

UV ナノインプリントの繰返し離型における添加剤の耐久性評価

Study on the effect of additives in repeated UV nanoimprint demolding

○伊吉 就三^{1,2}, 岡田 真^{1,2}, 春山 雄一^{1,2}, 松井 真二^{1,2}, 中川 勝^{2,3}, 廣島 洋^{2,4}Univ. of Hyogo¹, JST-CREST², Tohoku Univ.³, AIST⁴○Shuso Iyoshi^{1,2}, Makoto Okada^{1,2}, Yuichi Haruyama^{1,2}, Shinji Matsusi^{1,2}, Masaru Nakagawa^{2,3}, Hiroshi Hiroshima^{2,4}

E-mail: s-iyoshi@lasti.u-hyogo.ac.jp

UV ナノインプリントの離型問題は工業化における重要な課題である。これまで、モールド離型剤、内部添加剤あるいは雰囲気ガス等様々な解決策が提案されてきているが、工業化に向けた連続インプリントにおけるモールド離型剤の耐久性についての検討はあまり行なわれていない。我々は、自動的に且つ連続的に UV ナノインプリントが可能なステップ&レピート UV ナノインプリント装置 (以下 S&R 装置) を用いて、離型剤の耐久性を検証すると共に 1 万回以上の UV ナノインプリントを、モールドの交換無く行う手段を探索する。S&R 装置にはインプリントヘッドにロードセルを装着しており、離型時の離型力が測定可能である。また、モールドは 6x6mm 角の合成石英を使用し、6 インチのシリコンウエハー上の全インプリント (225 ステップ) が終了する毎にモールドを外してモールド表面の水接触角を測定し、離型膜の劣化の程度を調べた。本試験では 4 種類の異なる特性を有するフッ素系界面活性剤 (いずれも DIC 社製) を用いて連続 UV ナノインプリントを実施し、その耐久性を比較した。使用した添加剤の種類および特性を Table 1 に示す。また、添加量は樹脂 100 部に対して添加剤 1 部とした。UV 硬化樹脂は C-TGC-02 (東洋合成社製)、モールド用離型剤は FAS-13 (tridecafluoro-1,1,2,2-tetra-hydrooctyl)trimethoxysilane、GELEST 社)を使用した。また、インプリントは PFP (pentafluoropropane) ガス雰囲気下で行った。

その結果、Fig. 1 に示す様に、添加剤の構造、レジストとの相溶性、及び反応性官能基の有無が離型層のモールド耐久性に大きく影響することが分かった。レジストとの相溶性が最も低い F-554 が最も耐久性に優れ、約 6500 回の連続インプリントに成功した。また、最も効果の低い添加剤は、反応性官能基を有する RS-72-K で耐久性は約 2000 回に留まった。フッ素系添加剤は、インプリント工程時にレジスト表面に編析し離型時の衝撃を緩和し、モールド離型層の耐久性向上に寄与することが知られているが、レジストとの相溶性が低いと編析効果が高まると推定される。また、反応性基を有する添加剤は、UV 効果時にレジスト骨格に組み込まれるため、編析効果が低いと推定される。F-444 は連続インプリント回数が約 4000 回と F-554 に比べて劣るが、1300-3000 回にかけて水接触角の低下が殆ど見られないという傾向を示した。これは要因の解析にもよるが、F-444 の使用方法によりさらにモールド離型層の耐久性向上の可能性を示唆するものである。

講演では、さらなる添加剤の検討による離型層の耐久性延長効果について詳細を報告する。

Product Number	Structure	Ionicity	Active Ingredient	Appearance (25°C)	Compatibility with C-TGC-02
F-444	Perfluoroalkylethylene oxide adduct	Nonionic	100	Liquid	Transparent
F-477	Oligomer with fluoro, hydrophilic and lipophilic group	Nonionic	100	Liquid	Slightly cloudy
F-554	Oligomer with fluoro and lipophilic group	Nonionic	100	Viscous liquid	Cloudy
RS-72-K	Oligomer with fluoro, hydrophilic, lipophilic and UV-reactive group	Nonionic	30	Liquid	Transparent

Table 1 Property of fluorosurfactant

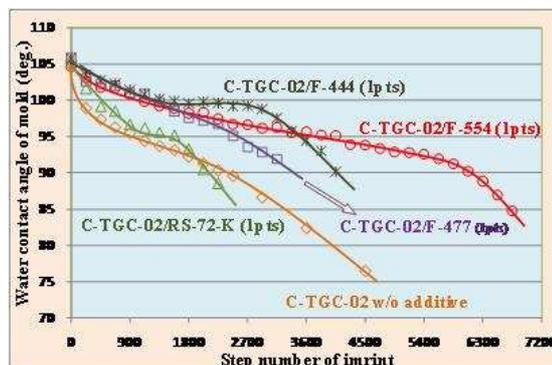


Fig. 1 Water contact angle of mold against imprint step number