

ホログラムメモリの放射線耐性試験

Radition tolerance experiment of a holographic memory

伊藤 芳純*
Yoshizumi Ito

渡邊 実†
Minoru Watanabe

荻原 昭文‡
Akifumi Ogiwara

1 はじめに

宇宙空間では高エネルギーな放射線が存在している。この放射線が人工衛星や探査機等に入射すると、それを利用して組み込みシステムに故障が発生する。そこで故障が発生しても、リモートで復旧が可能な FPGA (Field Programable Gate Array) の導入が期待されている。

SRAM (Static Random Access Memory) 型 FPGA では、電源起動直後に外部のコンフィギュレーション ROM (Read Only Memory) から回路情報を FPGA 内部の SRAM にダウンロードし、回路を構成する。そのため、リモートでの回路の変更も可能である。しかし、現在の宇宙向け FPGA は 1Mrad の放射線耐性を有しているが [1], それ以上の放射線耐性の実現は難しい。

このため、我々は 1 Mrad 以上の放射線耐性を持つ FPGA を実現するために光再構成型ゲートアレイを開発している。光再構成型ゲートアレイはレーザアレイ、ホログラムメモリ、ゲートアレイ VLSI の 3 要素で構成される。本デバイスでは、FPGA のコンフィギュレーション ROM に相当する部分にホログラムメモリを用いている。本論文では、光再構成型ゲートアレイに利用されているホログラムメモリの放射線耐性の試験結果について述べる。

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アレイ、ホログラムメモリ、ゲートアレイ VLSI の 3 層構造となっている。レーザアレイは回路情報のアドレスングを行い、ホログラムメモリは回路情報を記憶している。レーザアレイのレーザ数はホログラムメモリに記

憶されている回路情報の数と対応している。また、3次元ホログラムメモリは $1T \text{ bit}/\text{cm}^3$ の情報を記憶することができる。そのため、レーザを切り替えることで様々な回路をゲートアレイ VLSI に実装することができる。さらに、光を用いることでナノ秒オーダーの高速再構成が可能となる。

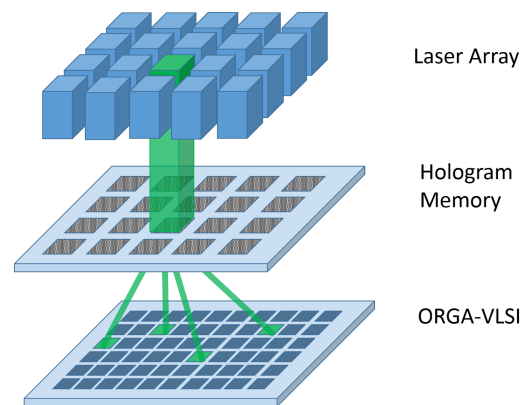


図 1 光再構成型ゲートアレイのブロック図

3 ホログラムメモリ

本試験には液晶 (DIC:RSP98487) とモノマー (東京化成:DPHPA) の複合体材料で構成された高分子分散型ホログラムメモリを用いた。このホログラムメモリは縦 20mm, 横 25mm, 厚さ 1mm の 2 枚のガラスプレート間の隙間 $10\mu\text{m}$ に構成された。このホログラムメモリに対する記憶は、水平方向左斜め 30° からレーザ光を入射することで回路情報を読み出せるようになっている。ホログラムメモリの焦点距離は 180mm である。

4 光学系

本試験の光学系のブロック図を図 2 に、その写真を図 3 に示す。光学系は、図 2 の左から順に、レーザ、焦点距離 35 mm の平凸レンズ、焦点距離 200mm の平凸レン

* 静岡大学 Shizuoka University

† 静岡大学 Shizuoka University

‡ 神戸市立工業高等専門学校 Kobe City College of Technology

ズ、ホログラムメモリ、光再構成型ゲートアレイ VLSI より構成されている。レーザは、波長が 532 nm 出力 300mW の半導体レーザ (torus 532:LaserQuantum) を用いた。焦点距離 35 mm のレンズと焦点距離 200mm のレンズにより、レーザ径を約 5 倍に拡大した。ホログラムメモリに対して、水平方向左斜め 30° からレーザ光を入射できるようにホログラムメモリを配置した。そして、ホログラムメモリから 180mm の位置にホログラムメモリと平行となるように光再構成型ゲートアレイ VLSI を配置した。

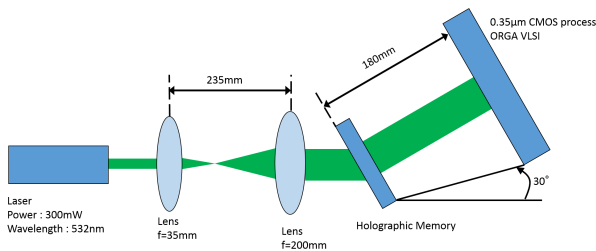


図 2 光学系のブロック図

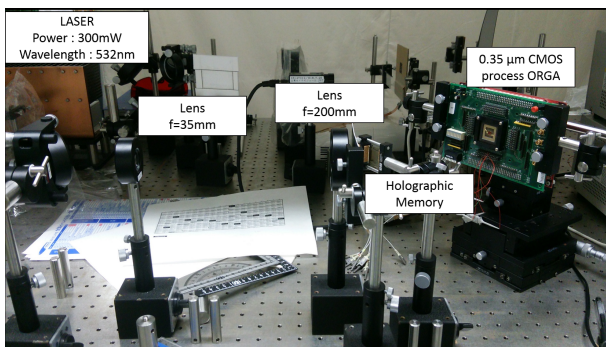


図 3 光学系の写真

5 試験結果

本試験ではコバルト 60 を用いて、予め回路情報を記録しておいたホログラムメモリに対してガンマ線を 100Mrad 照射した。この照射後のホログラムメモリを用いて光再構成型ゲートアレイに 2bit NAND 回路を実装した。ガンマ線を 100Mrad 照射したホログラムメモリとそのホログラムメモリから再生されたコンテキストパターンを図 4,5 に示す。また、光再構成型ゲートアレイに構成した回路の動作波形を図 6 に示す。本試験結果より、ホログラムメモリは 100Mrad の放射線により劣化したが、それでも構成試験に成功しており、100 Mrad

の放射線耐性を有していることを実証できた。

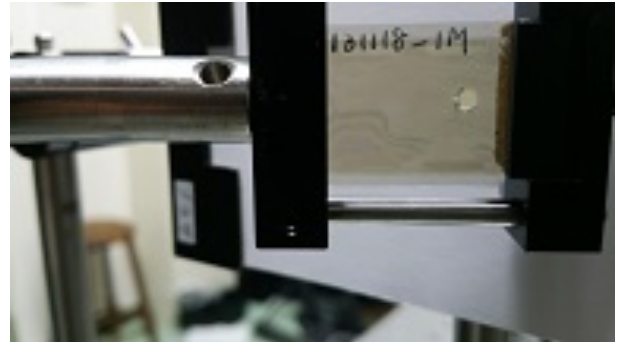


図 4 ホログラムメモリ



図 5 2bit NAND 回路のコンテキストパターン



図 6 2bit NAND 回路の動作波形

6 おわりに

本試験ではホログラムメモリに対して放射線耐性試験を行った。本試験結果より、本試験で使用したホログラムメモリには少なくとも 100Mrad の放射線耐性があることが確認された。

参考文献

- [1] Xilinx Inc., "Space-grade Virtex-5QV FPGA," <http://www.xilinx.com/products/silicondevices/fpga/virtex-5qv.html>.