

# 「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目標

### (3) 三次元光回路導波路デバイス用ガラス材料技術



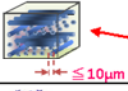



平成23年6月23日

# 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)	メカニズム解明、異質相形成の材料依存性を確認/◎	新規異質相(元素分布形成等)の可能性探索
	(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) 9μm	光伝搬損失 $\leq 0.1 \text{ dB/cm}$ 波長 1.55μm @ Single Mode	多点一括描画光導波路において 0.1 dB/cm 以下の光導波路描画が可能である材料を選定/◎
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	60μm × 60μm × 60μm  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) $\geq \square 2.5 \text{ mm}$ → $\leq 0.3 \text{ mm}$	一括描画で確認 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 9μm	光伝搬損失 $\leq 0.1 \text{ dB/cm}$ 波長 1.55μm @ Single Mode	三次元光クラ: 1×16 挿入損失 $\leq 17 \text{ dB/cm}$ 反射減衰量 $\geq 45 \text{ dB}$ 波長 1.50~1.60μm

## 目 的

- ・三次元光デバイス一括加工用ガラス材料の開発に必要な基礎検討。
- ・新規異質相(局所構造改質)が発現可能なガラス材料の開発。
- ・三次元光回路デバイスの基本ユニットである光導波路と、その応用として三次元光分岐回路を想定し、この実現に必要なデバイス用ガラス材料を開発する。

## 概 要

- ・ガラス内部へのフェムト秒レーザー集光照射における異質相(屈折率変化)形成メカニズムを解明する。
- ・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。
- ・“デバイス化加工用ガラス材料技術(共通目標)”で得られた知見をもとに、構造破壊(空洞化、クラック発生、粗密化等)を起こすことなく高屈折率化が可能な材料を探索する。

## 意 義

- ・光回路デバイス作製に適したガラス材料の開発やレーザー照射条件・一括加工方法の最適化をアシストする。
- ・三次元光デバイスの材料からみた新しい可能性の探索。
- ・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の三次元光導波路用ガラスの開発。

事業原簿 67頁

3/10

## 具体的目標

### 中間達成目標

- ・レーザー照射条件(パルスエネルギー、繰り返し周波数、波長等)の最適化により、直線導波路における主損失要因である散乱と構造不整による損失低減化を実施することで、**光伝搬損失:0.1dB/cm以下の直線導波路**が作製可能なガラス材料を選定する。

### 最終目標(達成)

- ・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)
- ・三次元光回路導波路デバイスの作製において最も重要な基本回路の一つである光導波路を、ガラス内部に本プロジェクトで開発する三次元加工システムで、**シングルモードでの光伝播損失として0.1dB/cm以下(導波路サイズ:直径9μm以下、波長:1.55μm)**を達成できるガラス材料を開発する。

