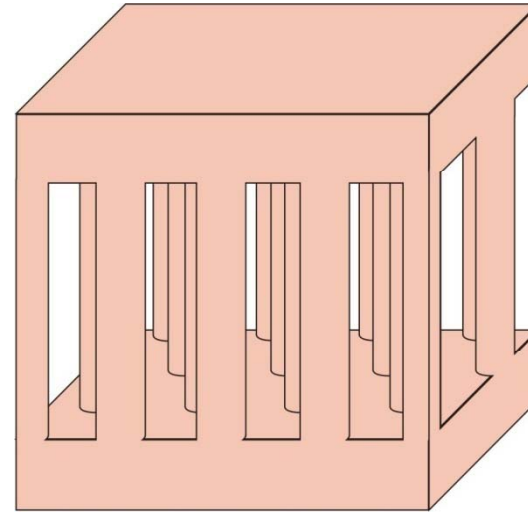
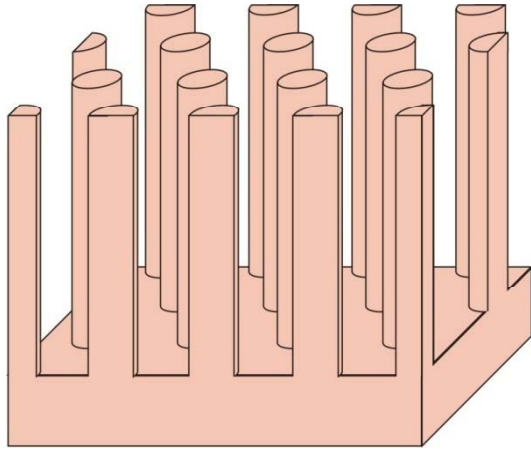
析出開始側表面



