

次世代 LED 基板技術の開発

加工技術課 小幡勤 評価技術課 奈須野雅明

機械電子研究所 横山義之

1. 緒言

次世代照明として期待される高輝度 LED は、従来の LED 素子に対して基板となるサファイア基板表面に凹凸を設けることで輝度を向上させている。この加工を PSS (Patterned Sapphire Substrate) 加工といい、LED の発光効率を向上させる効果がある。これまでも約 2~3 μ m 程度の円錐形状などを並べることによって量子効率の向上を実現してきた。今後はさらに量子効率 20~30% の向上が求められ、さらに円錐のサイズは 200~300nm とナノの領域に突入するものと見られ、早急な技術開発が必要となっている。

本研究ではナノインプリント技術の修得に合わせて、上記ナノ構造を作製する技術開発をおこなった。

2. インプリント用スタンプの開発

2.1 ナノインプリンティング装置

本研究に利用したナノインプリンティング装置 (富山県ものづくり研究開発センター、SussMicroTec MA6 SCIL) を Fig.1 に示す。本装置の特徴は、ガラスプレート上に形成された PDMS 樹脂表面に所望形状の反転パターンを形成し、フレキシブルなスタンプとすることで大面積を一括で処理出来る SCIL 技術 (オランダ・フィリップス研究所が開発) をベースとしていることにある。本研究ではこの技術をベースにさらに利用しやすいスタンプを検討し、サファイア基板上にナノ構造を作製することを試みた。

2.2 スタンプの開発

スタンプの基本的な仕様は表 1 の通りである。ガラスは露光波長 (350nm~) での光透過率の高い SCHOTT 社 D263Teco を採用した。また、微細な転写構造は日本ゼオン製 COP フィルムに形成して、PDMS 樹脂を介してガラスに自然吸着させた。COP フィルムは、溶剤耐性、離型性に優れており、1 枚のスタンプで複数回のインプリントが可能である。

スタンプの作製手順は以下の通りである。

- ①ガラス周辺のマスクングを行い、酸素プラズマにより、クリーニングと表面改質をおこなう。
- ②約 0.5mm 厚のゴムシートをガラス両脇に固定し、ガラス上に PDMS 樹脂を流し込む。
- ③ヘラをゴムシートに渡るように置き、ガラス上の PDMS を平坦にならしていく。

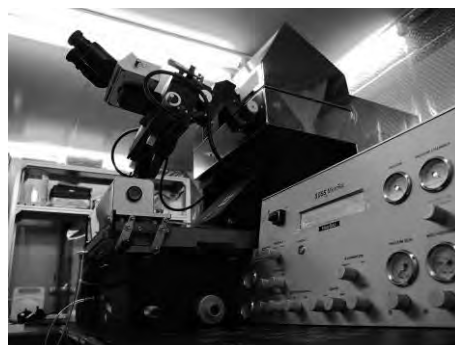


Fig. 1 Nano-Imprinting Equipment(Suss MA6SCIL)

	仕様
基板	200mm 角
緩衝層	PDMS 0.5mm 厚
パターン部	COP フィルム 0.1mm
対応ワーク	6 インチ径基板

Table1 TITC Stamp Spec.

- ④ゴムシートを取り除き、50℃のホットプレート上で一晚硬化させる。
- ⑤マスクングを取り除き、ガラス周囲にゴムシールを貼り付ける
- ⑥前処理をした COP フィルムを貼り付ける
このように作製したスタンプの写真を Fig.2 に示す。

3. インプリント実験および結果

開発したスタンプを利用して、4 インチ径サファイア基板上にナノ構造を作製することを試みた。ナノインプリント用レジストは、協立化学産業(株)製のものを利用した。レジストの塗布はスピコートにておこない、膜厚は 100~200nm 程度とした。スピコートしたレジストは、プリベークをおこなった後、直ちにインプリントをおこなった。

