

「三次元光デバイス高効率製造技術」プロジェクト

Ⅲ. 研究項目③三次元加工システム応用デバイス技術

(2) 三次元光回路導波路デバイス技術


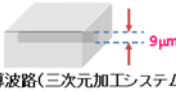



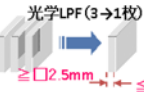

平成23年6月23日

三浦 SL

Ⅲ. 研究開発成果について (1)目標の達成度

公開

(1)個別研究開発項目の目標と達成状況

研究開発項目	最終目標	成果 / 達成度	今後の課題
①デバイス化加工用ガラス材料技術	(1)デバイス加工用ガラス材料技術共通目標	自主目標: 異質相形成メカニズムの解明、データの体系化 (異質相形成の閾値、速度やサイズのガラス材料依存性)	
	(2)三次元光学デバイス用ガラス材料技術	 異質相と母材の屈折率差 $\Delta n \geq 0.015$ 可視光領域 (400-760nm)	
	(3)三次元光回路導波路デバイス用ガラス材料技術	 直線導波路(三次元加工システムで作製) 光伝搬損失 $\leq 0.1\text{dB/cm}$ 波長 $1.55\mu\text{m}$ @Single Mode	
②三次元加工システム技術	(1)三次元加工システム技術目標	 $60\mu\text{m} \times 60\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$ 100倍以上の高速加工を実現  100個以上の球状異質相 or 棒状異質相 $\leq 10\mu\text{m}$	
	(2)波面制御三次元加工システム技術	 ホログラム 加工精度 $\leq \pm 40\text{nm}$ 設計速度 $\geq \times 10$ (従来比)	
	(3)空間光変調器三次元加工システム技術	空間光変調器: 変調速度 50Hz 光位相変調度 $\geq 2\text{mrad}$ (0~ 2π で制御可) 耐光性 $\geq 50\text{GW/cm}^2$ (100fs, 1kHz)	
③三次元加工システム応用デバイス技術	(1)三次元光学デバイス技術	 光学LPF (3→1枚) 一括描画で確認 $\geq \square 2.5\text{mm}$ $\leq 0.3\text{mm}$ 2光軸開き角 $> 0.236^\circ$ モアレ抑制の確認	
	(2)三次元光回路導波路デバイス技術	 直線導波路 光伝搬損失 $\leq 0.1\text{dB/cm}$ 波長 $1.55\mu\text{m}$ @Single Mode 3次元光カプラ: 1×16 挿入損失 $\leq 17\text{dB/cm}$ 反射減衰量 $\geq 45\text{dB}$ 波長 $1.50 \sim 1.60\mu\text{m}$	内部伝送損失が 0.1dB/cm 以下の光導波路が描画可能であることを確認。 1×16 グレーティング型分岐回路作製/○ グレーティング型分岐回路の回折ロスから最終目標と同等以上の性能が期待できるので、実装評価を行う。

目的

- ・本プロジェクトで開発する研究項目②「三次元加工システム技術」の有効性を三次元光回路デバイスを作製することで確認する。

概要

- ・ガラス中に導波路やそれらの結合した三次元光回路導波路デバイスの一例として光カプラ（スプリッタ）導波路をフェムト秒レーザー照射で作製し、本三次元加工システムが光回路デバイスの作製に有効であることを確認する。・既知の異質相形成（密度変化を利用した屈折率変化）以外に、新規構造変化の誘起が可能なガラス材料を開発する。

意義

- ・本プロジェクトの“三次元加工システム技術”の有効性を実証するために三次元光回路デバイスを作製。

具体的目標

中間達成目標

- ・波面制御法での直線導波路描画検討を行い、光伝搬損失:0.1dB/cm以下のシングルモード直線導波路が作製可能であることを実証する。同時に波面描画法の留意点や問題点の抽出を行い、三次元加工システム技術の開発へフィードバックさせる。