事業原簿 67、83-91、119-126頁

4/10

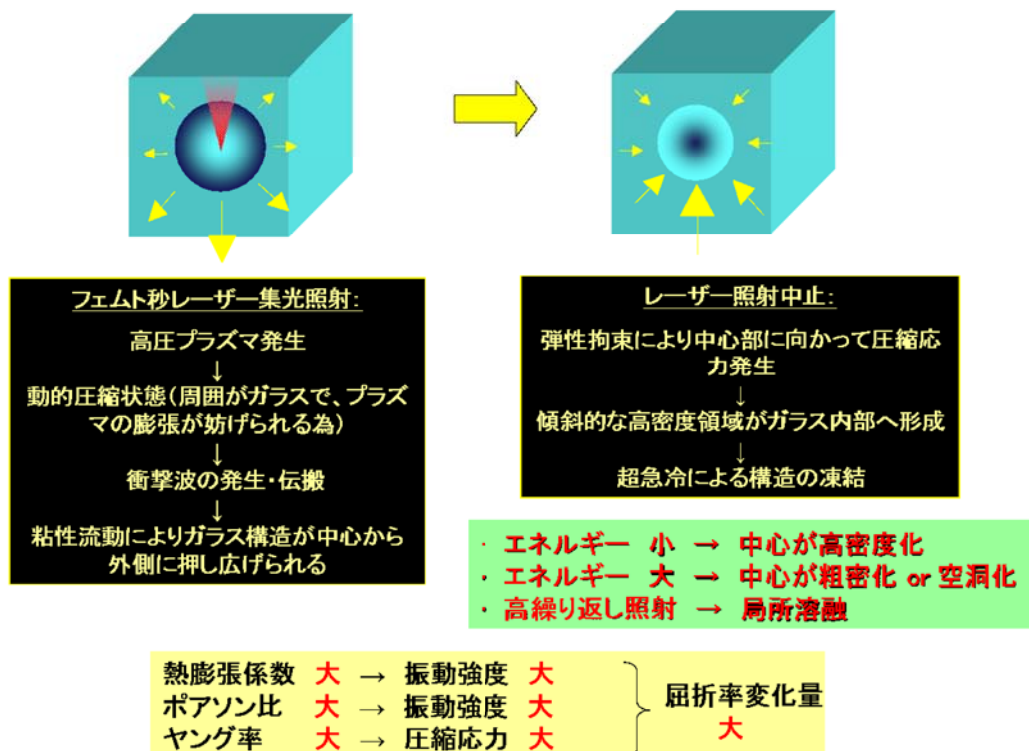
### 最終目標に対する成果

- ・ フェムト秒レーザーの集光照射により誘起される異質相形成が衝撃波の発生に起因することを発見し、形成メカニズムを明らかにした。(最終目標達成)
- ・ 異質相形成のガラス材料依存性を明らかにし、最終目標である異質相形成の閾値、速度やサイズのガラス材料依存性を系統的に調べ、データの体系化を行った。(最終目標達成)
- ・ 多芯光導波路の一括描画において、石英および石英系ガラスにおいて、内部伝送損失が0.1 dB/cm以下の光導波路が描画可能であることを確認した。(最終目標達成)

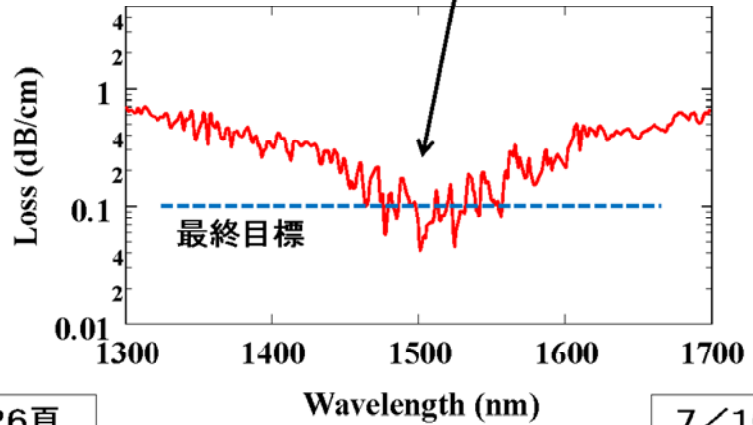
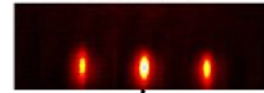
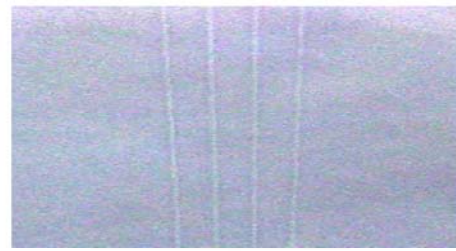
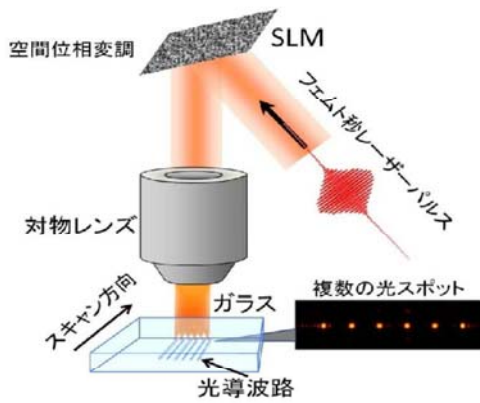
### その他の重要な成果

- ・ 三次元光デバイスへの応用が可能な新規異質相形成として、ガラス内部でのSi析出および元素分布形成が可能なガラス材料を開発した。
- ・ これらの新規異質相の形成メカニズムを明らかにすると共に、異なる素性のフェムト秒レーザーの多点同時照射技術を確立することで、各種異質相の形状制御に成功した。
- ・ 本プロジェクトでの一連の研究により、ガラス材料内部への各種異質相形成の基盤技術を確立することができた。

### 異質相形成メカニズムの解明によるガラス材料設計指針の明確化

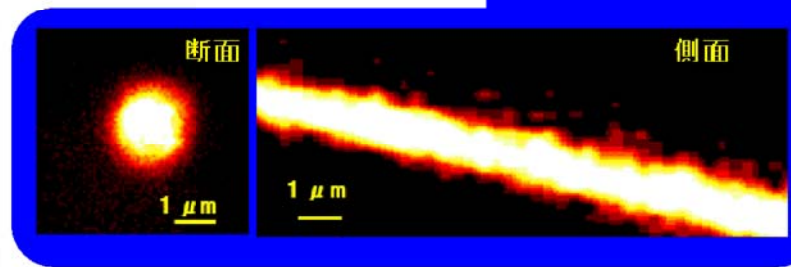
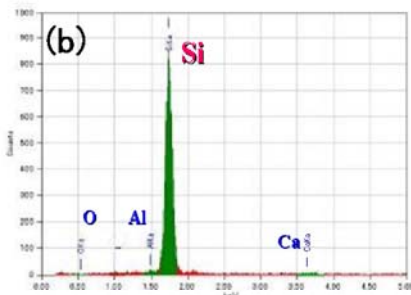
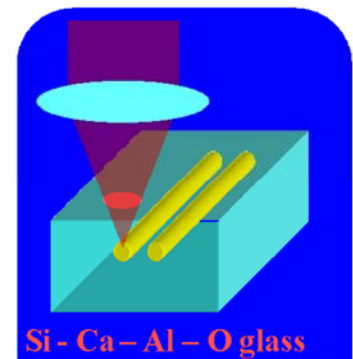
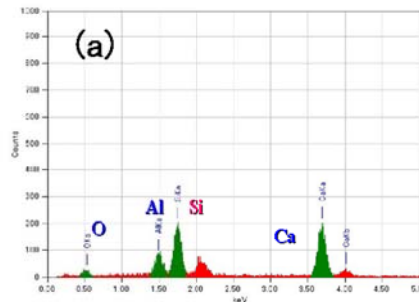
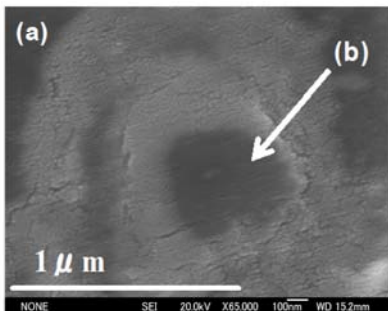