析出終了側表面

高アスペクト比の直行細孔が規則配列したホールアレーの作製が困難

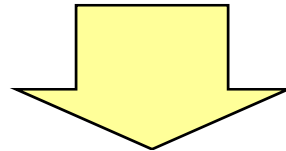
## ナノピラーアレー構造体



上下2方向に支持層を有するピラーアレー構造体

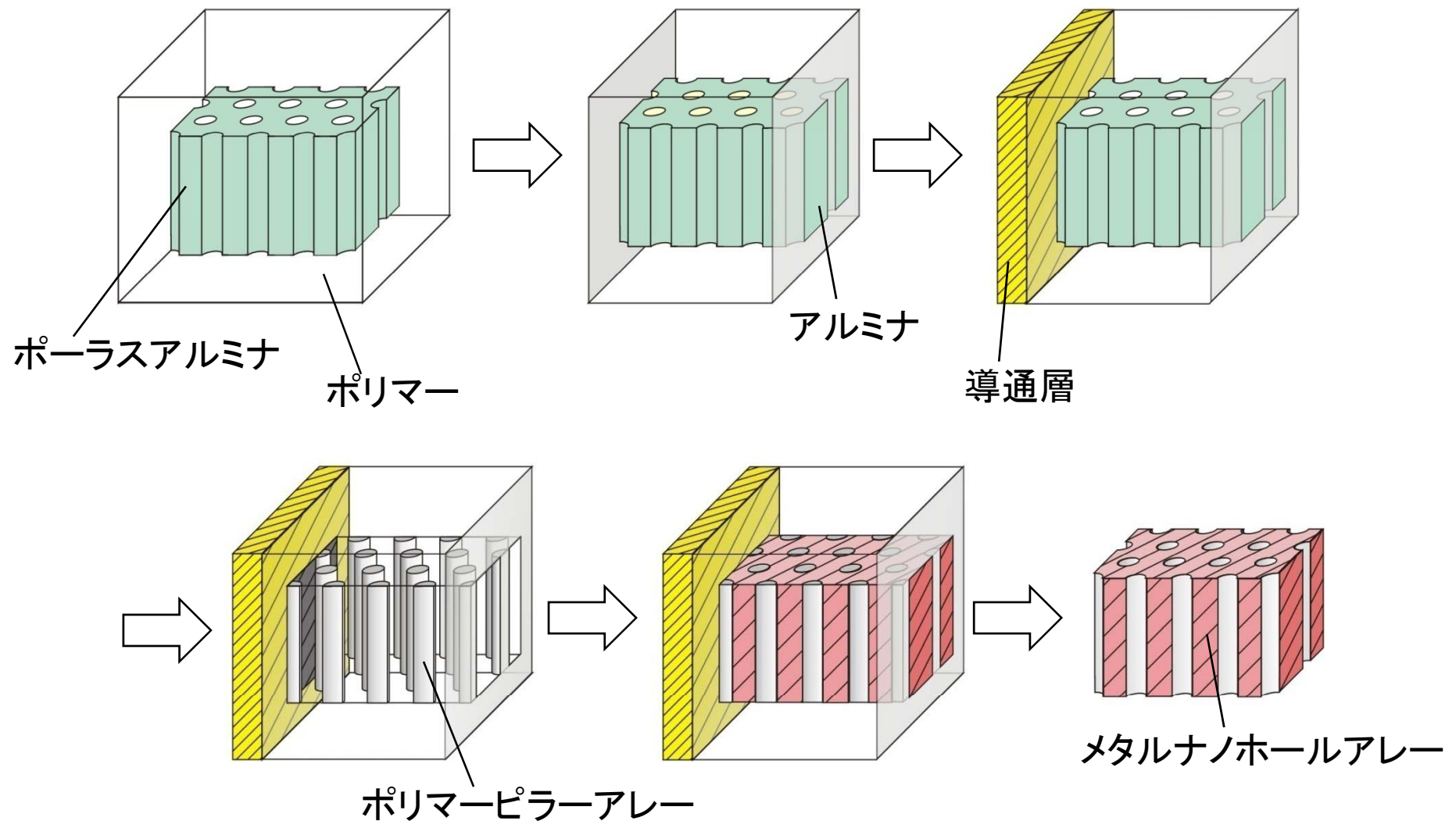


ポーラスアルミナを除去した後も各ピラーを直立して保持することが容易であると考えられる

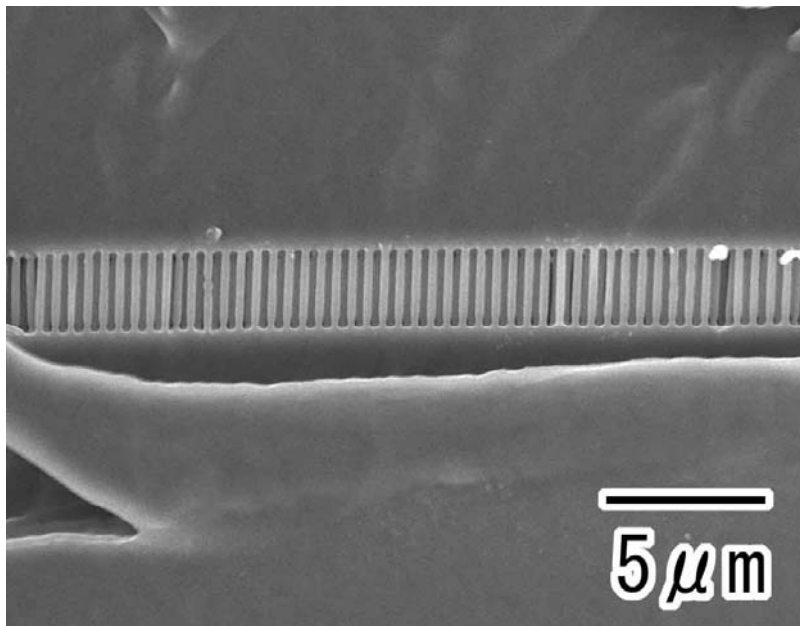


高アスペクト比ナノホールアレーを作製するための  
鋳型材料として有望である.

