

周期的ナノパターン表面を有するポリマー基板上への 酸化物半導体薄膜の作製と電気特性評価

Preparation of oxide thin film on periodic nanostructured polymer substrates

¹東工大物質理工, ²(株)豊島製作所, ³神奈川県産技総研

○岩佐 健¹, 大賀 友瑛¹, 土嶺 信男², 金子 智^{3,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

¹Tokyo Tech. Materials, ²TOSHIMA Manu. Co., Ltd., ³KISTECH

○K. Iwasa¹, T. Oga¹, N. Tsuchimine², S. Kaneko^{3,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: iwasa.k.ab@m.titech.ac.jp

【はじめに】軽量で加工性も高いポリマー材料は、エレクトロニクスをはじめ広い応用分野で注目されている^[1]。ポリマー材料を基板として、導電性など様々な特性をもつ無機結晶薄膜と組み合わせることで、新たな機能を持ったフレキシブルデバイスへの応用が期待できる。酸化物半導体薄膜などの無機結晶薄膜は核形成や成長方位を制御することで移動度などの特性向上が期待でき、そのためには基板となるポリマー表面の形状も重要となる。我々はこれまでに、サファイアをモールドとした熱ナノインプリント法によるポリマー表面への周期的原子スケールステップ配列(高さ約 0.3 nm)転写形成や、自己組織化酸化物ナノ構造体をモールドとしたポリマー表面への微細構造の転写形成について報告してきた^[2,3]。一方で、周期的ナノパターンを形成したフレキシブル基板上に堆積させた酸化物半導体薄膜に関する報告は少なく、基板形状の影響評価を行うことは次世代フレキシブルデバイス応用に関する知見が得られる。本研究では、ナノ構造を有するポリマー基板の薄膜成長基板としての応用を目的として、ナノパターン表面を有するポリマー基板上の酸化物半導体薄膜における基板表面形状が電気特性に与える影響について検討した。

【実験・結果】本研究ではポリイミドシート (Polyimide: PI; $T_g=265^\circ\text{C}$, 三井化学(株)製)をポリマー基板として用いた。PI へのパターン転写には熱ナノインプリント法を用いた。まず、モールドとの均一な接触のため、R 面サファイア基板の原子ステップを、真空中、0.2 MPa, 260°C , 5 分の条件で PI 基板に転写し、超平坦 PI 基板を作製した。次に、周期的ナノパターン表面の作製のため、C 面サファイア基板上に自己組織化させた NiO(111)ナノ溝構造と、これを熱ナノインプリントによりソーダライムガラス基板に転写したナノウォール構造を真空中、0.2 MPa, 260°C , 30 分の条件で超平坦 PI 基板に転写し、ナノウォール PI 基板およびナノ溝 PI 基板を作製した。次に、酸化物半導体薄膜の堆積のため、得られた 2 種類の基板上に KrF エキシマレーザー ($\lambda=248\text{ nm}$, $d=20\text{ nm}$)を用いたパルスレーザー堆積 (PLD)法 (基板非加熱, $p\text{O}_2=10^{-3}\text{ Pa}$)により, Li 10 atm% ドープ NiO 薄膜を成長させた。

表面形状を原子間力顕微鏡 (AFM)を用いて観察した。PI 基板上へのナノパターン転写に成功し (Fig. 1), 薄膜堆積後は基板のナノ形状を反映し、結晶成長により粗さが増大していることがわかった (Fig. 2)。次に、直流二端子法によりそれぞれの NiO 薄膜のパターン平行方向と垂直方向での抵抗値を求めた。ナノ溝 PI 上では平行方向で $90\text{ M}\Omega$, 垂直方向で $94\text{ M}\Omega$ となり, ナノウォール PI 上では平行方向で $43\text{ M}\Omega$, 垂直方向で $52\text{ M}\Omega$ となり, いずれの場合も溝または壁に垂直方向で抵抗増加が見られた。これはナノパターンポリマー基板上での堆積膜厚さや粒子配列の違いに関連していると考えられる。講演では、曲げ変形下での電気特性変化についても報告する。

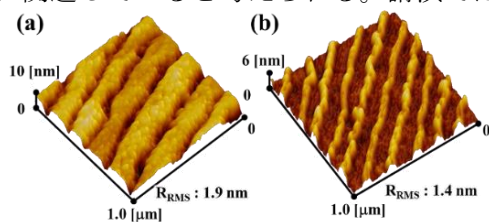


Fig. 1 AFM topography ($1 \times 1\text{ }\mu\text{m}^2$) of (a) Nano-groove PI substrate and (b) Nano-wall PI substrate by thermal nanoimprint.

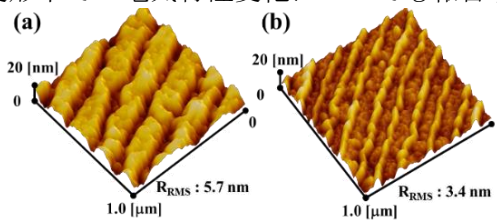


Fig. 2 AFM topography ($1 \times 1\text{ }\mu\text{m}^2$) of NiO thin film (Li 10 atm%, $\sim 20\text{ nm}$) on (a) Nano-groove PI substrate and (b) Nano-groove PI substrate.

- [1] M.C. Choi et al., *Prog. Polym. Sci.*, **33**, 581-630 (2008). [2] G. Tan et al., *Nanotechnology*, **27**, 295603 (2016).
[3] 木下太一郎 他, 第78回応用物理学会秋季学術講演会, 6a-PA7-1 (2017).