

宇宙用半導体素子の放射線照射効果 (VIII)

Radiation Effects Of Semiconductor Devices For Space Application

竹内 浩造¹⁾ 行松 和輝¹⁾ 土屋 佑太¹⁾ 坂本 敬太¹⁾ 新藤 浩之¹⁾
Kozo TAKEUCHI Kazuki YUKUMATSU Yuta TSUCHIYA Keita SAKAMOTO Hiroyuki SHINDO

¹⁾宇宙航空研究開発機構

(概要)

半導体素子の放射線耐性を地上で評価する手法の一つにパルスレーザ照射がある。主としてシングルイベント効果 (Single Event Upset, SEU) の発生場所を特定する目的で使用される。この手法は加速器を用いた重粒子照射に比べ、コスト・簡便さ・扱いやすさの点では優れているが、放射線耐性の定量的な評価が出来ないという課題がある。

我々は上記課題の原因を明らかにするため、既開発品のバースト SRAM を対象デバイスとし、重イオン加速器およびパルスレーザ装置を用いて放射線耐性の指標である SEU 断面積曲線を取得し両者を比較した。

キーワード：重イオン加速器，パルスレーザ，バースト SRAM

1. 目的

重イオン照射とパルスレーザ照射とで得られる放射線耐性が異なる原因を明らかにするため、重イオン照射およびレーザ照射から得られる放射線耐性をそれぞれ取得して断面積曲線における相違点を抽出すること。

2. 実施方法

0.18 μm Bulk CMOS プロセスで製造された 9 Mbit バースト SRAM に対して、重イオン加速器を用いた重イオン照射および PULSCAN 社製単光子励起パルスレーザ装置 [2] を用いたパルスレーザ照射を行い、得られた 2 つの SEU 断面積曲線を比較した。

重イオン照射では、TIARA Cocktail-5 の N, Ne, Ar, Kr, Xe を含む加速器施設での重イオンをそれぞれバースト SRAM チップ表面に対して垂直に照射した。その後、チップ裏面を露出させパルスレーザ照射を実施した。レーザエネルギーは 3000-6000 pJ の範囲で可変させた。

3. 結果及び考察、今後の展開等

重イオンおよびパルスレーザ照射で取得した SEU 断面積曲線を図 1 に示す。パルスレーザエネルギーから LET への変換は Buchner らが提案した式 [1] を基に裏面 Si 基板厚を考慮し算出した。ワイブルフィッティング曲線から得られた飽和反転断面積は、重イオン照射およびレーザ照射でそれぞれ $1.1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{bit}$ および $6.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{bit}$ であった。一致しているとは言えないものの大きな差異が無いと考えられ、パルスレーザ照射による半導体メモリ素子の飽和反転断面積の見積もりが可能であることが示唆された。

一方、重粒子イオン照射およびパルスレーザ照射から得られた閾値 LET はそれぞれ $1.8 \times 10^5 \text{ MeV}/(\text{mg}/\text{cm}^2)$ および $8.8 \text{ MeV}/(\text{mg}/\text{cm}^2)$ であり、大きく異なる結果であった。また断面積曲線の形状の違いも確認された。

本バースト SRAM に関してレーザ照射試験が半導体素子の SEU 断面積を見積もる簡易的な手法として利用するために、パルスレーザ径の効果、半導体中での励起や電荷収集のメカニズムについての検

討が必要であると結論づける。

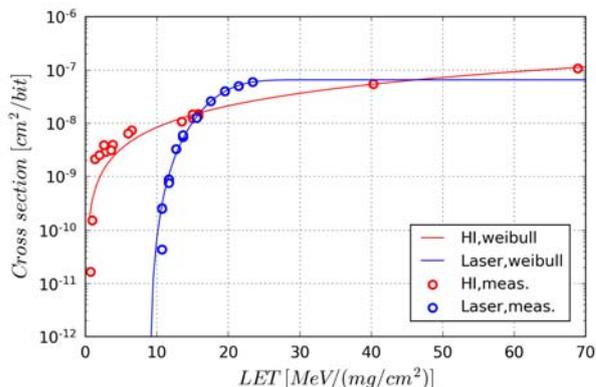


図 1 重粒子及びパルスレーザ照射に対する 9Mbit バースト SRAM の SEU 断面積

4. 引用(参照)文献等

- [1] Stephen P. Buchner et. al., IEEE Trans. Nucl. Sci. vol. 60, no. 3, pp. 1852-1875, June 2013.
- [2] <http://www.pulscan.com/index.php>