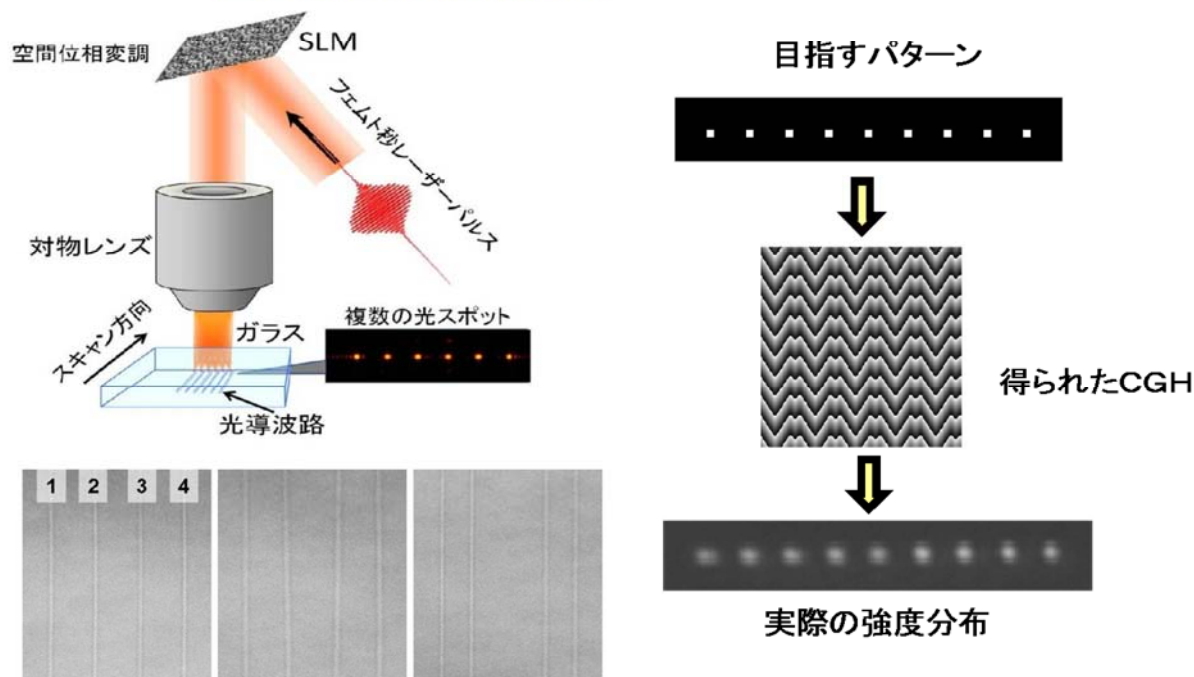
最終目標(達成)

- ・基本的な直線導波路として、シングルモードで光伝播損失:0.1dB/cm以下(導波路サイズ:直径9 μ m以下、波長:1.55 μ m)を開発する。また、本加工システムの加工機能・性能を確認するために分岐面が互いに直交した1×16の三次元光カプラ(スプリッタ)導波路について、挿入損失:17dB以下、反射減衰量:45dB以上(波長:1.50~1.60 μ m)が作製可能であることを確かめる。

最終目標に対する成果

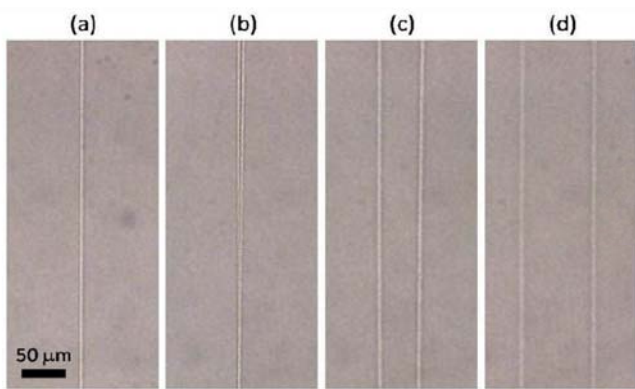
- ・ 三次元光デバイスの波面制御技術を用いた一括描画を実現するために本プロジェクトで開発(浜松ホトニクス)されたLCOS-SLMとフェムト秒レーザー加工システムとを組合せたホログラフィック三次元加工システムを構築し、シングルモードで内部伝送損失が1.55ミクロンにおいて0.1 dB/cm以下の多芯光導波路(直線)の一括描画が可能であることを確認した。**(最終目標達成)**
- ・ 上記システムにより、多芯光導波路の一括描画、2～6分岐三次元光導波路の描画、グレーティング型分岐回路の描画が可能であることを確認した。
- ・ 分岐ロスとなる0次光を入射光の3%以下に抑えることに成功し、導波路型分岐回路にて設定した最終達成目標と同等以上の特性を有するグレーティング型1×16分岐回路の描画が可能であることを確認した。**(最終目標達成)**