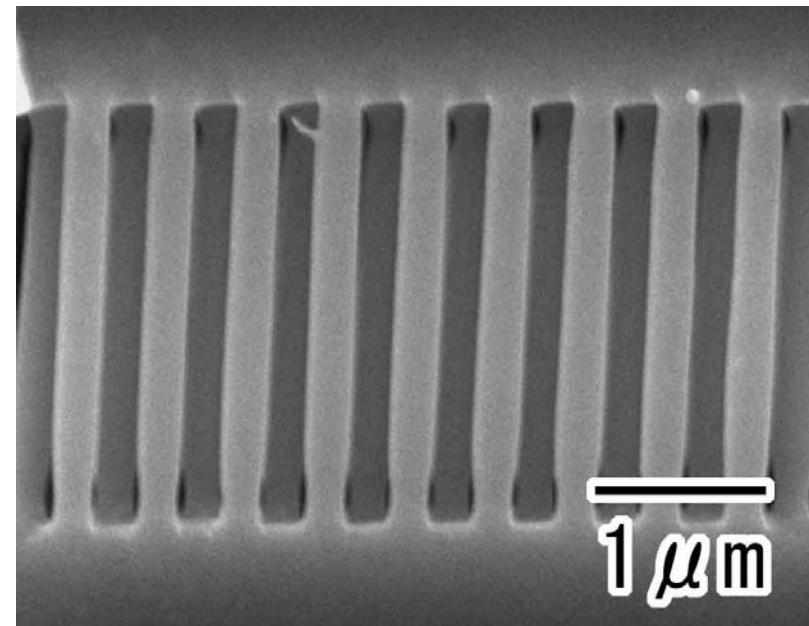
# 高アスペクト比メタルナノホールアレーの作製プロセス



## PMMAナノピラーアレー



低倍

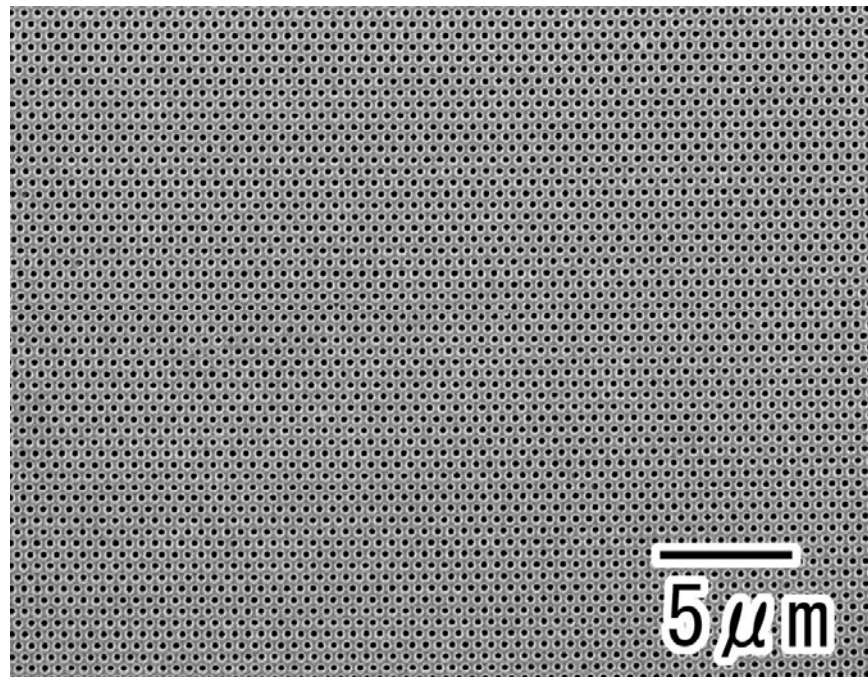


高倍

