

脈流電源を用いた光再構成型ゲートアレイ

辻野将† 渡邊実† 渡邊誠也†

岡山大学工学部情報系学科†

1. はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故によって、事故現場の放射線強度は約 1,000 Sv/h 程度と見積もられている。一般的に 1,000 Sv/h の放射線環境下では人間は数十秒で死に至り、ロボットでさえも短時間で故障に至る。そこで、このような放射線環境下でも運用ができるロボット、その実現のために耐放射線集積回路が必要となっている。

そこで現在、我々は放射線耐性の高い光再構成型ゲートアレイ (ORGA : Optically Reconfigurable Gate Array)を開発中である。

一般的なプログラマブルデバイスである FPGA(Field Programmable Gate Array)では回路情報を外部メモリに記憶しており、この構成はシリアル的に行われる。このシリアル構成回路は放射線に対して脆弱である。これに対し、光再構成型ゲートアレイは光によって回路の構成を並列的に行うことができ、構成回路の放射線耐性が非常に高い。この光再構成型ゲートアレイでは、ゲートアレイの故障個所を避けた回路実装を用いることが可能で、高いトータルドーズ耐性が実現できる。

しかし、光再構成型ゲートアレイに使用する安定化電源回路は一般的に放射線に脆弱である。そこで、本研究では安定化しない電源を用いた光再構成型ゲートアレイの運用法について報告する。

2. 光再構成型ゲートアレイ

光再構成型ゲートアレイの構成を図1に示す。光再構成型ゲートアレイはレーザーアレイ、ホログラフィックメモリ、ゲートアレイ VLSI の3つの要素から構成される。ホログラフィックメモリ内には回路情報が記憶され、レーザーアレイの各レーザーによってその記憶された回路情

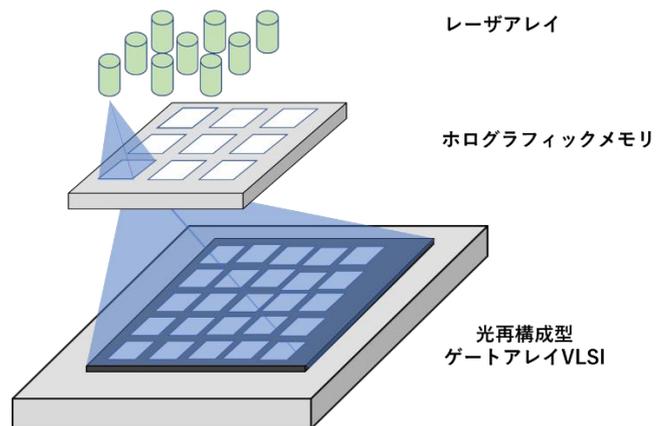


図1. 光再構成型ゲートアレイ

報が読み出される。読み出された回路情報は光再構成型ゲートアレイ上のフォトダイオードを介してゲートアレイ VLSI に供給され、ゲートアレイのプログラムに利用される。

光再構成型ゲートアレイのゲートアレイ構造は FPGA と同じであるが、回路のコンフィギュレーション方法が異なる。FPGA では回路情報を外部メモリから電氣的にシリアル的に転送するのに対し、光再構成型ゲートアレイは回路情報を光学的に並列的に転送する。

3. 電源装置の概要

光再構成型ゲートアレイのレーザーアレイ、ホログラフィックメモリは 1Grad[1]、ゲートアレイ VLSI は 1.15Grad[2]のトータルドーズ耐性がある。これに対し、安定化電源装置は放射線に脆弱である。一般的に、トランス、ダイオード、コンデンサ、抵抗はある程度のトータルドーズ耐性を持つ、安定化に用いるパワートランジスタが放射線に対して脆弱であることが知られている。そこで、この安定化に使用されるトランジスタを除き、安定化しない電源の運用を検討することとした。今回のデモンストレーションでは図2に示すような極端な脈流電圧を持つ電源を光再構成型ゲートアレイに適用した。

An optically reconfigurable gate array using an unstabilized power supply unit
Masashi Tsujino†, Minoru Watanabe†, Nobuya Watanabe†
Department Of Information Technology Faculty Of Engineering, Okayama University†

