

【新商品・新技術紹介】

エキシマ有機物洗浄装置「EXC-1201-DN」

株式会社デアネヒステ 代表取締役 中尾 正史*
E-mail:nakao.masashi@dernaechste.com

エキシマ光により有機物の分解・燃焼除去が可能なことはよく知られている。弊社がウシオ電機との共同研究をもとにして、インプリント用モールドを洗浄再生することに特化して開発したエキシマ有機物洗浄装置について紹介する。

インプリント技術は次世代リソグラフィの一つになると期待され、にわかに注目されてきている。インプリント用モールドは繰り返し使われる事により、表面の凹凸形状の中にレジストの残滓や細かいゴミなどが蓄積されて、パタン転写に影響を及ぼすようになるが、これまで有用な洗浄手段がなかった。弊社は真空紫外光 (vacuum ultraviolet: VUV, $\lambda = 172\text{nm}$) に着目し、特に酸素雰囲気濃度を制御することにより、効果的なモールド洗浄装置を開発し、モールドの再生を可能にした。

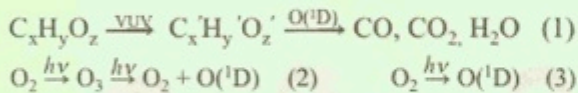


図 1. エキシマ洗浄装置

VUVによる有機物の洗浄メカニズムは式(1)に示したような2段階で行われる¹⁾。第一段階ではVUV照射により化学結合が切れて、有機物の部分的な分解が起こる。さらに(2)及び(3)式で発生した一重項酸素により分解された有機物が燃やされて、主には二酸化炭素と水となり、最終的には大気中に放出される。UVオゾン洗浄も同様なプロセスで洗浄が行われるが、一重項酸素の発生は(2)式のみでしか行われず、VUVと比較すると10分の1程度の発生量でしかない。それ故に洗浄効果もVUVの方がUVの10倍程度になる事が、別途行った比較実験で明らかにされている。

図1にVUV洗浄装置の写真を示す。VUV光源はXe励起ダイマー型のいわゆるエキシマランプで、波長172nm、出力10mW/cm²である。この波長は反応式(1)~(3)に示したように効率の良い有機物の分解と一重項酸素の発生を行うのに適している。この装置では主に次の4つのパラメーターが変更されるようになっている。照射時間 (t_{VUV})、基板温度 (T_{sub})、試料室の酸素濃度温度 (c_o)、光源から試料までの距離 (d_{rd})、の4因子である。装置開発に関する一連の報告²⁻⁴⁾の中から興味ある結果を次に述べる。

各種レジストに対するVUVのエッチング(アッシング)結果を図2に示す。インプリント用レジストとして、PAK(UV用)とPMMA(熱用)、及び電子ビーム描画用のZEP、フォトレジストのAZを選び、照射条件は $T_{sub}=25^\circ\text{C}$ 、 $t_{VUV}=3\text{min}$ 、 $c_o=20.9\%$ 、 $d_{rd}=3\text{mm}$ とした。エッチングレートはPMMA、PAK、ZEP、AZの順に、それぞれ29.4、17.0、9.2、3.2nm/minであった。照射距離に近いほど、また基板温度が高いほど、エッチング量は増大する。最も興味あるのは酸素濃度である。図3にはZEPとPMMAのVUVによるエッチング量の酸素濃度依存性を示した。照射条件は $T_{sub}=50^\circ\text{C}$ 、 $d_{rd}=3\text{mm}$ 、 $t_{VUV}=3\text{min}$ である。いずれも8%付近でピーク値を示した。このピークの理由は基板表面の酸素濃度及びVUV照射による一重項酸素の発生量を考慮すると理解できる。すなわち、酸素濃度が増加するにつれて、基板表面近傍で発生する一重項酸素も増加し、それに基づくエッチング効果も大きくなる。しかし酸素濃度が増えすぎるとVUVは光源近くで吸収されるため基板表面近傍に到達する光量が減少し、有効な一重項酸素の濃度も減少する。結果として、照射距離が3mmの場合、酸素濃度8%付近で効果