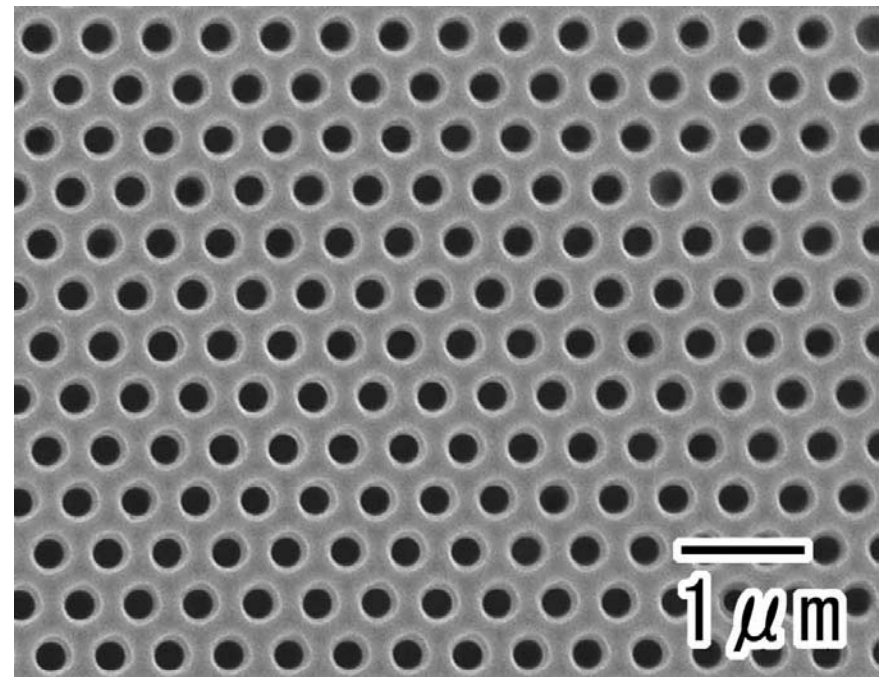
周期: 500 nm, 直径: 300 nm, アスペクト比: 8.3



## Niナノホールアレー

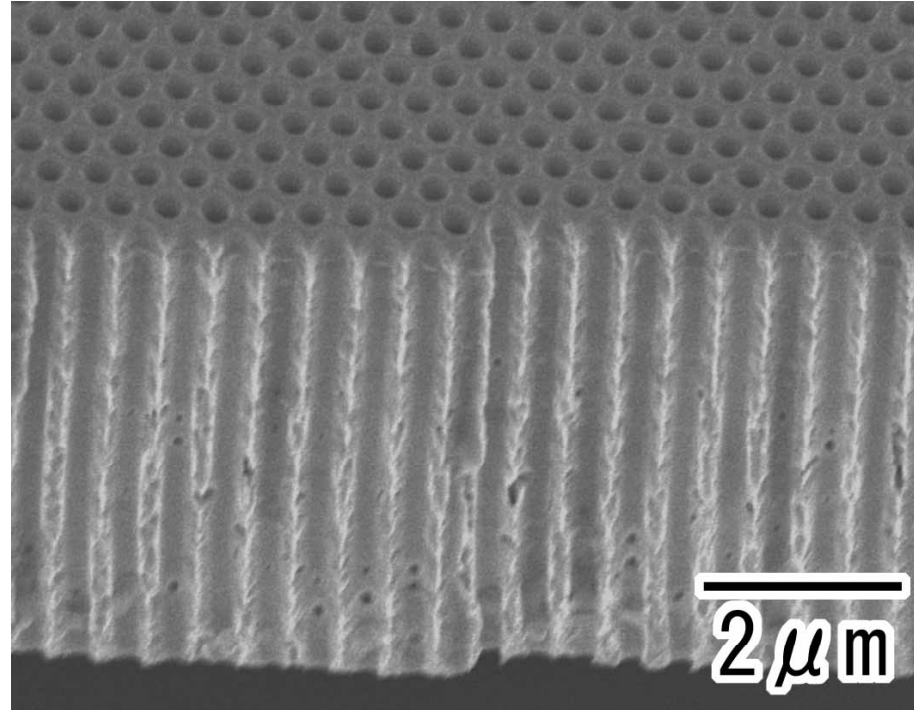


低倍



高倍

