

# 光集積回路による全固体光スキャンの実現

井上 大介, 市川 正, 河崎 朱里, 山下達弥

豊田中央研究所 (〒480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)

## Demonstration of solid state scanner based on optical integrated circuit

Daisuke Inoue, Tadashi Ichikawa, Akari Kawsaki and Tatsuya Ichikawa

Toyota Central R&D labs. Inc., 41-1 Yokomichi, Nagakute, Aichi 480-1192

Author: We demonstrated an optical solid state scanner based on optical integrated circuit. This solid state scanner has no mechanical component. The optical integrated circuit was composed of optical multiplexers and gratings. Optical multiplexer changes the end point of distribution, and the optical path is controlled. The scanning angle of the solid state scanner was  $\pm 3$  degree and resolution was 0.3 degree.

**Key Words:** Laser, LIDAR

### 1. はじめに

自動車の高度運転支援のための周辺監視センサとして高解像度なレーザレーダが注目されている。われわれは車載用レーザレーダを小型化することで、意匠性が増し搭載場所が増えるなど付加価値をつけることができると考え、レーザレーダを小型化する研究を行ってきた。<sup>[1][2]</sup>

さらなる小型化をめざし、われわれは光集積回路を応用した車載用レーザレーダの研究を行っている。レーザレーダの重要技術となる光スキャン装置を光集積回路によって実現したので報告する。

### 2. デバイス構造

#### 2.1 原理

Fig.1 のように本方式はグレーティングなどの光アンテナを密に並べたチップと結像レンズから構成される。個々の光アンテナの発光点がレンズを介して空間に結像できるように配置している。光アンテナに供給される光を電気信号によって動的にスイッチングすることで、空間への光の放射方向を変えるものである。したがって、可動部品なしで光を走査することができる。

#### 2.2 素子構造

光集積回路ではスポットサイズ変換器を介して光が光導波路に結合され、光は光マルチプレクサに導波される。光マルチプレクサの先には光アンテナとして回折格子が接続されている。

光マルチプレクサとしてはリング共振器方式を採用した。リング共振器はリング形状の導波路に共振する波長だけリングに光が通過し分岐させ

る。リング上部に装荷したヒーターに電流注入すると導波路が局所加熱され、リングの共振波長を調整することでスイッチ動作を行う素子である。回折格子は密に配置できるように構造を工夫している。

#### 2.3 光学系

ここではメカレススキャン装置の画角と空間分解能について議論する。Fig.2 のように  $n$  個の光アンテナから放射された光はレンズを介して空間に結像することになる。光アンテナの間隔を  $p$ 、レンズ焦点距離を  $f$ 、対象までの距離を  $l$ 、空間分解能を  $d$ 、角度分解能を  $\theta_r$  とすると、幾何光学の関係より

$$\frac{p}{f} = \frac{d}{l} = \tan\theta_r$$

$$\theta_{\text{scan}} = n\theta_r$$

とあらわされる。

焦点距離 3 mm の結像レンズを使用した。回折格子アレイのピッチは  $16 \mu\text{m}$  で回折格子は 20 個である。走査角は  $\pm 3$  度、分解能は 0.3 度と予想される。

### 3. 実験結果

試作した光走査装置で光を走査し、投影された像を赤外線カメラで撮影した例を示す。駆動は 20 チャンネルの DA コンバータによって行った。図 2 のように設計通り  $\pm 3$  度の画角で光走査することに成功した。

リング共振器型光マルチプレクサの平均駆動電力は 30mW、応答速度は 0.3m 秒であったため、数 KHz 程度で運用できると考えられる。

#### 4. 考察

光フェーズドアレイアンテナと本方式の比較・考察を行う。近年、光集積回路を応用した光フェーズドアレイアンテナが報告されている<sup>[3]</sup>。光フェーズドアレイアンテナのほうが追加のレンズを用いないということでコスト的に優れている。一方で  $0.8-1.55\ \mu\text{m}$  帯の近赤外波長において、屈折率 3 程度の材料では光アンテナを半波長以下の間隔に配置することが難しく、グレーティングロブが発生しビーム品質の劣化やエネルギーの分散などが起こる。

