

ドライプロセスによるナノ構造作製技術の開発

加工技術課 小幡 勤*1 評価技術課 丹保浩行

1. 緒言

ナノインプリントは、熱による加圧成形や UV 硬化樹脂を用いた技術が一般的となっている。本研究では、ドライプロセスを使ってレプリカモールド上に樹脂膜（パリレン）を直接重合させることで所望の微細形状を得ることができ、また作製した微細構造を対象とする基板へ転写することで、新しい機能を有したデバイスや樹脂モールドを形成することを目的としている。

2. 実験方法

2.1 ドライプロセスの検討

ナノ構造をボイドなどの不良なくコピーするためには、金型に対しコンフォーマルに成膜される材料や工程が必要になる。そこで本開発では、室温でのケミカルドライプロセスでかつ角部なども均一に形成可能なパリレン樹脂を採用した。これによりウエットなレジストのキャピラリフォースに頼る UV ナノインプリントや材料への押し込み加工である熱インプリントよりもモールド形状を正確にコピーすることができることが期待される。

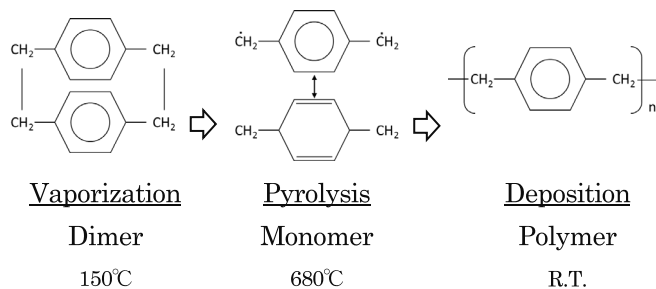


Fig. 1 Deposition process of Parylene Process

テストに使用するマスターモールドは、サブミクロンの L&S が含まれるフォトマスクを利用し、これとマザーモールドとなるシクロオレフィンポリマーフィルムを重ねて、180°C で加圧成形した。これにより数百 nm のパターンと 80nm の深さのフィルムモールドが得られた。

続いて作製した金型上に約 1.5~3 μm の厚さでパリレン樹脂を成膜した。パリレン樹脂の成膜工程については Fig. 1 に示す。膜厚は投入されるポリクロロパラキシレン量により調整可能であり、その関係は Fig. 2 のようになる。注意する点として、マザーの表面を清浄にしておかないと成膜したパリレンが白化することがあるため、前処理として洗浄が必要である。

2.2 超薄膜パリレン樹脂の離型

フィルムモールドへ成膜されたパリレン膜は、そのま

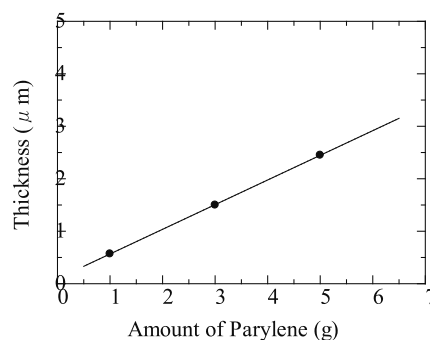


Fig. 2 Parylene thickness

までは離型抵抗が大きく、離型分離が困難である。そこで、フィルムモールドとパリレン樹脂の熱膨張差を利用し、低温の離型処理を取り入れた。それにより 2 μm 以下の超薄膜フィルムであっても、容易に離型することが可能になった。

3. 超薄膜パリレン樹脂膜の転写

インプリントリソグラフィや、デバイス上で微細構造を利用するには、マザーモールド上に成膜されたフィルムを移載・転写する必要がある。しかしながら、パリレン樹脂は潤滑性があるため、通常接着による転写は困難である。本研究では、酸素プラズマを利用して接着面となるパリレン表面に官能基を生成し、それにより接着性を向上することを試みた。接着層は PDMS 樹脂及び UV 硬化樹脂を用いた。PDMS 樹脂への貼り付けについては、Fig. 3 に示す構造とし、インプリントリソグラフィに対応する構造とした。まずガラス上に形成した PDMS 層に表面改質したパリレン膜を貼り付けたが、接着力が弱くマザーからパリレン膜を離型することができなかった。また、硬化前の PDMS 樹脂上にマザーに成膜したパリレンを載せ、硬化後に離型を試みたが、パリレン膜と PDMS との接着は十分な強度が得られるもののマザーからパリレン膜の離型が不可能になった。これは、PDMS 硬化時の収縮などによりマザーへストレスが発生、それによりパリレン膜が締め付けられるような形になったものと思われる。そこで、PDMS とパリレン膜の接着について再検討し、接着性と離型容易性を向上する条件を見いだした。これにより、十分な接着強度と低い離型抵抗を実現することができ、1 μm 厚程度のパリレン膜もダメージなく離型することが可能になった。

