

10. 光圧回転体の作製と評価

浮田 宏生

10.1 フォトリソグラフィ法

図 10.1 は、フォトリソグラフィ法による羽根型光圧回転体の作製プロセスである。形状不良、不要レジスト付着などの問題を改善し、微小流路において安定かつ高速に回転し、効率的な攪拌を誘起する光ミキサーの作製を検討した。

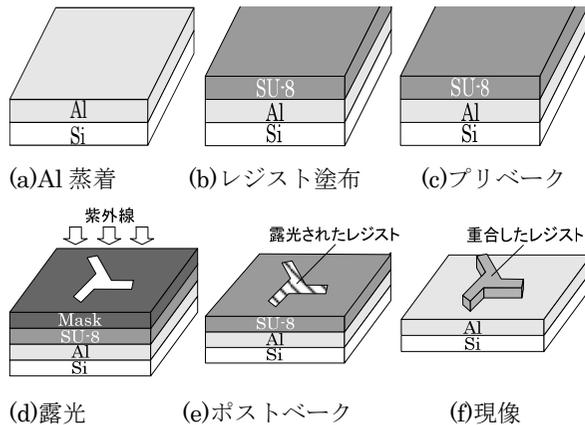


図 10.1 光圧回転体の作製プロセス

(a) 表面形状の改善

図 10.2, 図 10.3 は直径 20 μm 、厚み 10 μm の回転体作製例と作成結果である。マスクと基板の平行度や密

着度を高め、斜入射光成分を減じてエッジ部を鮮明に

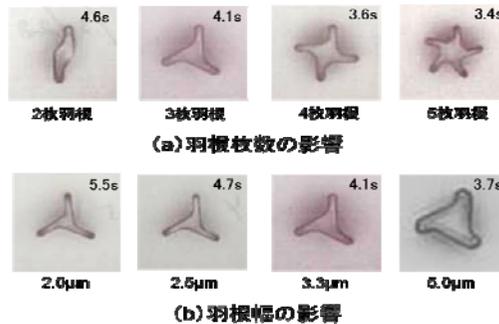


図 10.2 各種光圧回転体の作製例

する、露光時間、ベーク温度（重合強度）、剥離方法（ウエット）などを工夫した。(1)

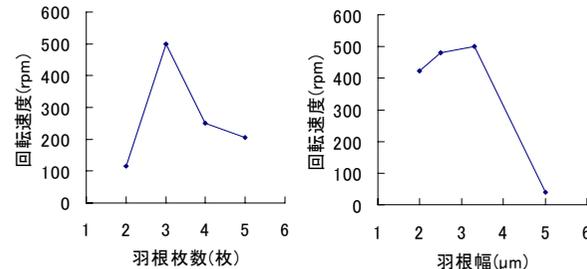


図 10.3 光ミキサーの形状と回転速度

(b) 側面垂直度の改善

側面垂直度不良は、レジスト SU8 が波長 350 nm 以下の光を吸収しやすく、表面と底面で露光量に差が生じることが原因と予想される。このため狭帯域バンドパスフィルター(365NM)を用いて作製したところ、図 10.4 に示すように側面角度はほぼ垂直になり、従来と比べて平均回転速度が約 26% 上昇した。