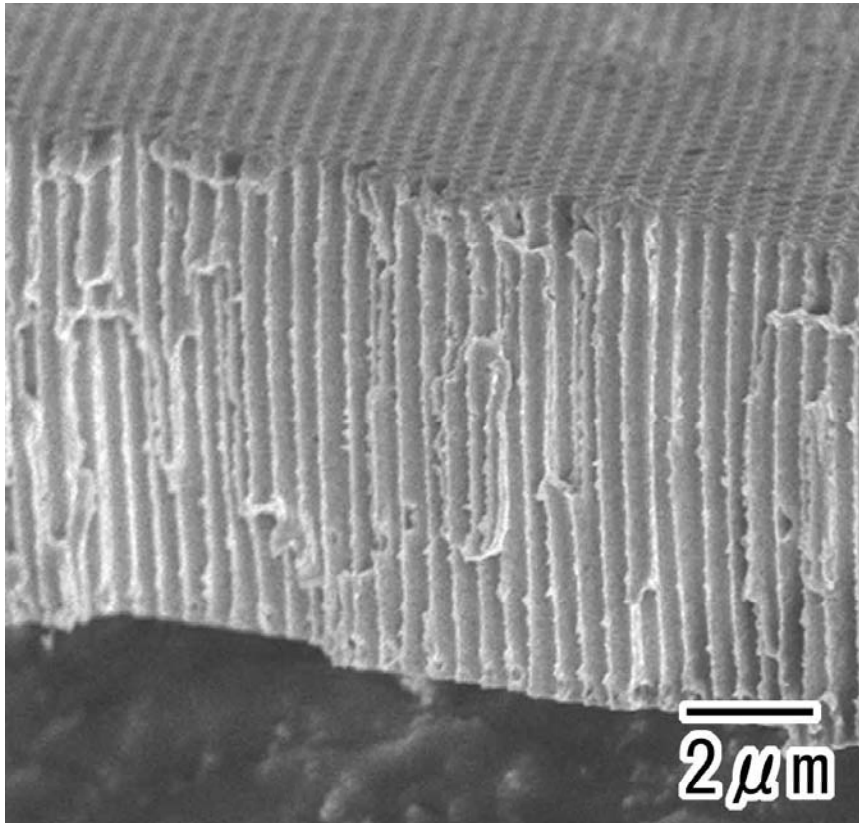
細孔周期: 500 nm, 細孔径: 300 nm



## Niナノホールアレー断面SEM像

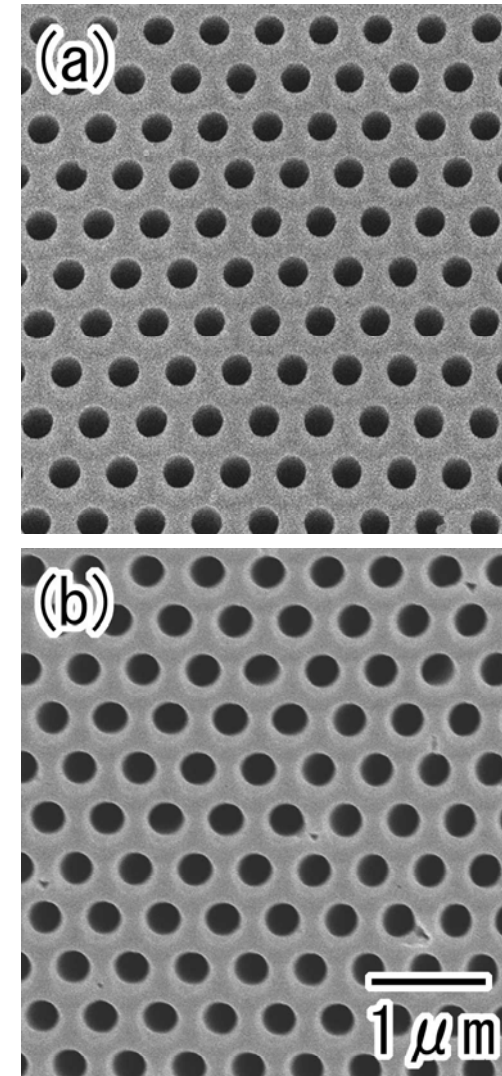
細孔周期: 500 nm, 細孔径: 300 nm, 膜厚: 6 μm