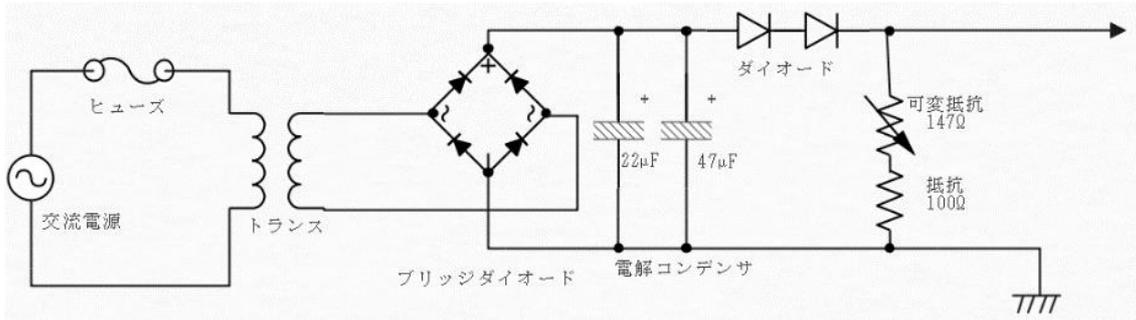


図3 電源装置の回路図

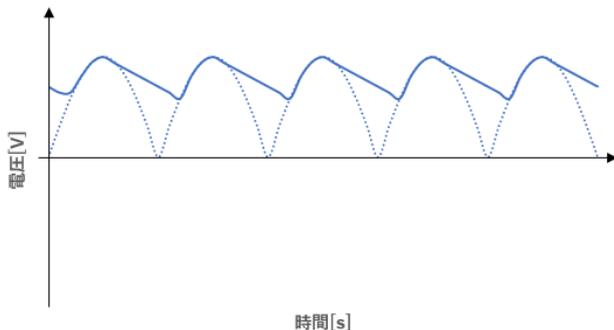


図2 脈流電圧

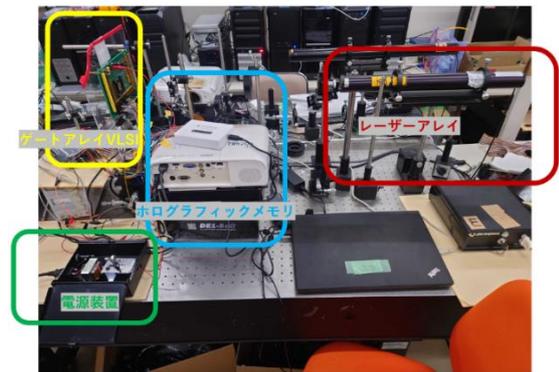


図4 使用した実験系

4. 非安定化電源

本研究では放射線に対して脆弱なトランジスタを一切用いない電源回路を製作した。この電源の回路図を図3に示す。この電源回路ではトランスによって100Vの交流電圧を3Vに降下させ、その後、ブリッジダイオードにて整流後、さらにダイオードにより電圧を降下させ、最終的にコンデンサーで平滑した。コンデンサーは合計69 μ Fである。より大きなコンデンサーを用いれば完全平滑も可能になるが、本試験ではあえて脈流電圧状態を残して試験を行った。図5に製作した電源回路によって得られた脈流電圧の波形を示す。出力は60Hzの周波数で1.20Vから1.75Vの範囲で脈流している。この0.55Vの電圧差のある脈流電圧であっても光再構成型ゲートアレイが正常に構成でき、ゲートアレイが動作できるかを試験的に検証した。

5. 光再構成型ゲートアレイ

電源装置を接続した光再構成型ゲートアレイの様子を図4に示す。この光再構成型ゲートアレイではHe-Neレーザー、空間光変調素子を用いた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。構成に用いるサンプル回路はOR回路とした。

6. 試験結果とまとめ

直流電圧のように一定の電圧でなく、0.55Vの電圧差の脈流電圧であっても光再構成型ゲートア

レイでOR回路を正しく実装でき、正しくゲートアレイを動作させることができることを確認した。

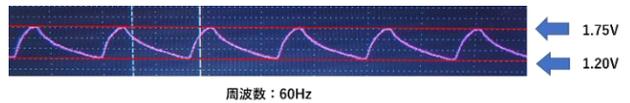


図5. 脈流電圧出力

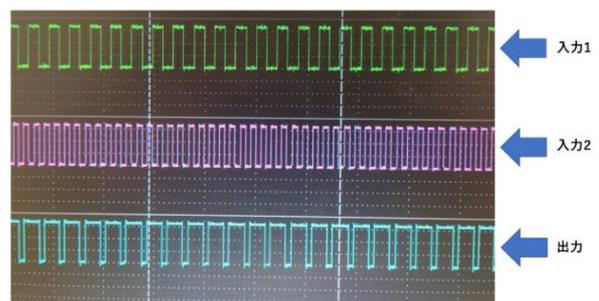


図6. 計測したOR回路

【参考文献】

- [1] Y. Takaki, M. Watanabe, "Optical multi-context blind scrubbing for field programmable gate arrays," IEEE Photonics Journal, Vol. 12, Issue 6, 7801411, 2020.
- [2] T. Fujimori, M. Watanabe, "Parallel light configuration that increases the radiation tolerance of integrated circuits," Optics Express, Vol. 25, Issue 23, pp. 28136-28145, 2017.