بررسی قابلیت استفاده مجدد دزیمترهای ماسفت تجاری پرتودهی شده توسط تابش گاما

اسلامی، بهارک* (۱)– اشرفی، صالح(۲)

[۱] گروه فیزیک هسته ای، دانشگاه پیام نور، ایران

[۲] گروه فیزیک هسته ای، دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز

چکیده:

این مقاله امکان استفاده مجدد از ماسفتهای تجاری به عنوان دزیمتر برای اندازه گیری تابش گاما را بررسی می کند. نشان داده شده است که امکان استفاده مجدد آنها به پلاریزاسیون گیت هنگام تابش بستگی دارد. برای پلاریزاسیون گیت با ۸V هنگام تابش دهی، دزیمتر پیموس می تواند دوباره برای اندازه گیری دز تابش، بعد از بازپخت در دمای اتاق، استفاده شود. دزیمتر ماسفت با پلاریزاسیون گیت۲V هنگام تابش، نیز می توانند برای اندازه گیری دز تابش دوباره استفاده شوند ولی نشان داده شده است که برای استفاده مجدد آنها، لازم است که دزیمتر پیموس را بازپخت کنیم به طوری که محوشدگی بالاتر از ۸۰٪ باشد.

کلمات کلیدی: *دزیمتری، ماسفت، ولتاژ آستانه، تابش گاما، قابلیت استفاده مجدد*

مقدمه :

در چند سال گذشته با پیشرفتهای اخیر تکنولوژی، علاقه فزاینده ای به دزیمتری با استفاده از ماسفت ها(ترانزیستورهای اثر میدان نیم رسانای اکسید فلزی) به وجود آمده است [۱-۳]. این دزیمترها برای کاربردهایی نظیر صنایع فضایی، هسته ای و رادیوتراپی پزشکی پیشرفت زیادی کرده اند[۵-٤]. هنگامی که ماسفت در معرض تابش یونیزان قرار می گیرد، جفتهای الکترون وحفره در لایه اکسید آن تشکیل می شود. حفره های با تحرک کمتر در لایه اگسید ماسفت به دام انداخته می شوند و بارهای اضافی را پدید می آورند که مشخصه های ترانزیستور را تغییر می دهند[٦]. بارهای ایجاد شده توسط تابش مستقیما ولتاژ آستانه ترانزیستور را تحت تاثیر قرار می دهند. این مقاله تغییرات ولتاژ آستانه ایجاد شده توسط تابش یونیزان در ماسفتها را به عنوان روش پایش دز تجمعی تابش توصیف می کند. دزیمتر ماسفت باید دو ضرورت اساسی دزیمتری را بر آورده کند: حساسیت خوب نسبت به تابش داشته باشد و نیز تغییر قابل توجهی در ولتاژ آستانه ماسفت تابش دهی شده برای مدت طولانی ایجاد نشود.

افزایش حساسیت می تواند با افزایش اکسید گیت، با پشته کردن بیش از یک ترانزیستور، به کار بردن بایاس مثبت بر روی گیت هنگام تابش دهی به دست آید[۸-۷]. به خاطر ضروریات اشاره شده در بالا، لازم است که برای کاربردهای تجربی، وابستگی خطیی بین شیفت ولتاژ آستانه و دز تابش وجود داشته باشد. بعد از تابش تغییرات متداولی که روی می دهد، از دست رفتن اطلاعات دزیمتری می باشد. باز آرایش بار در لایه اکسید ماسفت بعد از تابش دهی، موجب تغییر در ولتاژ آستانه می شود. این امر به سختی قابل اجتناب می

باشد. از دست رفتن اطلاعات دزیمتری هنگام باز پخت را می توان بـا محاسـبه محوشـدگی مشـاهده نمـود. محوشدگی بر حسب درصد بیان، وبه صورت زیرمحاسبه می شود:

$$F(t) = \frac{\Delta V_T(R)}{\Delta V_T(\cdot)} \qquad (۱)$$

که در آن $\Delta V_T(R)$ تغییر ولتاژ آستانه ماسفت با زمان بعد از تابش دهـی مـی باشـد و$\Delta V_T(0)$تغییـر در ولتـاژ آستانه نسبت به تابش می باشد. مزایـای دزیمتـر ماسـفت شـامل بـازخوانی سـریع وغیـر مخـرب اطلاعـات دزیمتری، اندازه بسیار کوچک آن، توان بسیار کم مورد نیاز، محدوده کاربرد دز وسـیع، وقیمـت بسـیار قابـل مقایسه ای آن با سایر دزیمترها می باشد[۹-۱۰].

