

マスクレスリソグラフィへの挑戦に 名乗りをあげるホログラフィ

英ケンブリッジ大学の研究グループによると、リソグラフィにおける次なる大きな（または小さな）挑戦はホログラムを採用してフォトマスクを廃止することのようだ。

日常的にフォトリソグラフィを利用している産業は、絶えず片方の目で未来を見据えている。デバイスサイズの縮小と部品密度の上昇が絶え間なく進んでいるということは、リソグラフィの形状を形成するためのいかなる最先端技術であろうともすぐに追い越されることを意味している。こうした産業は常にもう片方の目を純利益に向けている。これまでに、リソグラフィの資本コストに最も大きく貢献した一つがフォトマスクだ。いわゆるマスクレスリソグラフィの可能性をもたらすアプローチは、デバイス設計に一つの変化を起こすごとに、その変化の大小に関わらず、メーカーに数万ドルの経費削減を約束する。

位相ホログラムを生成する SLM

ケンブリッジ大学のフォトニクス・エレクトロニクス分子材料センターに目を向けてみよう。このセンターを拠点にして、一つの研究グループが長期にわたり計算機合成ホログラフィ分野の研究を続けてきた。このグループのアプリケーションで最も重要なことは、液晶・オン・シリコン空間光変調器（SLM）の利用である。すでに、このグループは SLM 上に計算機合成位相ホログラムを表示する方法で 3 次元（3D）ホログラフィックビデオ投影など、一連の見事なアプリケーションを実証した⁽¹⁾。

ケンブリッジグループを率いるティム・ウィルキンソン氏は、独フ福ルツハイム大学のニ尔斯・ヒュブナー氏と協同で、この同じアプローチがリソグラフィにも利用できることを証明した。

ウィルキンソン氏は、「これは基本的に同じ技術だが、われわれは 2D または 3D の大形画像を投影するのでは

なく、回折限界の特徴をもつ画像の投影を試みている」と言う。このアプローチの実証に向けて、研究グループは顕微鏡スライド上に標準フォトレジストをスピンドルコートした。光源には、ビーム品質を高めるために単一モードファイバに結合した中心波長 402 nm の垂直共振器面発光レーザを使用した。

表示されるホログラムを生成するために、試料画像（3 mm 幅のケンブリッジ大学の校章）を 20 のサブ画像に分割し、光学系を使ってそれらに約 3.5 μm の公称画素幅を割り当てた。彼らはゲルヒベルグ・サクストン位相回復アルゴリズムを使ってランダムな出発位相からホログラムを発生させ、各サブ画像に対して五つの異なる出発位相から五つの平均化位相ホログラムを生成した。

次に、ガウス分布の平坦位相ビームを、偏光ビームスプリッタを介して、平均化ホログラムを表示する SLM を通過させた。このビームはホログラフィック位相

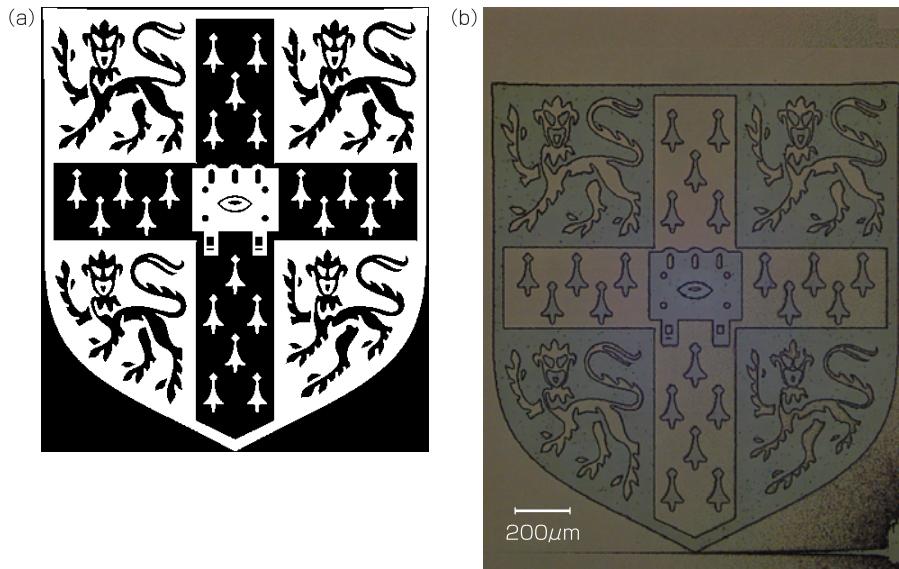


図 1 マスクレスホログラフィックリソグラフィはケンブリッジ大学の校章の白黒表示 (a) のフォトレジスト画像 (b) を生成した。（資料提供：ティム・ウィルキンソン氏）

シフトを獲得し、ビームスプリッタを通して戻され、スライド上に集光され、SLMへの画像入力に匹敵するフォトレジストパターンを生成した(図1)。

高速プロトタイピング

重要なことは、このアプローチが既存のフォトリソグラフィアアプローチに適用できることであり、そこではマスクがホログラフィック光学投影系に置き換えられる。このアプローチは、レーザまたは電子ビームを使った「直接描画」アプローチに比べて本質的に優れた並列特性を持つため、高速プロトタイピングと微細化に極めて好都合である。

ウィルキンソン氏は、「どのような回折光学部品の製造システムでも、また、プリント基板製造やマイクロ波回路などの産業でも、この技術を使うことが可能で、巨額のマスク費用を節約できるはずだ」と語っている。

原理証明実験はさらなる微細化へ移行するだろう、と彼は付け加えた。このグループは、3Dリソグラフィ用のマルチレベルパターンの作製、投影面積の拡大、さらにはその非線形性がアプローチの再現性を制限するフォトレジスト応答の最適化に向けて研究を続けている。

与えられた光学系の収差を補正するホログラムを作製すれば、回折限界に向けて解像度を高めることができる。著者らが言及しているように、レーザスピットの精密な形状を知ることによって、各パターンに対する露光面積の拡大を可能にするより精巧なホログラムの生成が可能になる⁽²⁾。

研究グループは、この技術の解像度の回折限界を越える拡張も試みる予定

だ。ウィルキンソン氏は、この技術は、「分解能を高めることではなく、安価、高速、再現性をもつシステムの作製を意図している」と付け加えた。さらに

改良されれば、このアプローチはこうした性質だけをもってしても将来のリソグラフィの有力候補になるだろう。

(Jason Palmer) IFW

ENGINEERED FOR EXTREMES

Pulsed Power – simply unbreakable

日本でのお問い合わせは
下記までご連絡ください。

株式会社ハナムラオプティクス
www.hanamuraoptics.com
sales@hanamuraoptics.com

8 アイウェーヴ株式会社
www.i-waveco.com
web@i-waveco.com

eagleyard introduces a new line of pulsed high power lasers:

- two wavelengths available @ 808 nm and 905 nm
- optical output power ranging from 8W to 80W
- pulse lengths between 200 nsec and 5 µsec with duty cycles from 0.1% to 50%
- verified to perform under extreme environmental conditions:
T_{op} from -45°C to +90°C

The product line has been qualified and devices are available for immediate order.
www.eagleyard.com

eagleyard
PHOTONICS

パワーにフォーカス

参考文献

- (1) A. Cable et al., SID International Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 35, 1431(2004).
- (2) C. Bay et al., Opt. Lett., doi:10.1364/OL.35.0