

# 「三次元光デバイス高効率製造技術」プロジェクト

## Ⅲ. 「研究開発成果」及び「実用化の見通し」全体説明

平成23年6月23日

### 全体説明 平尾PL

事業原簿 62-393頁

1/12

### Ⅲ. 研究開発成果 (1)目標の達成度

<全体説明>

公開

#### (1)個別研究開発項目の最終目標と達成状況

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)	$\Delta n > 0.015$ を実現と同時に従来比1/8の短時間加工を実現/◎	モアレ除去用光学ローパスフィルタ用ガラス材料の実用化を検討(継続研究)
	(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) 9 $\mu m$	光伝搬損失 $\leq 0.1 \text{ dB/cm}$ 波長1.55 $\mu m$ @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/◎ 更なる低損失、低閾値が期待できるガラス材料の探索。
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 $\mu m \times 60\mu m \times 60\mu m$ 100個以上の高速加工を実現 100個以上の球状異質相 棒状異質相 $\leq 10\mu m$	100個の点状異質相を一边60 $\mu m$ の立方体内に50fs以下で実現。100倍以上の高速加工を確認/◎	レーザー照射方向への伸長が2 $\mu m$ 以下に制御できた。今後、各種デバイスの実現に適用する。(継続研究)
	(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)	加工精度 $\leq \pm 40 \text{ nm}$ 設計速度 $> 12$ /◎	更に高精度で複雑なホログラムの設計と製作(継続研究)
	(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~ $2\pi$ で制御可) 耐光性 $\geq 50 \text{ GW/cm}^2$ (100fs, 1kHz)	左記の目標仕様を有する空間光変調器を内蔵する光波面制御モジュールとそれを用いた波面制御技術を実現した/◎	特になし
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) 2光軸開き角 $> 0.236^\circ$ モアレ抑制の確認 $\geq \square 2.5 \text{ mm}$ $\leq 0.3 \text{ mm}$	一括描画で確認	10 $\times$ 8 $\times$ 0.26mmのガラス基板に作製、モアレ抑制効果を確認/◎ 更なる高速加工の実現と実用化を検討(継続研究)
	(2)三次元光回路導波路デバイス技術	直線導波路 9 $\mu m$ 光伝搬損失 $\leq 0.1 \text{ dB/cm}$ 波長1.55 $\mu m$ @Single Mode	3次元光カプラ: 1 $\times$ 16 挿入損失 $\leq 17 \text{ dB/cm}$ 反射減衰量 $\geq 45 \text{ dB}$ 波長1.50~1.60 $\mu m$	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。1 $\times$ 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効率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。