روش کار :

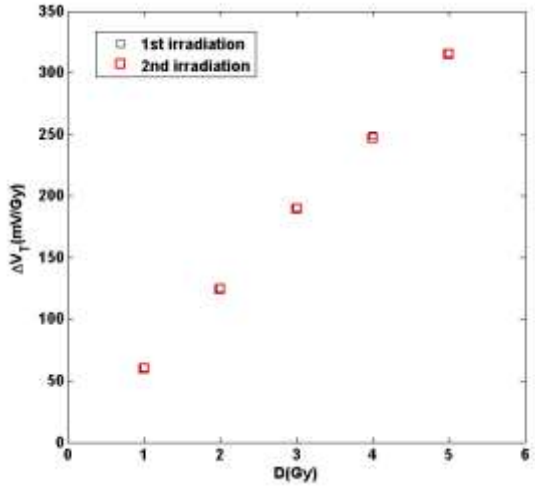
نمونه های آزمایشگاهی مورد استفاده ترانزیستورهای ماسفت تجاری دارای کانال پی ۳N163 می باشـند. که با استفاده از چشمه تابش ^{60}Co تا دز کل ۵گری تابش دهی شده اند. تمام انـدازه گیریهـا در یـک محـیط آزمایشگاهی کنترل شده در دمای محیطی ۲۰±۰,۲ °C انجام شده است. بایاس گیـت در طـول تـابش دهـی، برابر ۲و۸ و۰ ولت بوده است. تابش دهی تمام نمونه ها به صورت عمود بر لایـه اکسـید گیـت انجـام شـده است. بعد از تابش دهی، نمونه ها در دمای اتاق برای ٤٠ روز بدون بایاس گیت نگهداری شدند. بعـد از آن، دوباره در همان شرایط برای بار دوم، تابش دهی شده اند. تمام اندازه گیریها بر روی نمونه بـا قطـع کـردن فرایند تابش دهی و نگهداری در دمای اتاق انجام شده است. منحنی مشخصه انتقـالی ماسـفتها بـا اسـتفاده از آنالیزر نیم رسانای WQ4832 اندازه گیری شده است. ولتاژ آستانه ماسفت قبل از تابشV_{T0} ،و در طول تابش ونگهداری V_Tاز منحنی های مشخصه انتقالی، به صـورت محـل تقـاطع محـور V_G وبرونیـابی ناحیـه خطـی مشخصه $\left(\sqrt{I_D} - V_G\right)$ تعیین شده است.

$$\Delta V_T = V_T - V_{T\cdot} \qquad (۲)$$

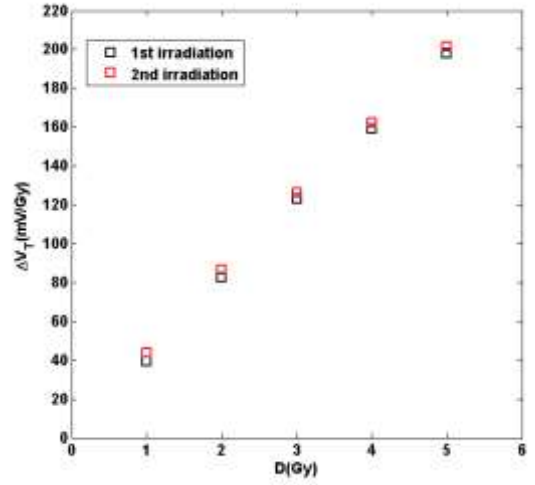
نتایج :

شکلهای (۱) و(۲) و (۳) وابستگی ولتاژ آستانه به دز تابش را برای تابش دهی مرحله اول ودوم بـرای ولتـاژ بایاس ۲و۸و۰ ولت را نشان می دهند. چون خطای اندازه گیری در مقایسه با اصل کمیت اندازه گیـری شـده بسیار ناچیز می باشد، از نمایش خطا در منحنی ها جهت سادگی مقایسه اجتناب شده است. می توان دید کـه تقریبا یک وابستگی خطی بین شیفت ولتاژآستانه ودز تابش وجود دارد که ثابت می کند حساسـیت دزیمتـر پیموس برای دز تابش تا ۵ گری می تواند به صورت زیر تعیین شود.

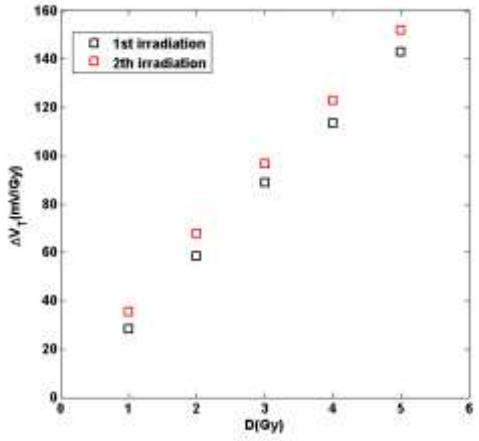
$$S_V = \frac{\Delta V_T}{D} \qquad (۳)$$