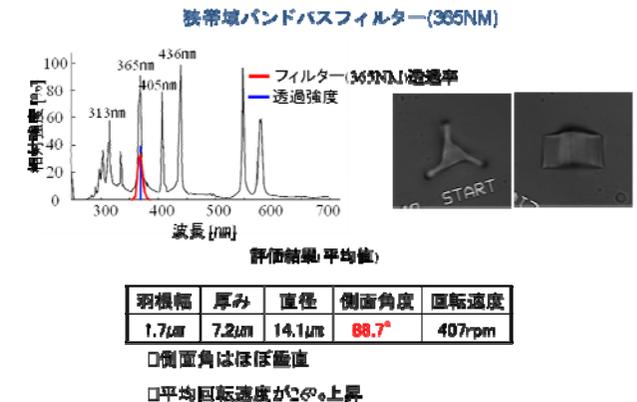


図 10.4 露光波長制限による側面垂直度の改善

この結果、図 10.5 に示すように回転速度が向上した。

(c) サイズ縮小効果

ステージ上昇後に N₂ ガスで基板を吹き上げる

10.6 方式によりマスクとレジスト間の密着を改善した。

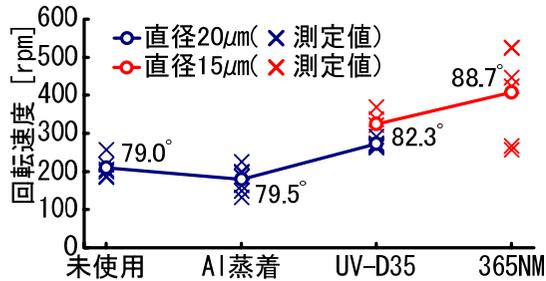


図 10.5 フィルターによる側面角度・回転速度の比較

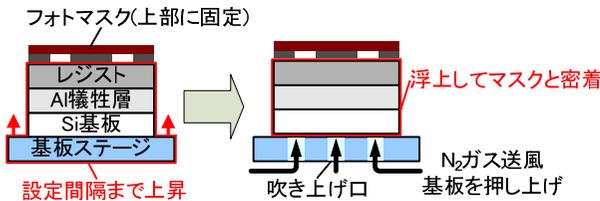


図 10.6 N₂ ガス吹き上げによる密着方式

この方式により、直径 13 μm までの縮小サイズが作製可能となった。図 10.7 に縮小サイズの作製例を示す。各サイズでレジストとマスク間の密着方式が異なる。基準サイズ (20 μm) は従来方式、直径 14 μm は新方式、直径 13 μm はマスクとレジスト間にギャップを設けた後に新方式で作製した。図 10.8 に回転速度の直径依存性を示す。縮小サイズにより回転速度の大幅向上が可能

になった (サイズの 2 乗に反比例して増大)。(2)

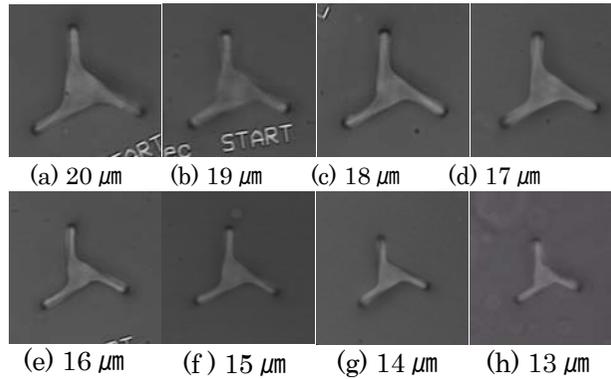


図 10.7 光ミキサーのサイズ(直径)と作製形状

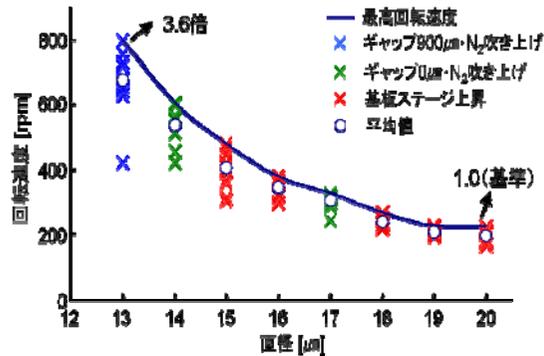


図 10.8 回転速度の直径依存性

10.2 光造形法

光造形法では、深さ方向の分解能が積層膜の厚さ、横方向の分解能が照射光のスポットサイズと露光量で決まることから、高分解能の造形には、単位積層膜の薄化と光源の改良が重要になる。以下にこれまでに提案されている高分解能光造形の比較した。