多芯光導波路一括描画による低損失光導波路描画材料・技術の開発



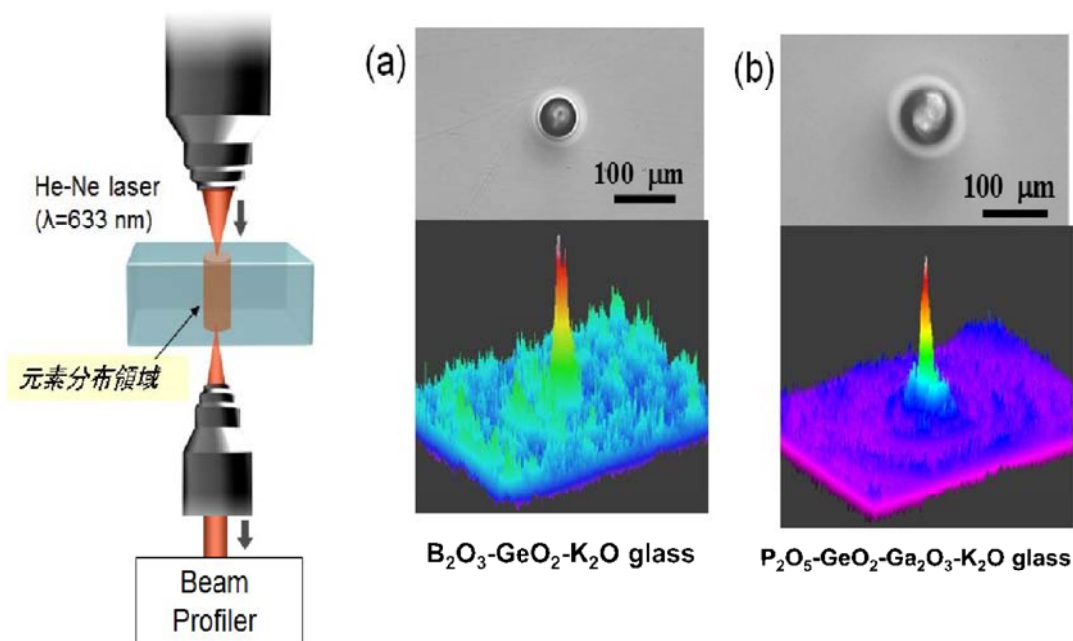
逐次描画と同様に、一括描画においても石英ガラスおよびホウケイ酸塩ガラスにおいて0.1 dB/cm以下の光導波路が描画可能であることを確認。

新規異質相形成の発見 — Si析出 —



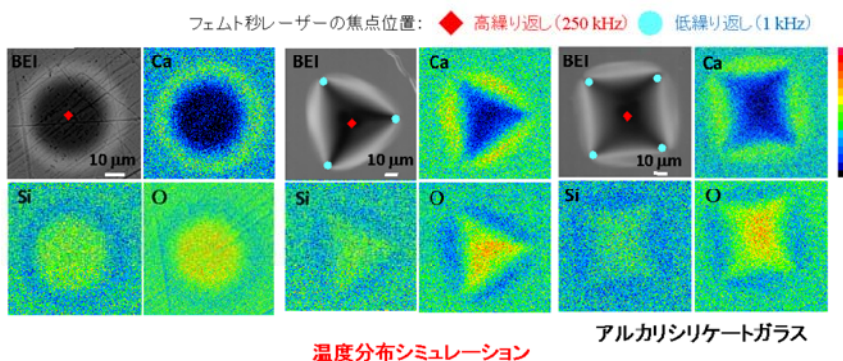
Si析出の利用により光回路の小型化(1/10以下)が可能  
フォトニック結晶やSi細線導波路への応用が期待

### 元素分布形成を利用した高開口数を有する光導波路形成



元素分布形成の利用により従来異質相(密度変化)の10倍の高屈折率化が可能

### 多点同時照射による元素分布形成と形状制御



物性(光学、熱、機械的特性等)を任意の形状で局所的に変化、制御することが可能