شکل(۱) تغییرات ولتاژ آستانه بر حسب دز بعد از پرتودهی اول ودوم برای $V_G = 8V$



شکل(۲) تغییرات ولتاژ آستانه بر حسب دز بعد از پرتودهی اول ودوم برای $V_G = 2V$

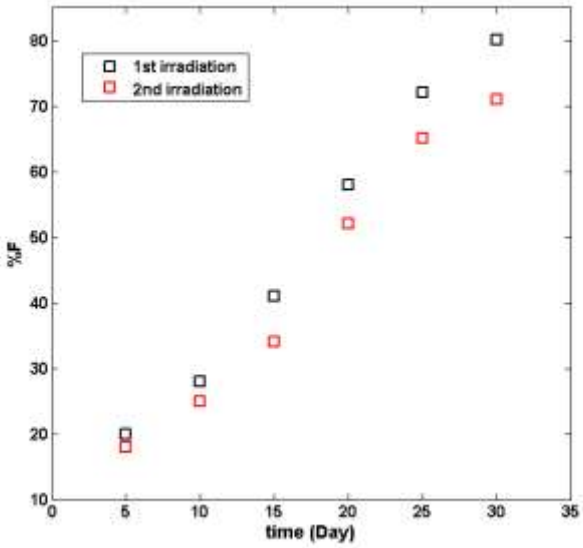


شکل(۳) تغییرات ولتاژ آستانه بر حسب دز بعد از پرتودهی اول ودوم برای $V_G = 0V$

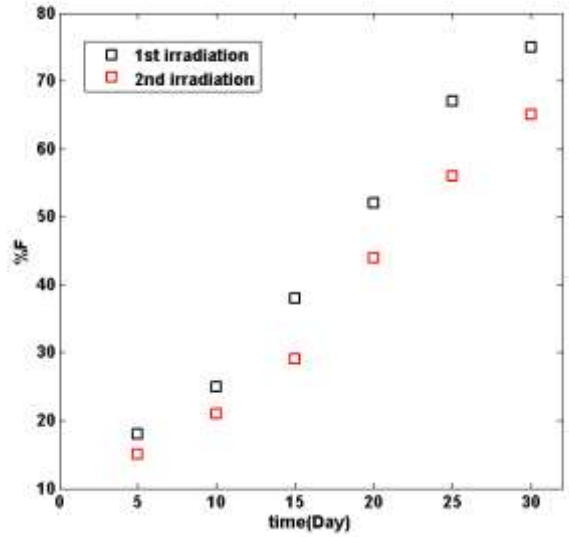
برای اولین ودومین تابش دهی در مورد ولتاژ بایاس $V_G = 8V$ ، مقادیر شیفت ولتاژ آستانه به طور تجربی همپوشانی کرده اند(شکل ۱)، ولی برای ولتاژ بایاس $V_G = 2V$، مقادیر شیفت ولتاژ برای دومین تابش دهی کمی بیشتر می باشند(شکل ۲)، در حالی که برای ولتاژ تابش ۰ولت ، مقادیر شیفت ولتاژ آستانه برای تابش دهی دوم به طور قابل ملاحظه ای بیشتر است(شکل ۳). همچنین از شکلهای (۱) تا (۳) نتیجه می شود که برای یک دز یکسان، افزایش ولتاژ بایاس منجر به افزایش شیفت ولتاژ آستانه مسی شود. شکلهای (٤) و(٥) و (٦)، محوشدگی ماسفت با بایاس گیت ۰و۲و۸ ولت هنگام تابش دهی، را نشان می دهند. ملاحظه می شود که محوشدگی در دمای اتاق بعد از اولین تابش بزرگتر از محوشدگی بعد از دومین تابش، می باشد. همچنین محوشدگی برای ماسفت با مقدار بایاس گیت بالاتر هنگام تابش، بیشتر می باشد. همانطورکه از شکل (۱)، ملاحظه می شود مقادیر شیفت ولتاژ آستانه برای تابش دهی اول ودوم برای بایاس۸ ولت تقریبا یکسان می باشند، با این وجود محوشدگی بعد ازاولین تابش دهی بیش از ۸۰٪ می باشد. این نشان می دهد که محوشدگی یک فاکتور محدود کننده برای دوباره استفاده کردن دزیمتر ماسفت نیست. از این رو، بعد از بازپخت در دمای اتاق این دزیمترها می توانند برای اندازه گیری دز تابش دوباره استفاده شوند. همچنین نمونه های با بایاس ۲ ولت هنگام تابش دهی (شکل ۲). ولی ضروری است که بازکالیبراسیون اضافی دیگری برای منحنی