- ・ 2 光子吸収方式
- ・ スーパーIH プロセス方式
- ・ スピナ方式

スピナ方式は、遠心力で上げた厚さ数 μm の市販の可視感光樹脂を光造形することにより、深さ方向の高分解能化を図っている (図 10.9)。また、光源に市販の DVD 用光ヘッドを用い (光スポット径 1 μm 以下)、横方向の高分解能と低価格・小型を実現しています。

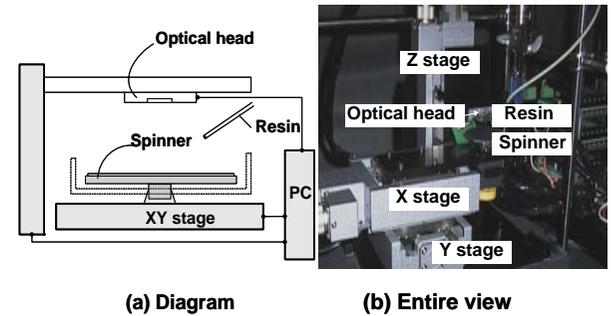
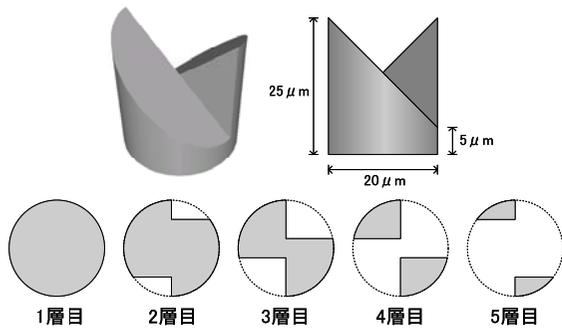
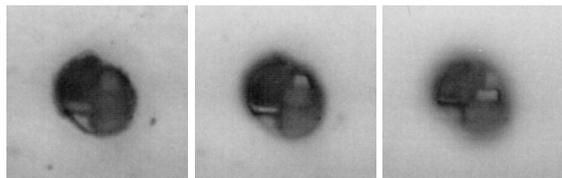


図 10.9 スピナ方式光造形法

図 10.10 はスピナ法で作製した斜面付き羽根型光圧回転体である。レーザービームの走査ピッチは $1\ \mu\text{m}$ 、斜面は層厚 $5\ \mu\text{m}$ 、5層より形成され、精密な光造形になっている。5層積上げている（全厚 $25\ \mu\text{m}$ ）にもかかわらず、層間の位置ずれがないことがわかる。



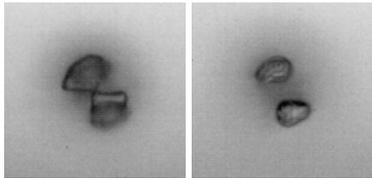
各層の断面形状



1層目

2層目

3層目



4層目

5層目

光造形結果

なお、作製光圧回転体を基板から剥離するには、

- (1)カバーガラス上に水溶性ポリマーの膜を作って犠牲層とし、光造形後、ポリマーを溶解・剥離する。水溶性ポリマーには、PGMEA にレジストの仮保護膜として使用されている PVA を 10 質量%溶かす
 - (2) アルミ膜を犠牲層とし、現像液によりアルミを溶解する
- などの手法が用いられる。

文献

- (1) 浮田宏生, 高田康作, 赤木太輔, 大西貴和, 野々原靖也: 3枚羽根光ミキサーの設計・作製と μ -TASにおける混合応用, 電気学会論文誌E, **127**, 1, pp. 25-30, 2007.
- (2) 里見一哉, 川島宏貴, 浮田宏生: 高速回転光ミキサーの作製とサイズ効果, 電気関係学会関西連合大会, G2, 3A203-6, 2010.

図 10.10 斜面付き光圧回転速度の作製実験