低損失多芯光導波路の一括描画技術の開発



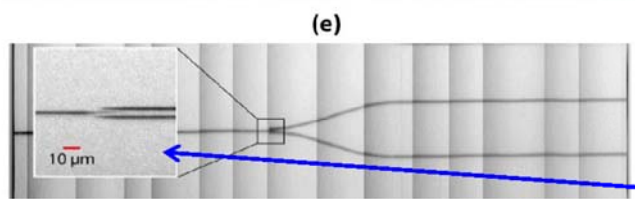
ホログラフィック二次元加工システム構築により多芯光導波路の一括描画が可能

Y分岐光導波路の一括描画技術の開発



本プロジェクトで得られた1x4分岐導波路
 (a)直線領域 (b)分岐領域
 (c)分離領域 (d)分岐後の直線領域

分岐部分が滑らかに変化

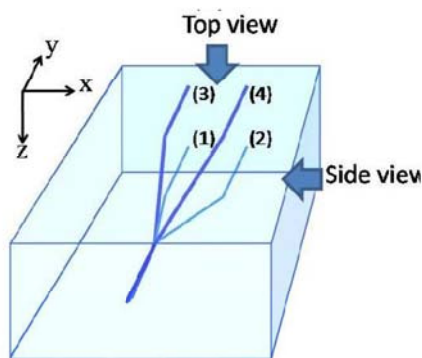
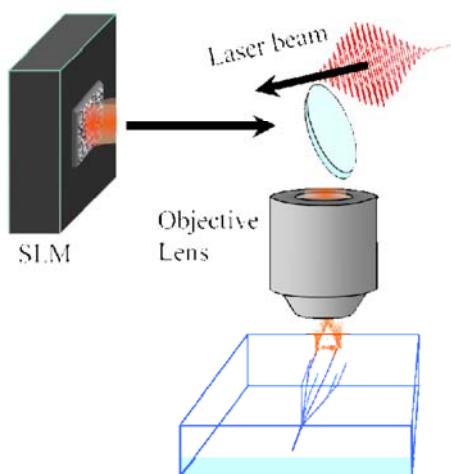