が最大になる。

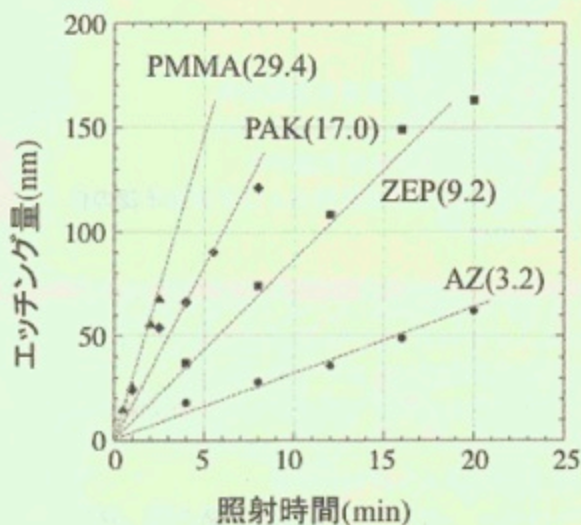


図2. 各種レジストのエキシマによるエッチング

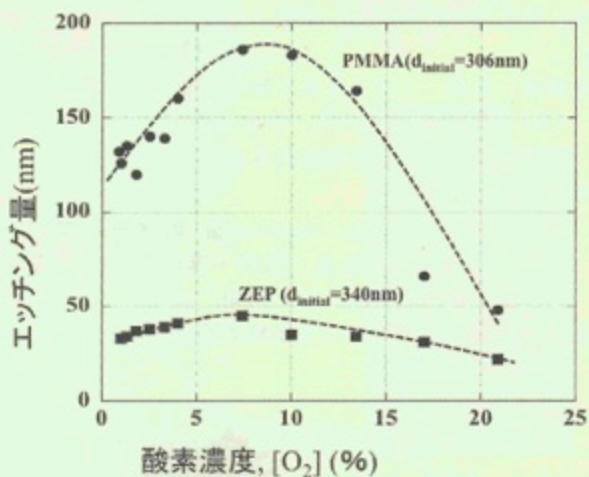


図3. VUVによるエッチング量の酸素濃度依存性

図4にUVインプリント用の石英モールドと熱インプリント用のNi電鍍を、照射条件がそれぞれ $T_{sub}=25^{\circ}\text{C}$ 、 $t_{VUV}=10\text{min}$ 、 $c_o=20.9\%$ 、 $d_{FD}=2\text{mm}$ 、及び $T_{sub}=150^{\circ}\text{C}$ 、 $t_{VUV}=300\text{min}$ 、 $c_o=8\%$ 、 $d_{FD}=2\text{mm}$ で洗浄した例を照射前後の顕微鏡写真で示した。照射後にはほぼ完全な樹脂の除去が確認され、引き続きインプリント転写用として用いることが出来た。

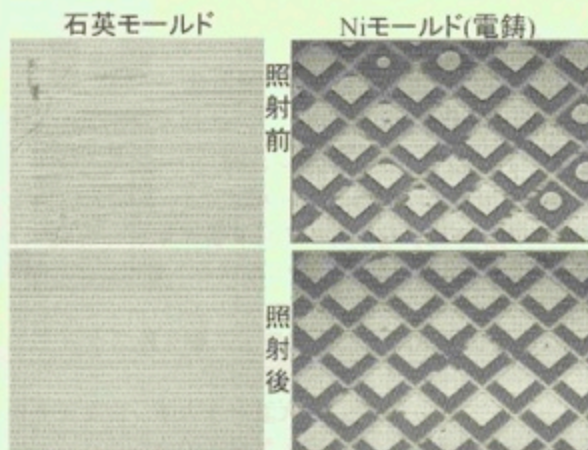


図4. VUV照射前後のモールドの顕微鏡写真

最近の環境重視の風潮により、洗浄後の廃液処理にコストのかかる酸・アルカリや有機溶媒による湿式的な洗浄と比較して、本技術による乾式洗浄は基本的には燃やされ、無害なガスとなるために廃棄物でないクリーンな洗浄法である。環境への負担はほとんどない無公害な方法としても今後増々重要な洗浄技術となることは間違いない。

参考文献

- 1) M. Yamaguchi, T. Wallow, Y. Yamada, R. -H. Kim, J. Kye, H. J. Levinson, J. Photopolym. Sci. Technol. 21 (2008) 697.
- 2) M. Nakao, M. Yamaguchi and S. Yabu, J. Nonlinear Optical Physics & Materials, 19(2010) 773.
- 3) M. Nakao, M. Yamaguchi and S. Yabu, Proc. SPIE 7972, (2011) 79722M.
- 4) M. Yamaguchi, M. Nakao and S. Matsuzawa, SPIE Advanced Lithography, 7972(2011) 49.

兼務：独立行政法人情報研究機構主任研究員
(nakao_masashi@nict.go.jp)

