

## レーザーアレイの放射線耐性評価

## Radiation tolerance evaluation of a laser array for optically reconfigurable gate arrays

赤部 知也<sup>†</sup> 渡邊 実<sup>†</sup>

Tomoya Akabe Minoru Watanabe

## 1 はじめに

宇宙空間には多くの高エネルギー放射線が飛び交っている。そのため、人工衛星やロケット等に組み込まれるデバイスは放射線の影響を絶えず受けている。現状では放射線によるトータルドーズ効果を軽減するために、組み込みシステムを覆う重厚なシールドが必要であるが、シールドの重さは組み込みシステムの総重量の 70-80% に達し、ロケットの打ち上げコストの面で悪影響を与えている。

電子デバイスに放射線が入射し続けると集積回路に恒久故障が生じる。宇宙空間で恒久故障が生じた場合、修理は困難であり、致命的な故障であればシステムを破棄するしかない。そこで、我々はゲートアレイ上の一部に故障が生じて、その部分を回避して回路を再構成し、ゲートアレイを正常に使用し続けることが可能なプログラマブルデバイス、光再構成型ゲートアレイ (ORGA : Optically Reconfigurable Gate Array) の開発を進めている。[1]-[3] 本稿では光再構成型ゲートアレイの構成要素であるレーザーアレイの放射線耐性試験の結果を報告する。

## 2 光再構成型ゲートアレイ

光再構成型ゲートアレイは図 1 に示すように、レーザーアレイ、ホログラフィックメモリ、光再構成型ゲートアレイ VLSI から構成される。基本的なゲートアレイのゲートアレイの機能は一般的な FPGA (Field Programmable Gate Array) と同様であり、既存の FPGA と同様のアイランドスタイルのゲートアレイ構造をとり、電気的に動作する。しかし、一般的な FPGA がコンテキスト情報を電氣的にシリアルにダウンロードするのに対して、光再構成型ゲートアレイ VLSI はコンテキスト情報を光学的に平行にダウンロードするため、ゲートアレイの一部が故障しても使い続けることが可能である。

光再構成型ゲートアレイ VLSI に転送するコンテキスト

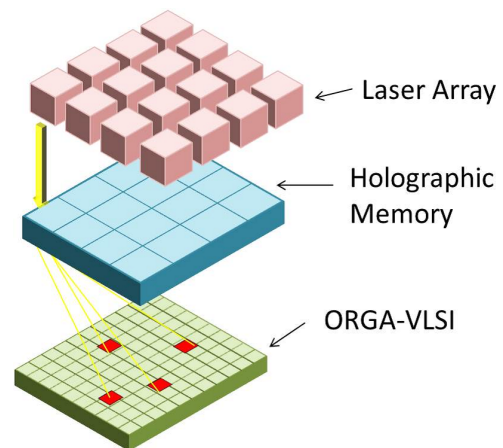


図 1 光再構成型ゲートアレイの全体構造

情報はホログラフィックメモリに記憶されている。ホログラフィックメモリには膨大なコンテキスト情報が記憶できる。ホログラフィックメモリは複数のホログラフィック領域から構成されており、それぞれのホログラフィック領域にはコンテキスト情報が干渉縞の状態で書き込まれている。コンテキスト情報は各ホログラフィック領域に対応するレーザーを点灯させる事で選択的に読み出すことができる。読み出された 2 次元のコンテキスト情報は光再構成型ゲートアレイ VLSI 上にあるフォトダイオードが検知し、このコンテキスト情報によって回路が実装される。コンテキスト情報は光によって 2 次元的に読み出されるため完全並列に転送できる。そのため 10ns 以下の高速な再構成が可能である。

## 2.1 光再構成型ゲートアレイ VLSI

光再構成型ゲートアレイ VLSI は、一般的な FPGA と同様のアイランドスタイルの細粒度ゲートアレイで構成されている。論理ブロック (CLB : Configurable Logic Block), スイッチングマトリクス (SM : Switching Matrix), 入出力ブロック (IOB : Input/Output Block) で構成され、各ブロックは 8 本の配線チャンネルで接続される。しかし、FPGA と異なり、ゲートアレイ上の各プログラミ

<sup>†</sup> 静岡大学, Shizuoka University

ングポイントには光再構成回路が接続されている。フォトダイオードを含む光再構成回路が接続されることで、コンテキスト情報を光で受け取ることが可能になる。光を用いた2次元のコンテキスト情報により、完全並列なプログラミングが行われ、回路の高速な再構成が実現できる。

