

部品作製のように、モールドと基板間の位置合わせがそれほど厳しくなく、単層インプリントのみで済むデバイス作製に有用である。

UVナノインプリントは、室温プロセスで、石英基板表面にパターンの凹凸をつけた透明モールドを用いる。低粘性の光硬化樹脂をレジストとして用いているため、石英モールドのレジストへのプレス圧は、熱ナノインプリントが5～10MPaであるのに対して、0.1MPa以下と極めて小さい。これらの特徴のために、位置合わせ精度および重ね合わせ精度は基本的に現状の光ステップと同程度であると期待できる。パターン転写には紫外光が用いられるが、その解像度は光の波長に依存せず、石英モールドのパターンサイズにより決まる。

このように、UVナノインプリントは、パターン転写精度、解像度を共に満足する技術であり、半導体デバイス製造への適用が期待される。2003年のITRSのリソグラフィロードマップから、32nmノードのリソグラフィツールとしてナノインプリントがEUV、EPLと共に掲載されている。

1.5.1 熱ナノインプリント技術

Chou教授らによるナノインプリントでは、熱可塑性樹脂のPMMA（ポリメタクリル酸メチル：ガラス転移温度（ T_g ）105℃）を基板に塗布し、PMMAポリマー層のガラス転移温度以上に昇温して、ポリマーを液状とする。その後、モールド（Si

基板、または SiO_2/Si 基板の SiO_2 層にパターン形成）をプレスし、ガラス転移温度以下に冷却後、モールドと基板の引き離しを行う。この方式が熱ナノインプリントである^{5,6)}。

転写パターンを作製するプロセスを図1.5.2に示す。シリコン基板にレジスト（PMMA）を塗布する。レジスト（PMMA）を塗布した基板（シリコン）を120～150℃まで加熱してレジストを軟化させる。モールドをレジストに接触させて10～15MPaで加圧することにより、レジストを変形させる。プレスした状態を保ちつつ、基板温度を冷却しレジストを硬化させ、モールドの凹凸をレジストに転写する。PMMAが充分硬化したらモールドを離す。このとき、モールドの凸部に相当する部分が、シリコン基板上に薄い残膜として残る。酸素の反応性イオンエッチング（Reactive Ion Etching; RIE）で残膜のレジストを除去し、基板表面を出す。

その後、レジスト膜をマスクとしてエッチングを行ったり、Al等のリフトオフを行う。

Chou教授らの実験により、10nm以下の転写が可能なが示され、本技術自体には解像度限界が無く、解像度はモールドの作製精度によって決まることが実証された。現状のフォトマスクと同様に、モールドさえ入手できれば、従来のフォトリソグラフィより簡便に、遥かに安価な装置により、極微細構造が形成できる。図1.5.3にSi基板上の SiO_2/Si モールドを用いて、熱ナノインプリントされた10nmのPMMA転写パターンを示す。このように、10nm以下の解像度パターンが実証されている⁶⁾。

以上のように、熱サイクルインプリントは、簡便な装置で、大面積に10nmオーダの構造を形成でき

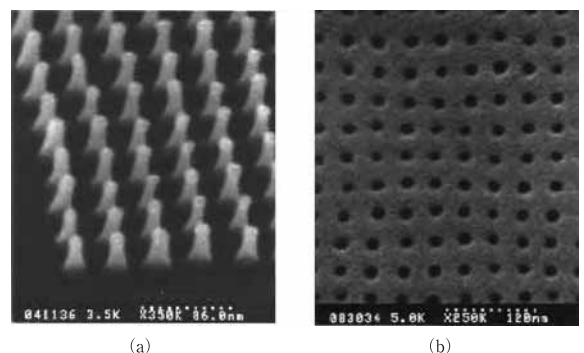
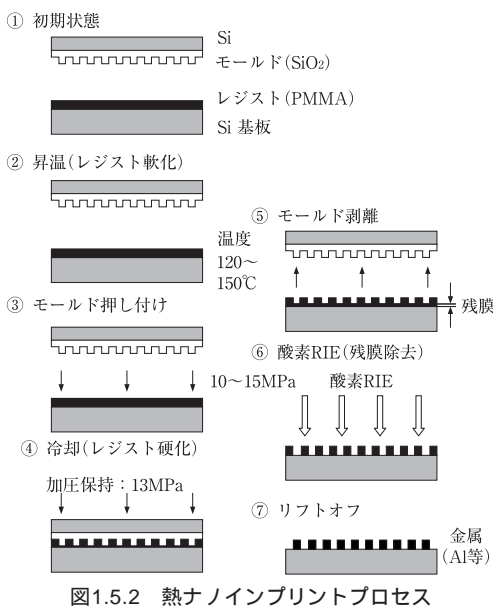


図1.5.3 熱ナノインプリントで使用された (a) SiO_2/Si モールド (直径:10nm, 高さ:60nm) パターンと (b) PMMAへ転写された10nm直径ホールパターン⁶⁾