

力学高強度な複製モールドを目指した 有機-無機ハイブリッド材料の開発

Development of Organic-Inorganic Hybrid Resins for Replica Molds with High Mechanical Strength

東北大多元研 °伊東 駿也, 中村 貴宏, 中川 勝

IMRAM, Tohoku Univ., °Shunya Ito, Takahiro Nakamura, Masaru Nakagawa

E-mail: masaru.nakagawa.c5@tohoku.ac.jp

光ナノインプリント技術は高い生産性でナノ構造体を作製できることから、半導体や光学デバイスの製造手法として高い注目を集めている。電子線リソグラフィにより作製される原版モールドの使用が製造デバイスの高コスト化に繋がることから、高い紫外線透過性を有する高信頼性の複製樹脂モールドの作製が低コスト化に不可欠である。しかし、複製樹脂モールドは力学強度が合成石英に比べて著しく低いことから、連続成形時の寸法安定性の向上と長寿命化に向けて力学強度の向上が必要である。本研究では複製モールドの力学高強度化を目指し、光硬化性組成物にシリカナノ粒子を導入した有機-無機ハイブリッド材料を検討した。

当グループでは、シリカナノギャップでのジアクリレートモノマーの粘度を研究し、モノマー末端の重合性官能基と同種の重合性官能基を有する表面修飾剤で被覆されたシリカ表面間において長距離から粘度が増加することを明らかにしている^[1]。そこで、シリカナノ粒子表面と同種・異種の重合性官能基を有するモノマーを選定し、シリカナノ粒子の導入に伴うバルク粘度の増加に関して検討した。主剤モノマー1,10-decandiol diacrylate (AC10, 図 1a) または 1,10-decandiol dimethacrylate (MC10, 図 1b) に対して、メタクリロイル基末端修飾シリカナノ粒子 (MEK-AC-2140Z, 直径 14 nm, 日産化学) を異なる導入量で添加した。AC10 では粒子含有量 60 wt%までは流動性を示した。一方、MC10 では AC10 の場合よりも低い粒子含有量で粘度が増加し、含有量 15 wt%で流動性を失った。シリカナノ粒子表面のメタクリロイル基と MC10 末端のメタクリロイル基間の強い分子間相互作用により、低い粒子含有量でバルク粘度の増加が生じたと考えた。

粒子含有量 0 wt%と 60 wt%の AC10 を主剤とした膜厚約 4 μm の光硬化膜をシリカ基板上に作製し、力学強度をナノインデントにより評価した (図 2)。表面修飾シリカナノ粒子の導入によりヤング率が 1.6 GPa から 4.4 GPa に増加し、ポリイミドと同等の値となった。当日はこの材料から成る複製モールドの作製や連続成形性についても報告する。

[1] 伊東駿也 他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 20p-B401-5 (2018).

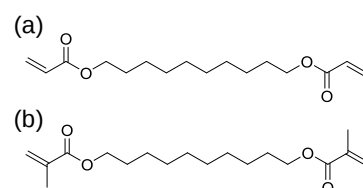


Fig. 1. Chemical structures of (a) AC10 and (b) MC10.

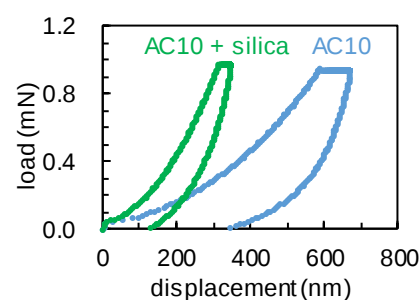


Fig. 2. Load as a function of displacement for AC10-based resins with and without silica nanoparticles.