一方で、本方式はレンズが必要であるため部品点数が増える反面、単峰性のビームを作りやすいということが長所となる。

現状では回折格子の放射効率は 30% 程度である。光集積回路のプロセスの都合でパターンが貫通された構造となっている。このため、回折格子表面から 30%、回折格子裏面に 20%、残り 50% は反射される計算となる。投光に使用できる光は層構造を工夫することで表面への放射効率を改善できると考えられる。

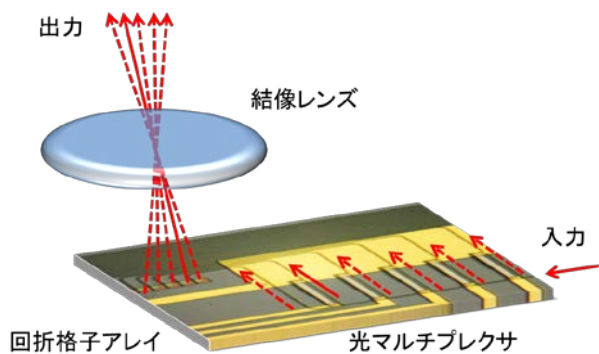


Fig.1 Device structure of solid state scanner

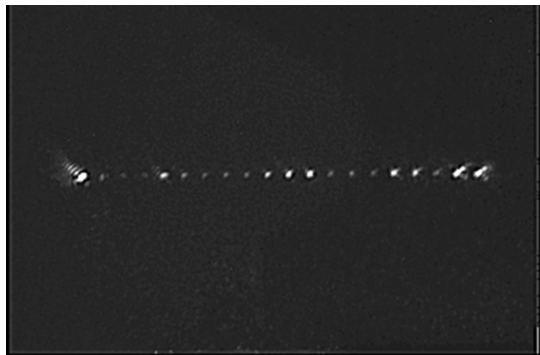


Fig.3 Far-field patterns generated by the solid state scanner

#### 5. まとめ

可動部品を持たない全固体光スキャン装置は信頼性が高く小型で低コストにできる見込みがある。今後は光集積回路上に光ヘテロダイン検波回路と光スキャナーを実装したドップラーレーザレーダを試作する予定である。

#### 参考文献

- 1) Daisuke. I, " Highly Sensitive LIDAR with a Thumb-Sized Sensor-Head Built Using an Optical Fiber Preamplifier (3)", SPIE Defense Security and Sensing 2013
- 2) " Single-Photon Avalanche Diode with Enhanced NIR-Sensitivity for Automotive LIDAR Systems", MDPI 2016
- 3) Fang Xu and Andrew W. Poon, "Silicon cross-connect filters using microring resonator coupled multimode-interference-based waveguide crossings," Opt. Express, 16(12) 8649-8657(2008).
- 4) M. R. Watts, " Large-scale nanophotonic phased array", Nature Vol493, P:195-199 2013

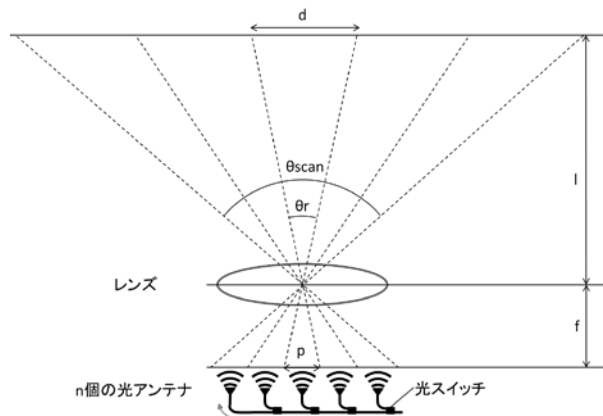


Fig.2 Design of solid state scanner