原子ステップ型ポリマーシートへの超平坦導電性薄膜の作製

Fabrication of ultra-flat conductive thin films on atomically stepped polymer sheets

東工大物質理工¹,神奈川県産総研²

9山田 志織!,後藤 里紗!,木下 太一郎!,中村 稀星!,金子 智¹,松田 晃史!,吉本 護!

Tokyo Tech. Materials¹, KISTEC.²

^oS. Yamada¹, R. Goto¹, T. Kinoshita¹, K. Nakamura¹, S. Kaneko²¹, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: yamada.s.as@m.titech.ac.jp

【序論】ポリマー材料の1つであるポリイミド(PI)は軽量、フレキシブル、耐熱性などの特徴を持 つ成型加工性に優れた材料として、薄膜トランジスタや有機薄膜太陽電池などの基板に応用でき ることで注目されている。デバイス形成においては、薄膜-基板界面の粗さによる特性劣化が問 題となるため、平坦基板や均質な薄膜の作製が重要である印。フレキシブル基板の表面形状制御 にはポリマーの可塑性を利用した熱ナノインプリント法が大面積にナノパターニング可能な技術 として有用である。我々もこれまでにサファイアをモールドとして、ポリマーや酸化物ガラス表 面に高さ約0.3 nmの周期的ステップパターンを熱ナノインプリント法によって転写することに成 功している[2-5]。一方でフレキシブル、ウェアラブルデバイスなどへの応用として、ポリマー基板 に対して均質で形状制御された導電性材料を形成することも重要となる。本研究では、高性能な 電子デバイスへの応用が期待できる超平坦フレキシブル基板上における高導電性薄膜の形成を目 的とし、原子ステップ型ポリイミド上の導電性超平坦薄膜の作製と、薄膜に対するレーザー照射 やナノインプリントが導電特性に及ぼす影響について検討した。

【実験・結果】本研究における試料作製は、①ポリマー基板(ポリイミド; 三井化学 ECRIOS™、 Tg=265℃)の超平坦化、②超平坦ポリマー基板表面へ炭素(C)や TiN など導電セラミックスの薄膜 堆積、③薄膜に対する熱ナノインプリントまたはエキシマレーザーアニーリング(ELA)という手順 で行った。①では、サファイア R 面をモールドとした熱ナノインプリント法(真空中 2.0 MPa、 260°C、5 min)により、超平坦ステップ(高さ~0.3 nm、間隔~1.5 µm)を有する透明 PI シートを作製 した。続いて②において、ステップ PI シート上にパルスレーザー堆積法(PLD)や真空蒸着法など により、室温(~20℃、基板非加熱)で炭素膜を堆積した。それぞれの手法で得られた薄膜表面の原 子間力顕微鏡(AFM)像を Fig.1 及び Fig.2(a)に示した。PLD 薄膜ではステップ形状が観察された一 方、真空蒸着した薄膜では粗い表面となった。③ではさらに導電性向上と超平坦化を狙い、①と 同様のモールドを用いて熱ナノインプリント(真空中 20 MPa、260℃、5 min)を行った。その結果、 真空蒸着膜では Fig. 2(b)の AFM 像のようにステップ形状が観察され、Fig.3 に示す I-V カーブ(直 流二端子法)のように電気抵抗値はインプリント前の~134 MΩから~4.4 MΩへ低下した。これは空 隙が減少して炭素粒子の連続性が上がり、導電パスが増加したためと考えられる。レーザーアニ ーリングによる薄膜形成、特性への影響や PLD 膜に対する同様のプロセスとその効果ついても報 告する。



Fig. 1 AFM (10×10 µm²) film on stepped PI sheet.





Fig. 3 I-V curves of carbon thin film on stepped PI sheet fabricated by vacuum evaporation and the film after nanoimprinted

- [1] G. Liu et al., Synthetic Metals 144 (2004) 1-6.
- [2] M. Yoshimoto, et al., Appl. Phys. Lett., 67 (1995) 2615.
- [3] Y. Akita, et al., Jpn. J. Appl. Phys., 46 (2007) L342.
- [4] G. Tan, et al., Appl. Phys. Express, 7 (2014) 055202.
- [5] G. Tan, et al., Nanotech., 27 (2016) 295603.