インプリントは空圧によってスタンプを押し込み基板に密着させている。このとき、空圧をサイドから徐々に加えていくことによって、空気がボイドとして残ることを防いでいる。加圧の強さや加圧していく速度などについては、あまり早い速度で押していくとボイドが起りやすくなるため、最適条件よりもより安全側の条件としている。

COP フィルムに形成されたナノ構造はホールである。これを基板に塗布されたレジストにタッチするとキャピ

ラリフォースによって構造内に吸い上げられ、ピラー構造を形成する。

ナノ構造を形成したサファイア基板と表面の SPM 画像を Fig.3 に示す。基板のほぼ全面においてナノピラー由来の構造色が見られる。また所々に斑点のようなものが見られるが、これはパーティクルの存在によりフィルムが基板に密着しなかった場所である。SPM による観察では、形状のきれいなピラーが並んでいる様子がわかった。このときの残膜厚は 50~70nm 程度で、さらに残膜を薄くする条件にするとピラーの形状が不完全になった。

離型後のスタンプにはレジストの残渣は見られず、10 回以上のプリントが可能であったが、レジストを 100nm 程度まで薄くしていくと残渣が生じる傾向が見られた。

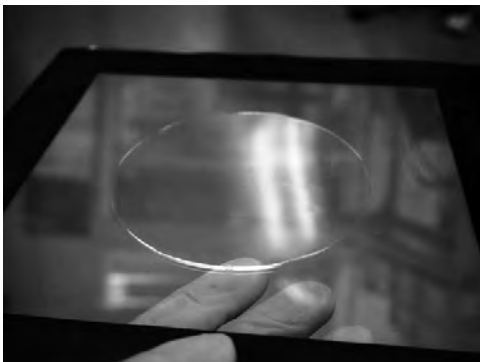


Fig.2 TITC Stamp

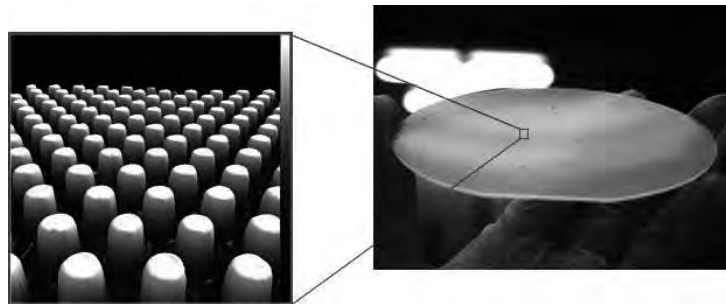


Fig.3 The pillars manufactured by our nanoimprint technology

4. 結言

ナノインプリント技術による基板へのナノ構造作製がおこなった。フィルムをベースとした新しいスタンプを開発することで、離型性やプリント性能に優れたインプリント技術を得ることができた。

今後、本スタンプを利用した基板加工技術や加飾技術を展開していく。

参考文献

Solutions for (Nano) Imprint Lithography on SUSS Mask Aligner、NanoTech2000 資料、SussMicroTech 謝 辞

終わりに本研究推進にあたり、日本ゼオン株式会社様、協立化学産業株式会社様、サムコ株式会社様の素材提供等のご協力を頂きましたことを感謝します。

キーワード ナノインプリント、LED、スタンプ、サファイア基板

Development of next-generation substrate technology for LED

Processing Technology Section; Tsutomu OBATA,

Evaluation Engineering Section; Masaaki NASUNO,

Machinery and Electronics Research Institute; Yoshiyuki YOKOYAMA

Nano-structure was formed on sapphire substrate by nano-imprint technology. The stamp for transferring the nano-patterns is consisted a COP film and PDMS on the thin glass Plate. New stamp was enabled NPSS(Nano Patterned Sapphire Substrate) development. The imprint area was 4inch diameter wafer and nano-pillar was formed across the wafer. The shape of pillars were created as a faithful replica of master stamp. By the photoresist coated with 100nm thickness, the imprint structure was 200nm height and the residual film thickness was below 70nm from pillar bottom to the substrate.