$$\Delta V_T = F(D) \qquad (۴)$$

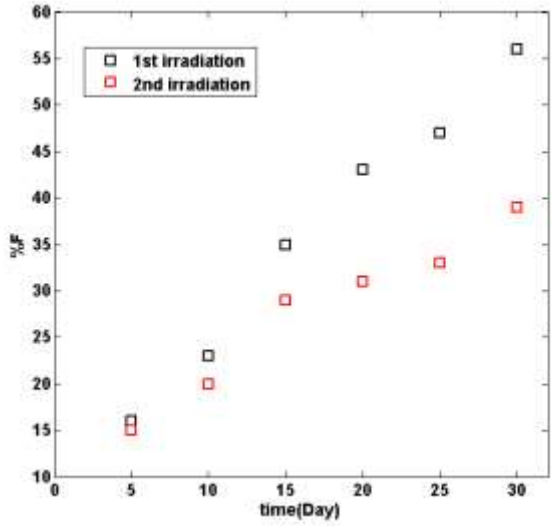
انجام دهیم. ماسفتهای تابش دهی شده بدون بایاس گیت (شکل ۳) را به دلیل تفاوت زیاد بین مقادیر شیفت ولتاژ آستانه بعد از تابش دهی اول و دوم، نمی توان دوباره برای اندازه گیری دز تابش استفاده نمود.



شکل(٤) تغییرات فیدینق بعد از پرتودهی اول ودوم برای $V_G = 8V$



شکل(۵) تغییرات فیدینق بعد از پرتودهی اول ودوم برای $V_G = 2V$



شکل(٦) تغییرات فیدینق بعد از پرتودهی اول ودوم برای $V_G = 0V$

نتیجه گیری:

طراحی سیستم دزیمتری با استفاده از ترانزیستورهای تجاری قابل دسترس به دلیل قیمت کم آنها نسبت به ماسفتهای مورد استفاده در پزشکی(رادفتها) دارای مزایای آشکاری می باشد. برای رسیدن به این هدف، ما مطالعه جامعی را برای بررسی پاسخ این ماسفتهای تجاری در برابر تابش گاما، انجام داده ایم، تا قابلیت استفاده مجدد این ماسفتها را بعد از تابش دهی بررسی کنیم. نشان داده شده است که مقادیر شیفت ولتاژ آستانه بعد از تابش دهی اول ودوم، هنگامی که بایاس گیتV ۸ بود، تقریبا یکسان می باشند، درحالی که آنها برای بایاس گیتV ۲، کمی متفاوت می باشند. چنان توافق نسبتا خوبی ما بین شیفت مقادیر ولتاژ آستانه با در نظر گرفتن این حقیقت بدست آمده است که محوشدگی بعد

از اولین بازپخت ۱۰۰٪تمی باشد، ولی بیشتر از ۸۰٪ است. اگر این ماسفتها بعد از اولین تابش در دمای اتاق برای مدت معینی نگهداری شوند، می توانند دوباره برای اندازه گیری دز تابش گاما مورد استفاده قرار بگیرند.

مراجع :

[۱]Row bottom, C. G., Jaffray, D. A., Characteristics and Performance of Micro-MOSFET: an "Imageable" Dosimeter for Image Guided Radiotherapy, Med. Phys., 31 (2004), 3, pp. 609-615

[۲]Jornet, N., et al., Comparison Study of MOSFET Detectors and Diodes for Entrace in Vivo Dosimetry in 18 MV X-Ray Beams, Med. Phys., 31 (2004), 9, pp.2534-2542

[۳] Scarantino, C. W., et al., An Implantable Radiation Dosimeter for Use in External Beam Radiation Therapy, Med. Phys., 31 (2004), 9, pp. 2658-2671

[٤] A.G. Holmes. Siedle, The space charge dosimeter- General principles of a new method of radiation dosimetry, Nucl. Instrum. Methods, 121 (1974) 169-179.

[٥] Glad stone, D. J., et al., Miniature MOSFET Radiation Dosimeter Probe, Med. Phys., 21 (1994), 11, pp. 1721-1728

[٦] Ristic, G., Golubovic, S., Pejovic, M., Sensitivity and Fading of pMOS Dosimeters with Thick Gate Oxide, Sensors and Actuators A, 51 (1996), 2-3, pp. 153-158

[٧] Ristic, G., Jaksic, A., Pejovic, M., pMOS Dosimetric Transistors with Two-Layer Gate Oxide, Sensors and actuators A, 63 (1997), pp. 129-134

[٨] O'Connel, B., et al., Stacked RADFETs for Increased Radiation Sensitivity, IEEE Trans. Nucl. Sci., 43 (1996), 3, pp. 985-990

[٩]Kelleher, A., et al., Investigation In to the Reuse of PMOS Dosimeters, IEEE Trans. Nucl. Sci., 41 (1994), 3, pp. 445-451

[۱۰]Knoll, G. F., Radiation Detection and Measurement, 1989, John Wiley and Sons, New York, USA