# 高アスペクト比Niナノホールアレー



断面SEM像

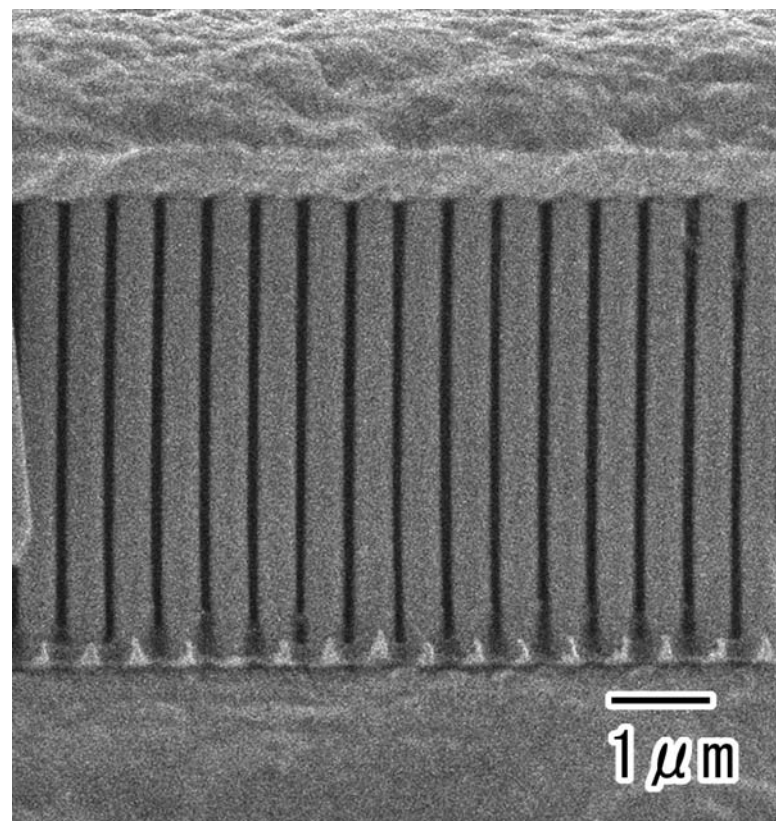
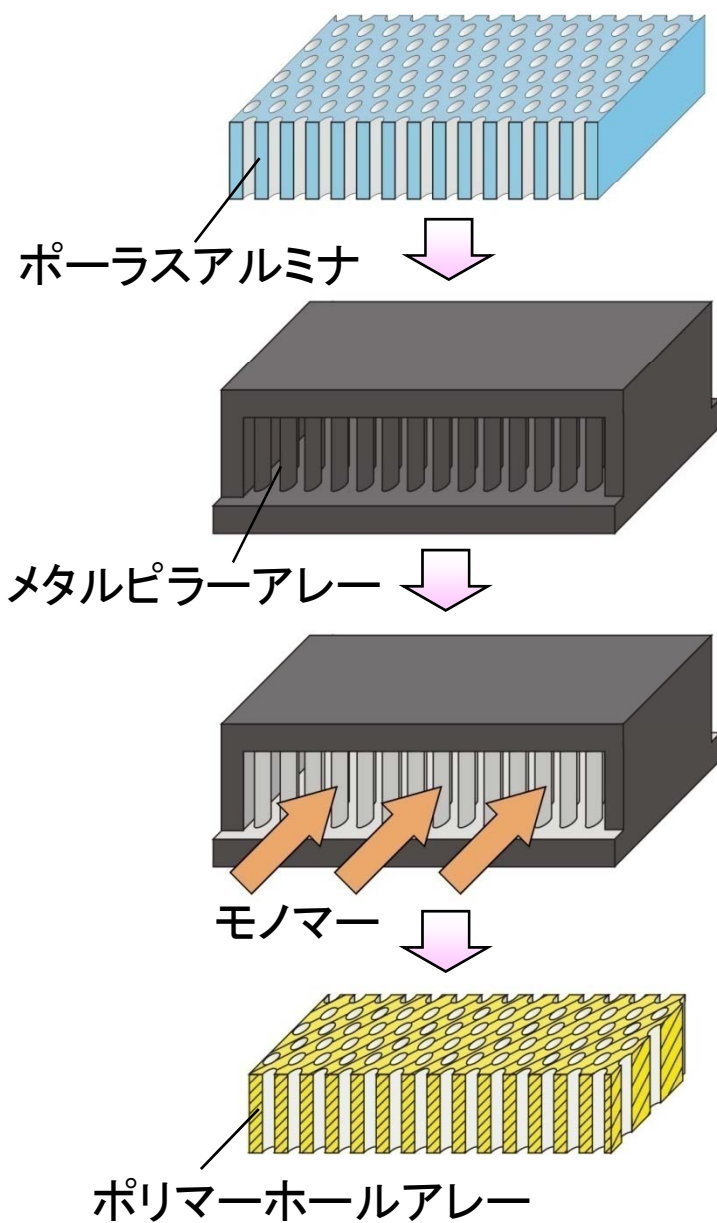
細孔径: 300 nm, 膜厚: 10 μm, アスペクト比: 33



