

二次元逆オパール構造が動的濡れ性に及ぼす影響の検討

Effects of two-dimensional inverse opal structure on dynamic wettability

後藤 拓馬

指導教員 吉田 直哉, 大倉 利典

工学院大学 先進工学部 応用化学科 機能性セラミックス化学研究室

キーワード: 逆オパール構造, 濡れ性, 薄膜, ゴルゲル法

1. 緒言

表面が関与する機能には様々なものがあるが、なかでも液体に対する濡れ性の制御は、固体と液体が多くかかわる物理的・化学的現象を有用な方向へ導くことができるため、我々の日常生活や産業界の様々なところで利用されている。濡れ性を制御するという事は、表面の性質を変えて濡れない固体を濡れる固体にしたり、逆に濡れる固体を濡れなくしたりすることである。

固体表面の静的濡れ性は表面エネルギー、表面粗さなどが関与していることが知られている。この関係を表す式として Fig. 1 の Young の式, Wenzel の式, Cassie の式がある。

これまでは接触角測定による“静的”な濡れ性が主に評価されてきたが、近年は建築や輸送機械など各種の工学分野で液滴の除去性、すなわち“動的”な濡れ性の重要性が認識され始めている。特に、Cassieの式で示されるような超撥水表面は、微小な凹凸により発現するが、同じ超撥水表面でも液体の転落性や、水滴除去性が同じものができるとは限らない。これは静的な濡れ性では問題にならないような微細な凹凸や表面構造・組成の不均一性が影響してくる。本研究では固体表面の構造が動的な濡れ性に及ぼす影響を調査するために、①規則性がある、②数百nm～数nmで構造の制御が可能であることを目指した。これを作製するために、濃度と粒径を変えることにより構造の制御が可能である、球の二次元最密充填構造を鋳型とした構造の二次元逆オパール構造に着目した。イメージ図をFig. 2に示す。本実験の目的は

二次元逆オパール構造を用いて、表面にマイクロオーダーの規則的な凹凸を作製し、動的濡れ性と表面形状の関係を調査することで、表面粗さが動的濡れ性に及ぼす影響を解明することとした。

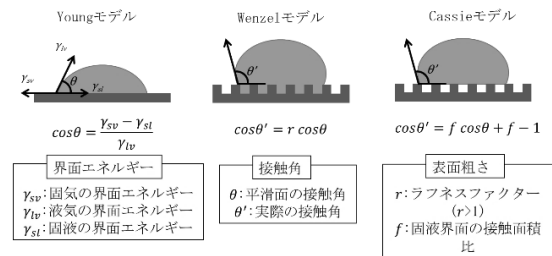


Fig. 1 Young モデル・Wenzel モデル
・Cassie モデル

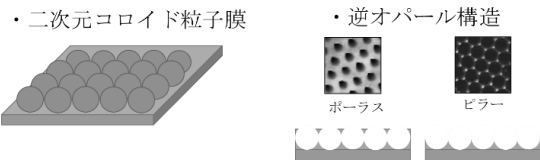


Fig. 2 逆オパール構造のイメージ

2. 実験

2. 1 二次元コロイド粒子膜テンプレートの作製

市販の 2.5mass% の PS ビーズ液に同体積の C_2H_5OH を混合したものを PS 懸濁液とした。この PS 懸濁液を用いて PS ビーズを気液界面上に展開させた。それをガラス基板に写し取り、 $90^\circ C$ で 1 分間焼付けを行い二次元コロイド粒子膜テンプレートを得た。

2. 2 二次元逆オパール構造を有する SiO_2 薄膜の作製

C_2H_5OH に $Si(OC_2H_5)_4$ を混合し塩酸を添加し室温で 1 時間攪拌し調整したものを 0.5, 0.1, 0.05

mol/L の SiO₂ 前駆体溶液とした。なお、0.1, 0.05 mol/L の溶液には、グリセリンをさらに添加した。この SiO₂ 前駆体溶液を 2.1 において作製した二次元コロイド粒子膜に滴下して、スピコートを行い、500°C で 30 分間焼成し、二次元逆オパール構造を有する SiO₂ 薄膜を得た。得られた薄膜に対して接触角測定・転落角測定・走査型電子顕微鏡 (SEM Scanning Electron Microscope) 観察を行った。

