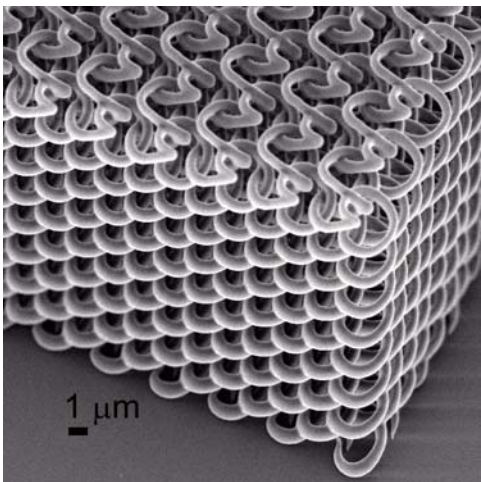


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	2. ナノ操作
中項目	2-2. 超微細加工
小項目	2-2-2. 光造形

概要（200字以内）

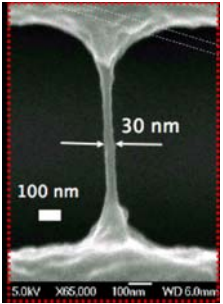
集光フェムト秒レーザーによるレジスト材料の多光子吸収を利用した3次元光造形法により種々のナノ・マイクロデバイス、またそのテンプレートの作製が可能になりつつある。右図は、本手法によって作製した円形スパイラルフォトニック結晶のSEM像である。安定なフェムト秒レーザーの開発、および機械強度が高く、光学的にも優れたレジスト材料の開発が進めば、100 nm 以下の加工分解能の達成も可能になるものと考えられる。



現状と最前線

波長 800 nm のフェムト秒レーザー光（パルス幅：100 fs 程度）を波長 400 nm 以下に吸収帯を有するネガ型レジスト材料中に集光照射すると、焦点付近に多光子吸収が生じ、空間選択的な光重合反応を誘起させることが可能になる。このような多光子重合反応は、照射レーザースポットの中でもより光強度の高い空間で誘起されるため、回折限界を超える、すなわち照射レーザーの波長以下の加工分解能を実現することができる。実際、照射波長 800 nm のフェムト秒レーザーを用いて線幅 30 nm（波長の 25 分の 1 以下）の極微細線の加工が可能であることが示されている（右図は線幅 30 nm の極微細線の SEM 像）。

このような加工技術を利用し種々のナノ・マイクロフォトニックデバイスが作製されている。しかし、現在のところ、本加工によって得られるナノ構造体の機械的強度が十分ではないため、200 nm 以下の線幅によって作製された構造体を基板上に自立させることは困難である。そのようなナノ構造体をデバイスとして用いるためには、構造体を支えるより大きな構造体を外部に



作製する必要がある。さらに、フォトニック結晶に関しては、用いる有機レジスト材料の屈折率が ~ 1.7 程度とそれほど高くないため、これらの構造をテンプレートとし、屈折率の高い無機材料をCVD法などで導入した後、テンプレートを除去して反転構造によるフォトニック結晶を作製することも行われている。

他方、上述した集光フェムト秒レーザーを用いたレジスト材料への直接描画によるナノ加工は、任意の3次元形状を自在に作製することは可能であるが、加工時間が比較的長いという短所を持つ。これをブレークスルーするために1光束のフェムト秒レーザービームを多光束に分割し、それらを干渉させてナノメートルサイズの周期構造を大面積に極めて短時間に作製する試みもなされている。

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

1. 100 nmの線幅によっても自立可能な機械的強度を有するレジスト材料の開発
2. 屈折率が2.0程度の高屈折率レジスト材料の開発

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

1. Peak-to-peakの極めて安定したフェムト秒レーザー光源の開発

キーワード

光造形、ネガ型レジスト材料、多光子吸収、フェムト秒レーザー、フォトニック結晶

(執筆者：三澤弘明)