表面SEM像 (a: 上側, b: 下側)

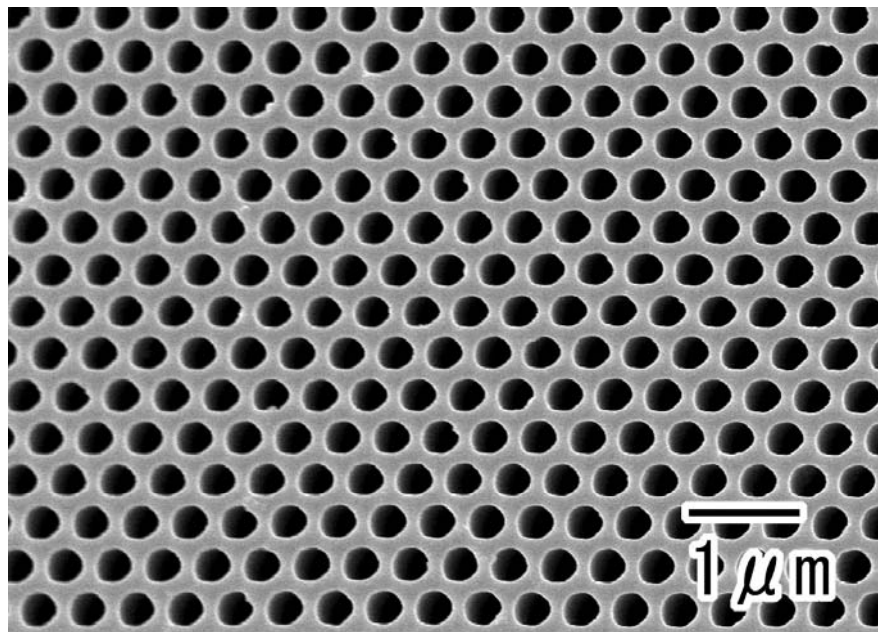


# 高アスペクト比ポリマーナノホールアレーの形成

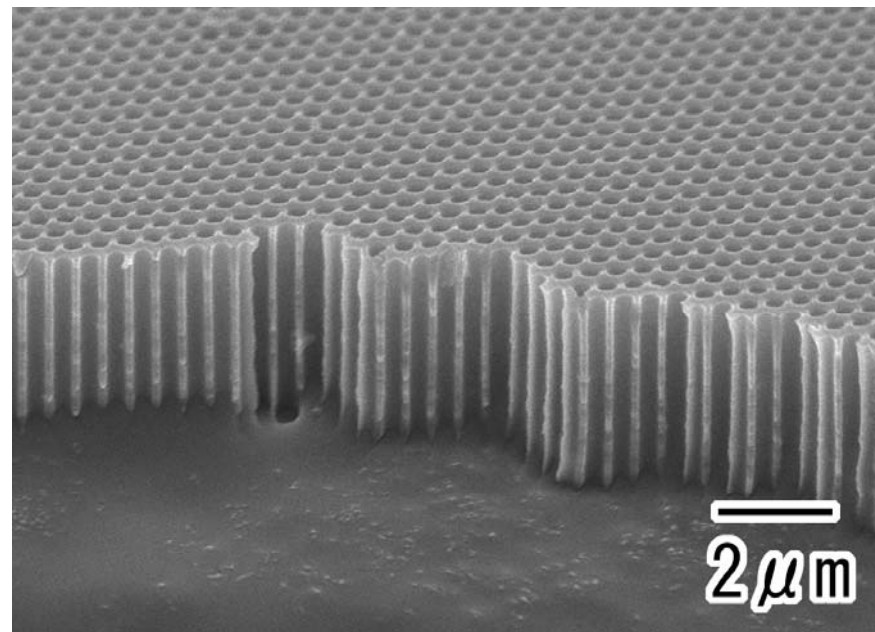


メタル (Ni) ピラーアレー

## PMMAナノホールアレー



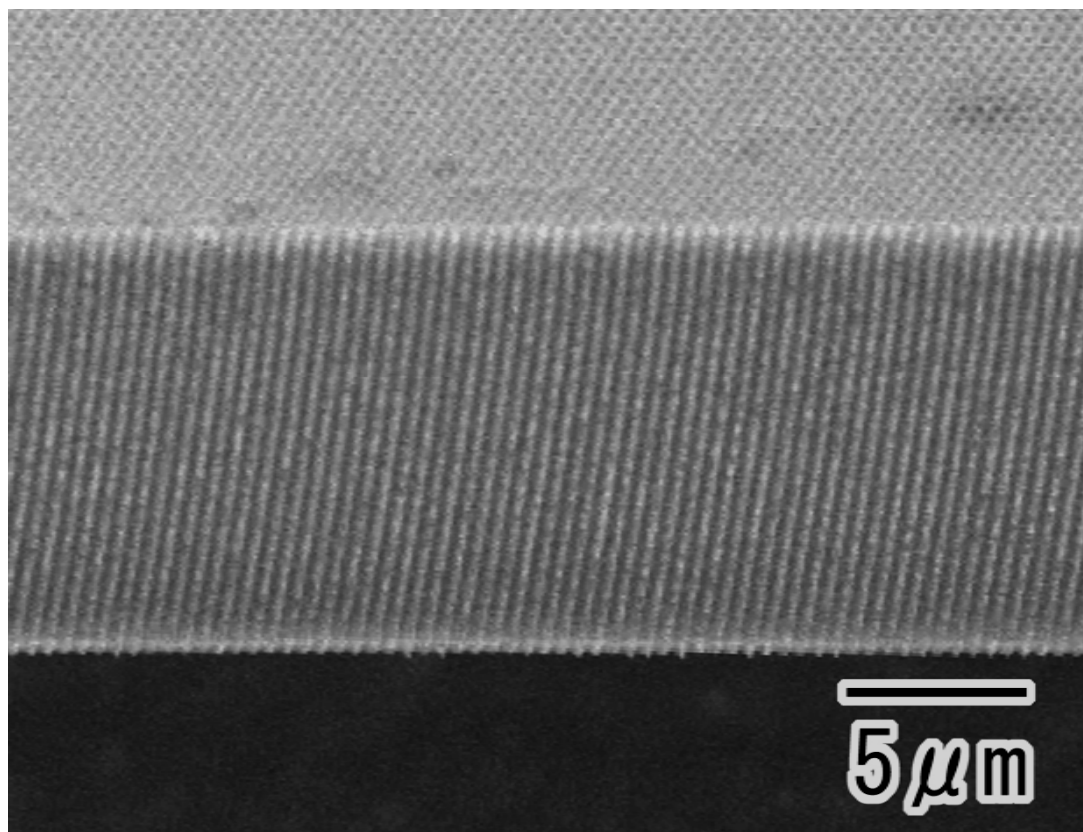
表面



断面

細孔周期: 500 nm, 細孔径: 320 nm, 膜厚: 4.5 μm

## 高アスペクト比ポリマーナノホールアレー



細孔径320nm, 膜厚:17μm, アスペクト比:53

## まとめ

- 高規則性ポーラスアルミナを用いた新規鋳型プロセスにより、上下に方向に支持層を有するポリマーピラーアレーの作製が可能であり、得られたポリマーピラーアレーは、2Dフォトリソニック結晶特性を示すことが確認された。
- 本研究で得られたポリマーピラーアレーを鋳型に用いることにより、高アスペクト比の直行細孔が規則配列したスルーホールアレーを得ることが可能であった。
- 得られたポリマーナノピラーアレー、スルーホールアレーは、精密濾過膜やフォトリソニック結晶をはじめ、様々な分野への応用が期待できる。

# 謝辞

本研究は、日本板硝子工学助成会の平成17年度研究助成を受けて実施されました。関係各位に心より感謝致します。