

汎用液晶配向法による 無機ナノロッドの水平・一軸配向技術

SATテクノロジー・ショーケース2016

■ はじめに

半導体や貴金属などの無機材料をナノサイズ化することによって、バルク状態とは異なる特異な物性を発現する。なかでも異方的形状を有するナノロッドは、ナノスケールでのトランジスタや、量子ドット効果やプラズモニクスに基づく偏光光学素子を構築するビルディングブロックとして期待され、様々な機能を有するナノロッド材料が合成されている。しかし従来、得られたナノロッドを制御された方向に配列させることができず、異方的な特性を引き出すデバイス化への障害となっていた。電圧印加、自己組織化、液晶材料との複合化などの手法が試みられてきたが、局所的な配向形成にとどまり、均一な配列体を得るには至っていなかった。

本研究では、ネマチック液晶高分子および低分子液晶との分子協調的相互作用に基づき、無機ナノロッドの配向制御を行った。その結果、直径10 nm、長さ50 nmの酸化亜鉛ナノロッドを、数cm角の基板全面にわたって一方向かつ一層に配列させることに成功した。

■ 活動内容

1. 材料合成

酢酸亜鉛二水和物を塩基性エタノール溶液中で反応させることにより、直径10 nm、長さ50 nmの酸化亜鉛ナノロッドを合成した。その表面に制御された修飾密度(d_1 / nm^{-2})で高分子重合開始剤基を導入し、ネマチック液晶性メタクリレートモノマーを原子移動ラジカル重合(ATRP)法によりグラフト重合することで、ネマチック液晶高分子グラフト酸化亜鉛ナノロッドを合成した。

2. ナノロッドの配向体の作製

シリコンウェハにポリイミド液晶配向膜を塗布し、ラビング処理を施した。ネマチック液晶高分子グラフトナノロッドと低分子ネマチック液晶を重量比1:4で含むアニソール溶液をスピン塗布し、加熱処理した。ナノロッドの配向状態を、走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した。

3. 結果と考察

まず、開始剤密度 $d_1 = 0.7 \text{ nm}^{-2}$ の場合のナノロッドの配向性について検討した。液晶高分子グラフトナノロッドのみを塗布した場合には無秩序な状態であった(図1a)のに対し、低分子液晶の存在下では一方向に配列した(図1b)。ラビング処理方向とナノロッドの長軸とのなす角を θ として

$$S = \frac{1}{2} \langle 3 \cos^2 \theta - 1 \rangle$$

により計算される配向度は0.85であり、配向性が高いことが分かった。次に、低分子の存在下でのナノロッドについて、開始剤密度がナノロッドの配向性に与える影響を調べたところ、 $d_1 = 2.0 \text{ nm}^{-2}$ の場合には配向せず(図1c)、 $d_1 = 0.3 \text{ nm}^{-2}$ の場合にはナノロッドの凝集が生じた(図1d)。これらの結果と、示差走査熱量分析による解析から、ナノロッド表面にネマチック液晶高分子を適切な密度でグラフトすること、および、低分子液晶と共に成膜することにより、低分子-高分子液晶間の分子協調的相互作用を通じてナノロッドの配列構造を誘起できることが示唆された(図1e)。

この方法は、ナノロッド表面の修飾部を適切に変更することにより、酸化物だけでなく金属など多様な材料に適用可能である。液晶配向膜上での加熱処理という、汎用的な液晶配向技術により、無機ナノロッドを基板全面にわたって配向可能であり、ナノデバイス構造の構築の基礎となり得るものと期待できる。

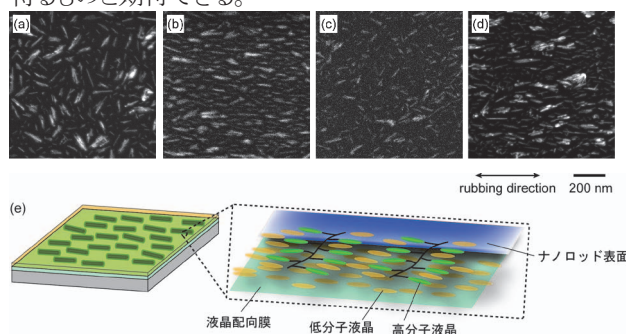


図1. (a - d) ナノロッドのSEM像¹⁾: (a) 低分子液晶無し (b - d) 低分子液晶有り。開始剤密度 $d_1 =$ (a, b) 0.7 nm^{-2} , (c) 2.0 nm^{-2} , (d) 0.3 nm^{-2} . (e) ナノロッド配向の模式図

■ 参考文献・特許

- 1) S. Kubo et al. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **6**, 811-818 (2014).
- 2) S. Kubo et al. *Chem. Lett.* **41**, 1137-1138 (2012).
- 3) 特開 2014-152213

■キーワード: (1) ナノロッド
(2) 液晶
(3) 自己組織化

■共同研究者: 本研究は、中川勝教授(東北大多元研)、彌田智一教授(東工大資源研)、波多野慎悟助教(高知大理)、渡辺修博士(豊田中研)らとの共同研究成果です。

代表発表者 久保 祥一 (くぼ しょういち)
所 属 国立研究開発法人 物質・材料研究機構
先端フォトニクス材料ユニット 応用フォトニック材料グループ
問合せ先 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1
TEL: 029-859-2273
E-mail: KUBO.Shoichi@nims.go.jp