

二光子吸収過程パルスレーザを用いた 重イオン誘起ノイズパルスの入射位置依存性の再現

Simulation of ion-strike position dependence of heavy ion-induced noise pulses
with two photon absorption pulsed-laser

東大院工¹, 宇宙研²

○出口 拓実^{1,2}, 小林 大輔², 廣瀬 和之^{1,2}

The Univ. of Tokyo¹, ISAS/JAXA²,

○Takumi Deguchi^{1,2}, Daisuke Kobayashi², Kazuyuki Hirose^{1,2}

E-mail: deguchi.takumi@ac.jaxa.jp, hirose@isas.jaxa.jp

[緒言] 宇宙環境では、重イオンなどの高エネルギー荷電粒子が半導体デバイスに入射すると SET (Single Event Transient) と呼ばれる過度電流ノイズパルスが発生する。これはソフトウェアの原因となるため、SET 波形の地上での予測が重要である。加速器施設では使用できるイオン種やエネルギーが必ずしも自由には選べない。そのため、パルスレーザを用いた予測が注目されている。とりわけ、侵入長が長いために、デバイス表層配線による反射の課題を裏面照射によって回避できる二光子吸収過程が注目されている。これまで我々はガウシアンビームを用いて二光子吸収過程を起こし、重イオン誘起 SET 波形を再現したが[1]、既存の重イオン誘起 SET 波形に合わせ込むようにパルスレーザのエネルギー (PE) を調節したため、波形を持たない場合に PE をどう調節するか、すなわち予測する方法が課題として残された。その後、我々はベッセルビーム[2]を用いて二光子吸収過程を起こし、パルスレーザによる SET 波形と重イオン誘起 SET の時間積分量 (収集電荷量) Q_{col} が一致するように PE を調節すれば、SET 波形を再現できることを見だし、 Q_{col} を頼りに予測できる可能性を示した[3]。(このとき、重イオン誘起 SET の Q_{col} が重イオンの生成する電荷量と一致している場合には、それをシミュレーションによって計算可能であるために予測ができるようになる。)そこで我々は、この可能性を広く検討するために様々な場合について調査している。本稿では入射位置を変化させたときについて報告する。

[実験] 文献[3]と同様に、フェムト秒パルスレーザ (CrF, 波長 1260 nm, パルス幅 130 fs) と、アキシコンレンズ, チューブレンズ, 対物レンズを用いてベッセルビームを生成して試料に照射した。試料は文献[3, 4]と同一の Si PIN Photodiode (S5973, 浜松フォトニクス) であり、試料中にビームが二光子吸収過程で生成する初期電荷分布は、深さ方向で約 800 μm (半値幅), 動径方向で約 2 μm (半値幅) と見積もつ

た。測定には 1 GHz オシロスコープ (MSO 4104, Tektronix) を用いた。測定の帯域はこれが決めている。

[結果と考察] PE を 3.9 nJ で一定にして、パルスレーザがデバイスの中央と端に入射したときの SET 波形 (一例) を Fig.1 (a) に示す。ここで PE は中央入射時に 15MeV 酸素イオン誘起 SET 波形と一致するように決めた。Fig.1 (a) の通り、中央入射に比べて端入射ではピークが高く幅が伸びて Q_{col} が 32 % 増加した。一方、15MeV 酸素イオン誘起 SET では Q_{col} の増加は認められない[4]。この食い違いは興味深く、それぞれの飛程と、収集長の位置依存性で説明できそうである。次に、中央と端で Q_{col} が一致するように PE を調節して SET 波形を測定した。結果を Fig.1 (b) に示す。端入射における持続時間 (0.01 mA より大きな電流が流れる時間, pulse width) は、中央入射と比べて長くなった。15MeV 酸素イオン誘起 SET 波形でも同様の傾向があり[4]、 Q_{col} による再現・予測可能性がうかがえる。当日は、定量的な議論をしたい。

[謝辞] 本研究は、JSPS 科研費 JP20H02217 の助成を受けた。

参考文献

- [1] H. Itsuji, *et al.*, J. Appl. Phys., **56**, 2017.
- [2] J. Hales, *et al.*, IEEE TNS, **67**, 2019.
- [3] T. Karaki, *et al.*, JSAP Spring Meeting, **67**, 2021.
- [4] S. Onoda, *et al.*, NIMPR Section B, **231**, 2005.

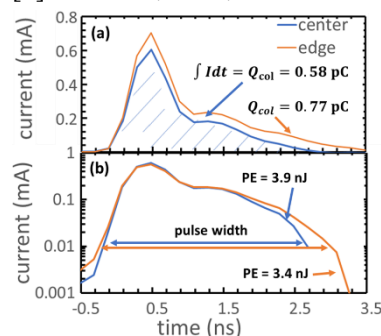


Fig.1 :Strike position dependence of Bessel beam-induced SET waveforms where PE constant (a) and PE adjusted (b).