

「インチップ」デバイスにより 真の3Dシリコンフォトニクスが実現

2次元(2D)面でオンチップシリコンデバイスの製造は大きく進歩した。現在、ビルケント大(Bilkent University)と中東工科大(Middle East Technical University) (いずれもトルコ)の研究者は、ドイツ、米国の研究者と協力して、非線形レーザーソングラフィを使い、シリコン内深くに「インチップ」マイクロ構造やフォトニックデバイスを作製した。これらは、高密度の真の3Dシリコンフォトニクスを可能にするものである。

その製造技術は、体積ホログラフィックグレーティングやEUのフェムトプリント(Femtoprint)プロジェクトの「インガラス」マイクロ構造を製造する既存方法と同じに見えるかもしれない。しかし、それぞれか、レーザーと材料の相互作用における非線形フィードバックメカニ

ズムを活用することで、シリコンに同等の成果を達成するものである。研究者は、1550nm波長(この波長ではシリコンは透明)の特注ナノ秒パルスファイバレーザを使って集光させ、バルクシリコン内の任意の深さに1 μm の寸法で微細構造を制御性よく作製した。

自己組織化vs.逐次処理

ファイバレーザの各パルスは、十分に制御された光と物質の相互作用を引き起こす。これは、容積1 μm 程度の結晶構造の永続的变化に続くビーム圧潰の原因になる(図1)。これにより3D構造の作製が可能になる、しかし、そこには落とし穴がある。

10mm容量を必要とするシンプルな実世界のアプリケーションを考えると、

1 μm の点で加工すると、1点ずつで10ステップとなり、非実用的な加工時間を必要とする。このような制約を回避するには、研究者たちは、ほとんどの構造をロッドに、つまり針のような1 μm 幅のサブコンポーネントに分割できることに気づいた。しかし、レーザー伝搬方向に沿って数百ミクロン引き延ばした。これらのビルディングブロックは、素早いアセンブルが可能である。

ロッド構造を造るために、パルス伝搬中の熱的非線形性と自由キャリア誘導屈折率変化の競合効果が、ビーム焦点でシリコンの永続的局所変化を引き起こす。これには、ビームの焦点位置の反復的变化が続き、パルス毎にロッド状の構造を描き、長さ1mmまでに達する(チップの厚さによってのみ制

