

ナノインプリント法およびパルスレーザー堆積を用いた ポリマー表面上への金属ナノ粒子周期パターン形成

Development of periodic metal nanoparticles pattern on polymer surfaces by thermal nanoimprinting and pulsed laser deposition techniques

東工大 物質理工¹, 神奈川産技総研² °島田 侑果¹, 前田 優斗¹, 大賀 友瑛¹, 金子 智^{2,1},
吉本 護¹, 松田 晃史¹

Tokyo Tech¹, KISTEC², °Yuka Shimada¹, Y. Maeda¹, T. Oga¹, S. Kaneko^{2,1}, M. Yoshimoto¹, A. Matsuda¹

E-mail: shimada.y.am@m.titech.ac.jp

【緒言】 金属ナノ粒子の微細周期配列パターンは、化合物半導体ナノワイヤの成長触媒やガスセンサ、デバイスの高密度実装に用いられている。また、局在表面プラズモン共鳴による表面増強ラマン散乱などバイオセンシング分野でも応用される。こうしたパターンを例えば熱・化学的耐久性に優れるポリイミド (PI) などポリマーシート表面に作製することにより、生体分子観察やバイオセンサー基板などのフレキシブル性が求められる環境での応用が期待できる。こうした微小周期パターンデバイスの形成では、大面積性や繰り返し性が高いナノインプリント法および薄膜技術による微粒子形成が有用である。我々のグループでは、熱ナノインプリントによるポリマー表面の超平坦化、超平坦ポリマー上の Au ナノドットパターン転写 (周期~500 nm) を報告してきた^[1,2]。その一方で熱可塑性ポリマー上における、より微細 (周期~100 nm) かつ立体的な金属ナノ粒子周期パターン形成を見出すことにより、光学・電子機能性の制御やデバイス応用展開が期待できる。本研究では、微細自己組織化モールドを用いたナノインプリント法による PI 基板上へのナノ周期パターン転写ならびに薄膜合成による金属ナノ粒子微細周期パターン形成を検討した。

【実験と結果】 本研究では、ポリマー基板として PI シート (ECRIOS® VICT-Bnp, $T_g=265^\circ\text{C}$) を用いた。また、ナノ粒子金属として融点が PI シート T_g 以下であり、プロセス温度が基板に影響しない In 系低融点合金 ($T_m\sim 79^\circ\text{C}$) を用いた。周期パターンは① 自己組織化 NiO ナノ溝パターンモールド^[3]を用いた熱ナノインプリント (280°C , 6.0 MPa, 5 min) による PI への立体ナノ形状転写、② ナノパターン PI 基板上への In 系低融点合金のパルスレーザー堆積 (PLD) により作製し、さらにこれをテンプレートとした③ 超平坦 PI 表面への周期パターン転写を検討した。ここでは①と②について述べる。Fig.1 はそれぞれの過程で観察した PI 表面の AFM 像である。Fig.1(a)の未処理 PI 基板(RMS 粗さ~0.22 nm)に対して、(b)の NiO ナノ溝モールド (周期~100 nm、深さ~4–10 nm)を用いた熱ナノインプリントの結果、(c)に示す周期~100 nm、高さ~4 nm のナノウォール構造が高精度に転写された。続いて得られたナノウォール PI シートに In 系合金を PLD 成膜した結果、Fig.1(d)に示す高さ~4 nm のナノウォールパターンが維持された一方で、薄膜シート抵抗は $>200\text{ M}\Omega$ と高く、粒界密度の高いナノ粒子凝集パターンであることを示した。講演では、パターン形状や PLD 条件による光学・導電特性への影響、また③超平坦 PI への転写についても発表する。

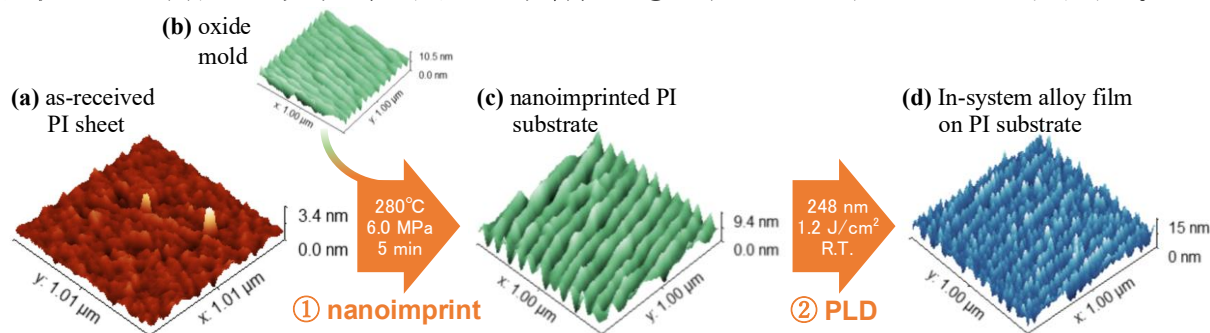


Fig.1 AFM images ($1\times 1\text{ }\mu\text{m}$) of (a) an as-received PI sheet, (b) the nanogroove-array mold of Li-doped (10 atm%), and PI sheets after (c) nanoimprinting at 280°C under 6.0 MPa and (d) PLD of low- T_m In-system alloy.

[1] G. Tan et al., *Nanotechnology* **27**, 295603 (2016).

[2] K. Shimada et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, 098002 (2016).

[3] R. Yamauchi et al., *Sci. Rep.* **5**, 14385 (2015).