事業原簿 67頁

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

2/12

(1)三次元加工システム技術目標&(2)波面制御三次元加工システム技術

## 何故この目標<高速加工>なのか

### — 従来の加工法 —

一点ずつをレーザーショットで作製

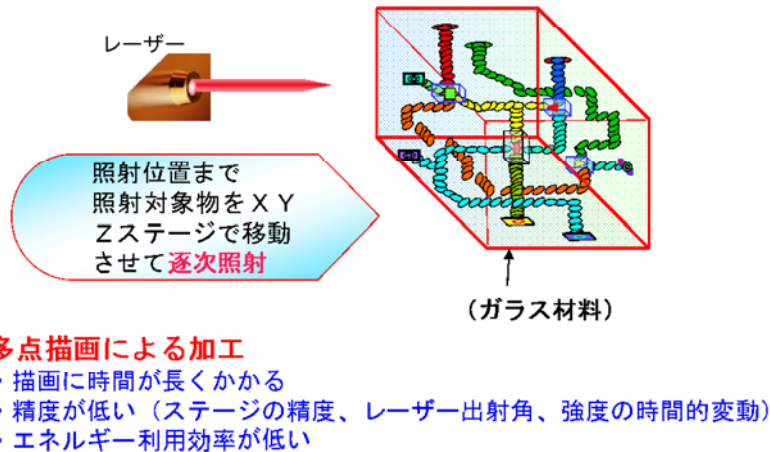
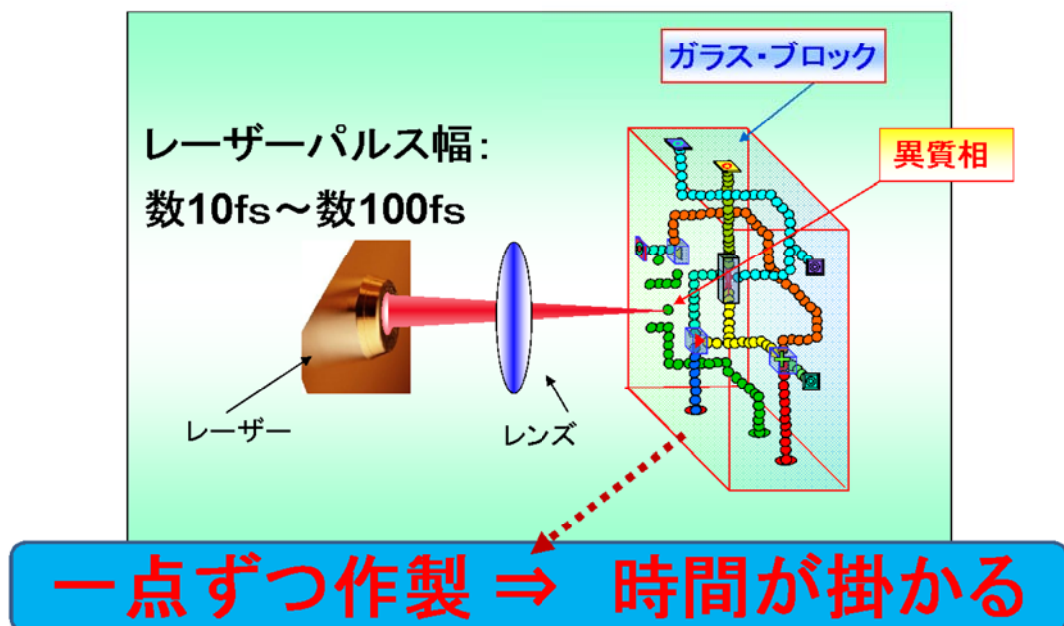


図 I-8 フェムト秒レーザー加工の課題

## 従来の加工法

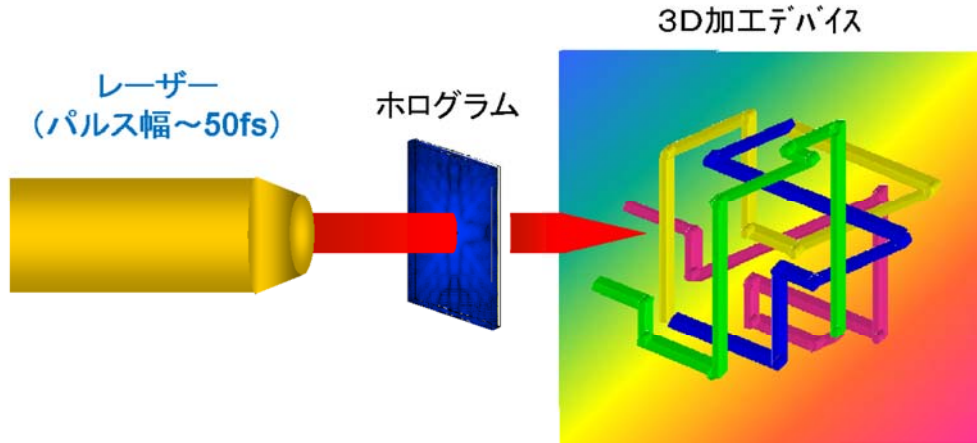
フェムト秒レーザーでガラス内部にデバイスを作製



(1)三次元加工システム技術目標&(2)波面制御三次元加工システム技術

## 何故この目標<高速加工>なのか

### — 本加工法 —



参考図 ホログラムを使用した3D加工

## 海外での研究開発

### ● 海外でのフェムト秒レーザー加工に関するプロジェクトの現状

EUグループが2010.5スタート 3億円 Project web site at [www.femtoprint.eu](http://www.femtoprint.eu)  
ガラス内微小システムの量産を加速させるのが目的

### ● 海外でNEDOの目標を念頭に置いたとみられる論文及び発表

- ⇒ 三次元の点状螺旋形状を作製している。  
英国オックスフォード大学のMartin J. Booth他から
- ・2010.9.21 論文発表
  - ・2011.1.25 PhotonicsWEST2011で発表

参考文献に、ナノガラスPJ及び当プロジェクトで発表した論文が掲載されている。

これからの日本の対応が重要 !!!