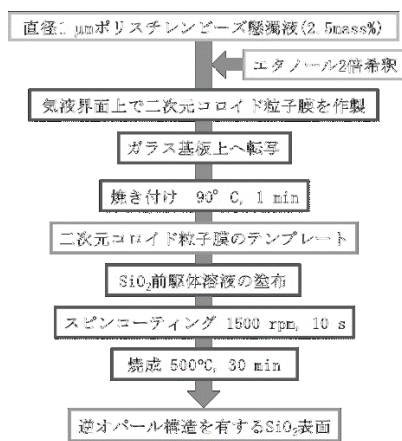


Fig. 3 実験操作

3. 結果および考察

3.1 SEM 観察

濃度を変えて作製したサンプルの SEM 画像を Fig. 4 と Fig. 5 に示す。Fig. 4 より各濃度で規則正しい配列の二次元逆オパール構造を有する薄膜であることが確認できた。Fig. 5 より濃度が低くなるにつれ表面構造がポーラス型からピラー型に変化していることが確認できた。

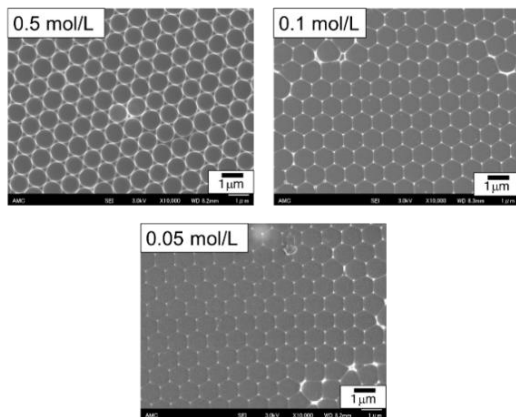


Fig. 4 濃度を変えて作製した二次元逆オパール構造を有する SiO₂ 薄膜の SEM 画像 (正面)

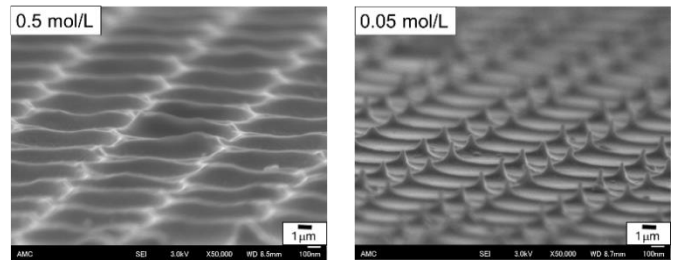


Fig. 5 濃度を変えて作製した二次元逆オパール構造を有する SiO₂ 薄膜の SEM 画像 (斜め)

3.2 接触角・転落角測定

各濃度の接触角・転落角を Table 1 に示す。濃度が低くなるにつれ接触角が低くなる傾向が見られた。接触角が低くなる理由としては構造内の空気のかみこみ量が減少することが考えられる。転落角は全ての濃度で濡れ広がり起きたため定義より 90° とした。

Table 1 各濃度の接触角と転落角

濃度 (mol/L)	接触角 (°)	転落角 (°)
0.5	29.1±1.7	90
0.1	8.4±1.2	90
0.05	10.7±3.2	90

4. まとめ及び今後の展望

二次元逆オパール構造を有する SiO₂ 薄膜を作製し、SEM 観察から規則正しい配列であることが確認できた。また、濃度が低くなるにつれて表面構造がポーラス型からピラー型へと変化した。そのため空気のかみこみ量が減少し、接触角が減少すると考えられる。今後は PS ビーズの粒径と前駆体溶液の濃度を変えることで、表面構造を変え、接触角測定・転落角測定・濡れ広がり測定を行うことで、表面粗さと濡れ性の関係を詳しく解明していく。