*1 現 商工企画課

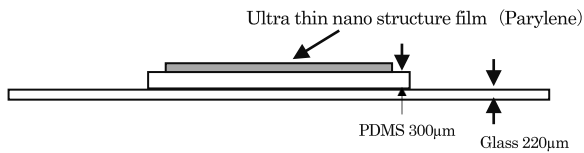


Fig. 3 Schematic of a Parylene Stamp

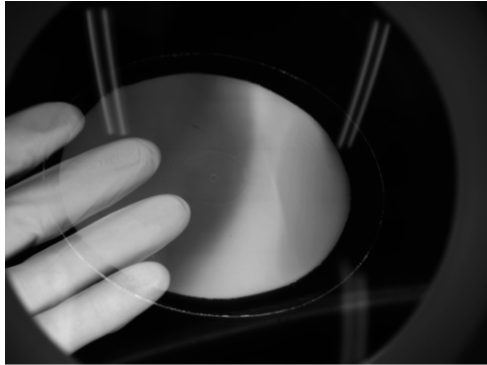


Fig. 4 Parylene Stamp made via our process

4. ナノインプリント用スタンプの作製

Fig. 3 は、本技術を用いて作製したナノインプリント用スタンプの構造である。紫外線を透過する薄いガラスの上に緩衝層と接着層を兼ねる PDMS を有し、その上に表面にナノ構造が形成されたパリレン膜が形成されている。マザー（パターン領域 $\phi 120\text{mm}$ 、ナノピラー $\phi 230\text{nm} \times$ 高さ 200nm ）に成膜されたパリレン膜は、離型処理の後、性状が最適化された PDMS にスキージで貼り付け、 50°C で熱処理をする。1 時間以上放置後、マザーをゆっくりと剥離すると、スタンプ最上面にナノ構造が形成される。作製したスタンプを Fig. 4 に示す。また、PDMS を UV 硬化樹脂へ変更すると、デバイスへのウエハーレベルで

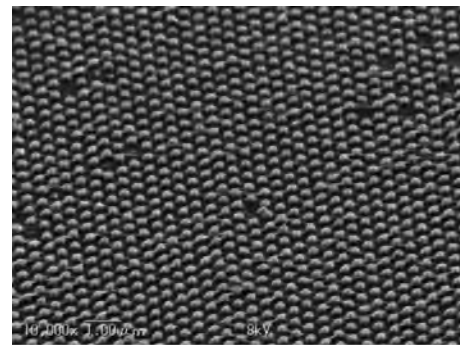


Fig.5 UV Imprint using Parylene stamp

のナノ構造付加も可能である。形成されたナノ構造はフォトリソグラフィによるパターン化も可能であり、光を取り扱うデバイスにおいて従来の多層膜フィルタ構造からナノ構造フィルタへの転換も実現できる。

作製したスタンプを用いて、UV 硬化樹脂へのインプリントリソグラフィも行った。Fig. 5 はシリコン基板上に 100nm の厚さで形成した UV 硬化樹脂へインプリントした結果である。一部欠損や残渣が見られるが、マザーの汚れによるパリレン膜の白化が転写されたものである。

5. 結言

ドライプロセスを用いて、微細構造を作製しアプリケーションへ転写する技術開発を行った。パリレンを用いた微細構造超薄膜は、安価なマザーモールドから繰り返し複製することが可能であり、また低い離型抵抗と接着技術により、歩留まりよく複製スタンプ等の形成を実現することができた。

キーワード インプリント、ドライプロセス、パリレン、転写

Development of Nanostructure Fabrication Technique by Dry Process

Processing Technology Section; Tsutomu OBATA, Evaluation Engineering Section; Hiroyuki TAMBO

In this study, it is possible to obtain a desired microscopic shape by directly polymerizing a resin film (Parylene) on a replica mold using a dry process, and transferring the fabricated microstructure to a target substrate, It aims to form devices and resin molds possessing new functions. Ultra thin film using parylene can be repeatedly duplicated from inexpensive mother molds and can realize the formation of duplicate stamps with high yield by low mold release resistance and bonding technique .