技術研究組合(京大)、 継続研究などで(富士フィルム、オハラ、NGFほか)

## 中間評価時の指摘事項に対する実績概要

- **光集積回路の実現においてアクティブ素子を如何にして実現するか**
  - ・アクティブ素子実現のための基礎実験を行った。
  - ・フェムト秒レーザーの照射部のみが発光する条件を発見した。この現象を利用するとレーザー発振の可能性がある、これには数センチメートル以上の長さの光導波路が必要である。これはホログラムを使用した一括描画で作製できる。
- **ホログラフィック加工に並行してその他の要素技術をどうするか**

下記の種々の技術を開発した。

  - ・ホログラフィック加工した長尺部の化学エッチングによる長い穴あけの技術
  - ・ホログラフィック加工と光学系を組合せた加工システム技術
  - ・レーザー光の入射方向への伸びを抑える技術
  - ・レーザー光を有効に使用できる材料作製技術
- **基礎的な技術開発にも注力すること**
  - ・レーザー光とガラス材料との反応の素過程を考察し、上述の入射方向への伸びの少ない加工技術を開発した。また、低エネルギーで加工できる技術を開発した。

## 国内外での受賞実績

- 平成19年2月21～23日、東京ビッグサイトにて開催された nano tech2007展示会(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)において、**NEDO独創技術賞**を受賞した。
- **2008年9月**、14<sup>th</sup> Micro optics Conference Brussels-Belgiumにて、**BEST PAPER AWARD**を受賞  
“Three dimensional holographic micropatterning inside silica glass by single pulse femtosecond laser”  
(Newglass Forum, Tsukuba Research Laboratory)
- **2008年10月**、Materials Science & Technology 2008 Conference & Exhibition、**海外最優秀講演賞**  
“Nano-architecture in glasses with a femtosecond laser”  
(京大・平尾研)



## 4.2 特許、論文、学会発表・プレス発表の実績

研究開発項目	特許 (国内)	特許 (PCT)	論文 (査読付)	講演・ 口頭 発表	雑誌 投稿	展示会、 プレス 発表等	合計
①材料関連	4	0	17	57	22	9	109
②加工・ システム関連	23	7	30	86	33	15	194
③デバイス 関連	6	0	12	27	16	14	75
合計	33	7	59	170	71	38	378

## Ⅳ. 実用化の見通し

### 1. 成果の実用化可能性

#### (1) 三次元光学デバイス(光学ローパスフィルタ)

モアレの低減が確認できた。更に改善した一括加工化を進めると同時に、モアレ以外の光学特性をも含めて実用化の観点から問題点の抽出を継続研究で行い、問題が無ければ実用化の検討を行っていく。富士フィルム(株)、(株)オハラ。

#### (2) 光インターコネクション

研究項目「②三次元加工システム技術の②-1&2」で開発された直線異質相及び曲線異質相を光インターコネクション用として発展させ、オール光通信処理技術のデバイスとしての実用化への検討を進めていきたい。具体的な技術の問い合わせがA社から来ている。

#### (3) 光結合器

研究項目「②三次元加工システム技術の②-1&2」で開発された直線異質相及び曲線異質相を光結合器などとして発展させて、オール光通信処理技術のデバイスとしての実用化への検討を進めていきたい。具体的な技術の問い合わせがB社来ている。

## (4) LCOS-SLM

開発してきたLCOS-SLMで適応できる分野での実用化を検討する。

## (5) プロジェクトで開発してきた下記についても早期に市場に出るよう検討したい。

・ホログラムシミュレータ・ホログラム加工プロセス

・三次元屈折率差測定機能付き形状測定器

具体的な技術の問い合わせがC社からきている。

## (6) ホログラムを使用した特殊材料の高速、微細加工の問い合わせがD社からきており、新規分野が開拓できる可能性が高い。

## (7) ホログラムとフェムト秒レーザーを使用した加工に興味を持ち、その市場開拓に協力をE,F,G社が申し出られている。

## 2. 波及効果

プロジェクトで得られた成果は、

- ①三次元ホログラムの設計法、
- ②ガラス・ホログラムを使用した高耐光・高速一括加工法、
- ③光軸方向に伸展しないホログラム加工法、
- ④レーザー加工の容易なガラス材料、
- ⑤高速加工が可能な光学デバイス設計法、
- ⑥低光エネルギー加工が可能な加工法

などが挙げられる。これ等は汎用性があり、今後いろいろな分野での応用展開が期待できるものである。

その対象として、1. 実用化の見通しについてに記載した(1)から(5)は勿論のこと、(6)、(7)への適用が挙げられ、従来 デバイス加工が不可能と言われていたものも低コストでの作製が可能となる。

更に、上述の得られた成果①から⑥の内、半数以上はホログラム加工とは独立に利用できるものであり、より汎用性の高い技術であり、様々な分野に波及するであろう。