## 2.2 ホログラフィックメモリ

ホログラフィックメモリは、図2に示すような干渉縞の状態状態でコンテキスト情報を記憶している。所望のコンテキスト情報を記憶しているホログラフィックメモリのエリアに対応したレーザアレイのレーザを点灯させれば、所望のコンテキスト情報を読み出すことができる。このコンテキスト情報を光再構成型ゲートアレイ VLSI 上のフォトダイオードで読み取ることで回路を実装する。

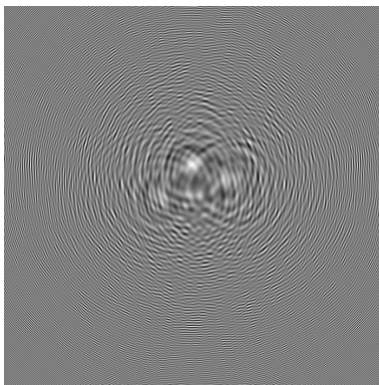


図2 ホログラフィックメモリの干渉縞

## 2.3 レーザアレイ

レーザアレイはコンテキスト情報をアドレッシングするために使用される。レーザアレイは複数のレーザにより構成され、ホログラフィックメモリ内の各コンテキスト情報と一対一で対応している。点灯させるレーザを選択することで、目的のコンテキスト情報を光再構成型ゲートアレイ VLSI に転送し、回路を実装することができる。レーザは高速なスイッチングが可能であるため、回路の動的な実装が可能である。

## 3 レーザアレイの放射線耐性

本章では、光再構成型ゲートアレイの構成要素の一部であるレーザアレイにガンマ線を照射し、レーザ出力、VI特性を測定することで、光再構成型ゲートアレイの放射線耐性の有効性を示す。

レーザアレイは16個のレーザ(DL-3247-165: Tottori Sanyo Electric Co., Ltd.)を使用した。レーザの波長は650nm、レーザ出力は7mWである。ガンマ線源にはコバルト60を使用し、10Mradのガンマ線が照射されるごとに、レーザのVI特性と光出力を測定した。

レーザは300Mradの放射線が入射した後も点灯が確認された。VI特性と光出力の悪化は確認されず、光再構成型ゲートアレイのレーザアレイに300Mradの放射線耐性があることを実証した。

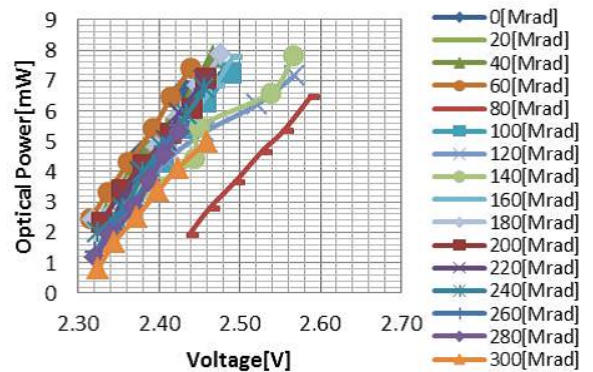


図3 レーザの光出力

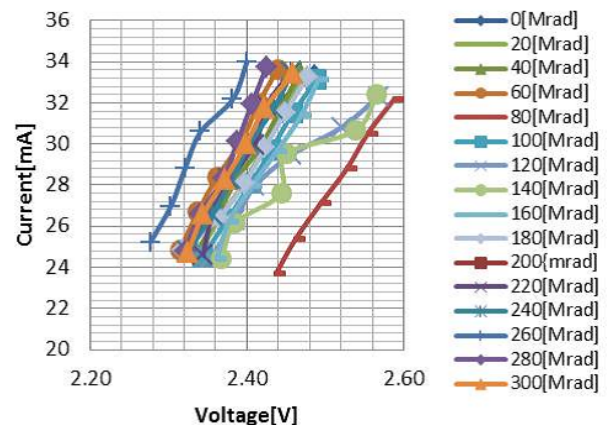


図4 レーザのVI特性

## 4 まとめ

本実験では、光再構成型ゲートアレイのレーザアレイの300Mradの放射線耐性を実証した。

### 参考文献

- [1] J. Mumbru, G. Panotopoulos, D. Psaltis, X. An, F. Mok, S. Ay, S. Barna, E. Fossum, "Optically Programmable Gate Array," SPIE of Optics in Computing 2000, Vol.4089, pp. 763-771, 2000.
- [2] N. Yamaguchi, M. Watanabe, "Liquid crystal holographic configurations for ORGAs," Applied Optics, Vol. 47, No. 28, pp. 4692-4700, Oct., 2008.
- [3] D. Seto, M. Watanabe, "A dynamic optically reconfigurable gate array - perfect emulation," IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 44, Issue 5, pp. 493-500, May, 2008.