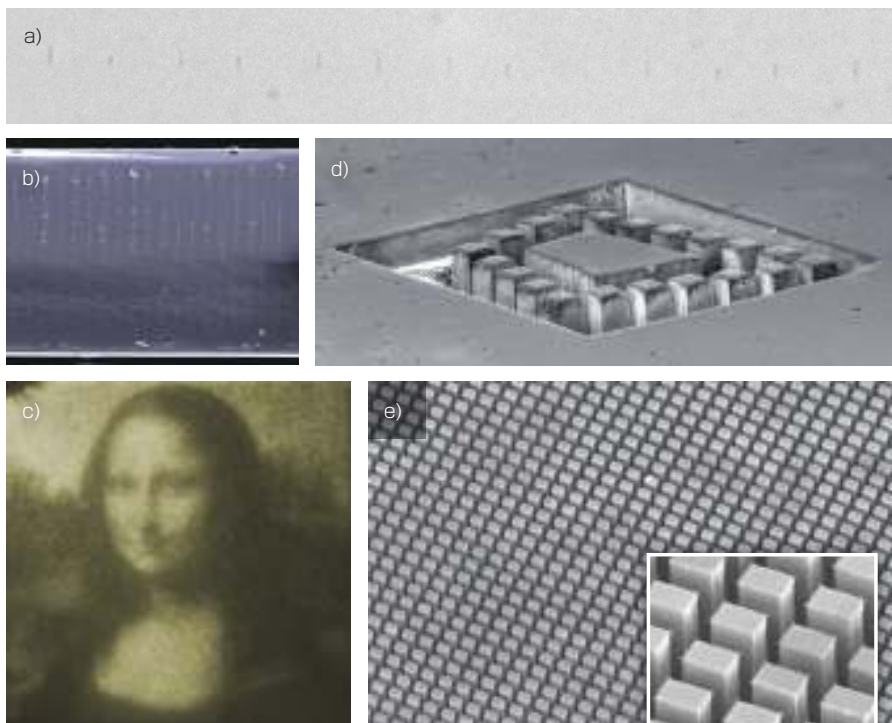


図1 1550nmパルスレーザービームはシリコンに(a)1 μm の球体構造(ボクセル)を、適用したパルス数の関数として、ビームの非線形相互作用により(b)ロッドを作製する。ボクセルとロッドを作製するためにレーザービームをスキャンすることで、600×600ピクセルホログラムのモナリザ(c)、選択的エッチング構造(dとe)などのインチップ構造が製造できる。さらにこの機能を3Dシリコンフォトニクスに拡張できる。(提供：ビルケント大と中東工科大)

限される)。このようなロッド状の構造を使うことで、レンズ、導波路、グレーティング、ホログラムのようなデバイス、フレネルゾーンプレートでさえも、数分から数時間で作製可能である。1点ずつのスキャンングであれば必要となる数年は不要である。

選択エッチング構造

インチップシリコンデバイスの作製に加えて、研究チームは他の3Dマイクロ構造の作製もできる。これには、マイクロ流体チャンネル、スルーシリコンビア、大型マイクロピラーアレイなどがある。また、酸塩基溶液を使い破壊された結晶構造を持つウエハのレーザ改質部分を選択的に除去することでシ

リコンウエハのレーザスライシングを行うことも可能である。

シリコンや他の材料の「オンチップ」デバイスの成功に触発され、チームは、新技術の略式記述として「インチップ」デバイスという用語を作成した。「われわれは、これを、非線形的なレーザと材料の相互作用に起因するフィードバック力学を利用することによって達成し、制御性よくビルディングブロックを造ることができる」とビルケント大の物理学部、論文の筆頭著者、オヌル・トケル氏 (Onur Tokel) は話している。

「どんな3D製法でも、速度、分解能、複雑さの間にトレードオフが存在する。われわれのアプローチでは、スイートスポットに的中している」と同大の物理学

部、論文の共著者、セリム・イルデイ氏 (Serim Ilday) は語っている。

論文のもう1人の共著者で、ビルケント大の電気・電子工学、物理学部のメンバー、オメル・イルデイ氏 (Ömer Ilday) は、「その方法により、まったく新しいインチップデバイス、近赤外、中赤外フォトニクスに使えるシリコンフォトニクスコンポーネントが可能になりそうだ。また、電子チップの効率的冷却に使える可能性がある、曲がったマイクロ流体チャンネルも見込みがある」と付け加えている。 (Gail Overton)

参考文献

(1) O. Tokel et al., Nat. Photonics, 11, 10, 639-645 (Oct. 2017); <http://dx.doi.org/10.1038/s41566-017-0004-4>.

LFWJ

THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS

NEW TECHSPEC®

50Å 非軸放物面ミラー

- 可視スペクトルで低散乱設計
- アルミ基板採用
- 面粗さと形状誤差を改善



TECHSPEC® 50Å 非軸放物面ミラーは、入射コリメート光を所定の角度で反射・集光し、散乱ロスが可能な限り小さくなるようにデザインされています。本ミラーは、UVや可視スペクトルでの光散乱を低減する特殊工程を用いて製造されます。低光散乱性のため、TECHSPEC® 50Å 非軸放物面ミラーはUVや可視域でのアプリケーションに最も適します。

エドモンド・オプティクス・ジャパン株式会社

〒113-0021 東京都文京区本駒込2-29-24

パシフィックスクエア千石 4F

TEL: 03-3944-6210 Email: sales@edmundoptics.jp

Edmund
optics | japan

詳しい情報はこちらへ:

www.edmundoptics.jp/058-8157