(e) PospiechらによるY分岐導波路

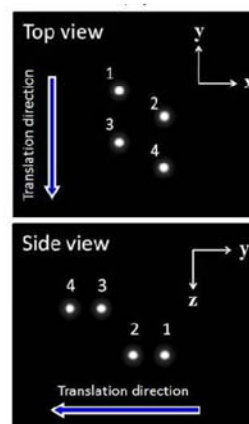
分岐部分が途切れている

CGH切り替えによる集光スポットの位置変化を最小限に抑える計算手法の確立

三次元分岐光導波路の一括描画技術の開発



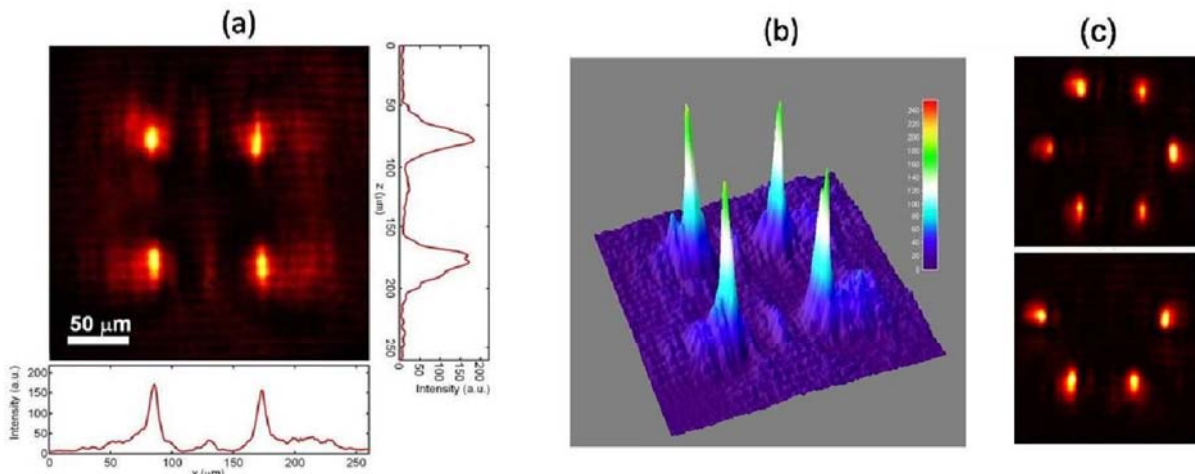
描画した1x4分岐導波路の構造



1x4分岐導波路を描画する場合の集光スポット位置

集光スポットを三次元的に変化させることで三次元分岐導波路の一括描画が可能

三次元分岐光導波路の一括描画技術の開発

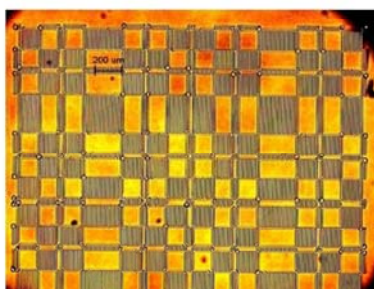


(a)、(b) 1x4分岐導波路からの出射パターン

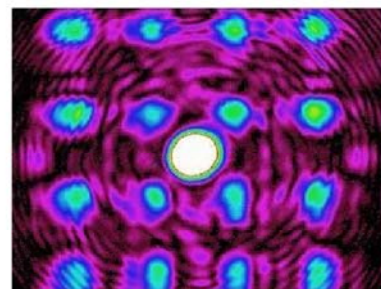
(c)各種三次元分岐導波路の例

ホログラフィックレーザー加工による三次元分岐光導波路描画技術の確立

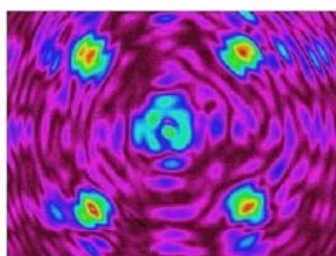
グレーティング(ダンマン)型1×16分岐光デバイスの開発



ガラス内部に描画した
1×16分岐グレーティング



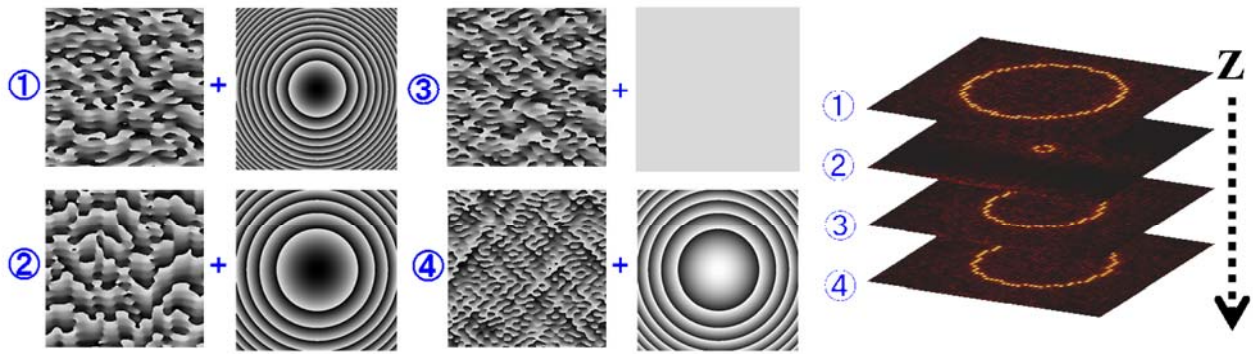
1層描画(位相差: 0.6π)による16分岐パターン
0次光: 入射光強度の50%



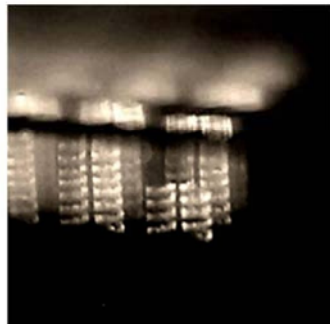
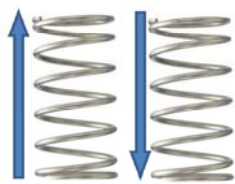
3層描画(位相差: π)による16分岐パターン
(中央4分岐を拡大)
0次光: 入射光強度の3%

三次元ホログラフィックレーザー加工によるダンマン型光分岐回路描画技術の確立

三次元立体光構造のホログラフィックレーザー描画技術を開発



フレネルレンズを加えたCGHによりZ軸を制御



三次元ホログラフィック
レーザー加工技術の確立



透明材料内部への様々な
三次元構造体の形成

参考