



光リソグラフィ解像度を超えるナノインプリント技術と半導体デバイスへの応用

キオクシア株式会社
小森基史

1. はじめに

近年IoT, 5G, 自動運転など半導体応用分野は急成長をしており, ますます大容量・高性能化が求められることが予想される。この大容量・高性能化に対応する形で, 半導体デバイスの微細化が進められてきた。この半導体デバイスの微細化に伴い, これまで光リソグラフィプロセス開発はレーリーの式に基づき露光波長の短波長化と露光装置の投影レンズのNA (Numerical Aperture : 開口数) の拡大を進めてきた。近年さらなる微細化の要求に対応するために, 13.5 nm 等の極端紫外光光源 (EUV) と反射光学系を有するEUV露光装置が半導体デバイスの量産への適用が検討されているが, 露光装置の大型化, またそのコストが高騰化しており, 半導体プロセスコストでリソグラフィコストは大きな割合を占めている。また光リソグラフィは, すでに光学的な解像度に限界が来ており, この問題に対し各半導体デバイスメーカーは既存の液浸露光装置 (NA1.35, ArFエキシマレーザ光源波長193 nm) を用いて, 複数回のリソグラフィと加工工程を組み合わせたマルチパターンニングプロセス (SADP, SAQP 等) により微細化を進めている。しかしながら, マルチパターンニングプロセスは工程数が増加し, この手法においてもプロセスコストの増大は避けられない。微細化と低コスト化が可能で, 実用化に近いリソグラフィプロセスとしてナノインプリントリソグラフィ (nanoimprint lithography) プロセスの開発が進められている。本稿では実際に半導体デバイス製造に適用するためのナノインプリント技術を紹介する。

ナノインプリントは光リソグラフィやEUVリソグラフィで採用されている投影レンズ光学系やミラー光学系で縮小転写する技術ではなく, テンプレートを直接接触させることにより, 等倍転写する技術である。従って, 基本的にその転写性能はテンプレート品質に依存するところが大きい, 光リソグラフィのように投影光学系がないため, 像性能に寄与するレンズ収差誤差の影響を考慮しなくても良いメリットがあり, また装置を簡素化できるので低コスト装置を実現できる。

2. ナノインプリントリソグラフィとは

ナノインプリントリソグラフィ (nanoimprint lithography, 以下 NIL) はそのシンプルな装置構成及びプロセスフローから先に述べたように低コスト化と微細化を両立する技術として期待されている。本技術は, 1995年にプリンストン大学の Chou 教授が熱可塑性樹脂を用いた熱インプリントで 10nm のレジストパターンの形成¹⁾を報告している。また半導体デバイスに適用可能な技術として 2000年にテキサス大学の Willson 教授が光硬化樹脂を用いた光ナノインプリント技術²⁾を報告している。その後 2003年以降 ITRS (International Technology of Semiconductors : 国際半導体技術ロードマップ) に次世代リソグラフィ技術として登場し, 半導体デバイスへの応用の研究が本格的にスタートした。ここでインクジェット方式光 NIL 技術のプロセスフローを紹介する。

図1にインクジェット方式光NILのパターン形成フローを示す。まずStep1にて, 基板上の回路パターンを形成する領域にインクジェットディスペンサより光硬化樹脂 (レジスト) を滴下し, その後Step2