



مطالعه مقایسه‌ای رفتار ماسفتها در برابر گامای ناشی از چشمه ^{60}Co

اسلامی، بهارک* (۱) - بهمنی، جواد (۱) - موحدی فر، امیر (۲)

^۱ دانشگاه پیام نور، دانشکده علوم، گروه فیزیک هسته‌ای

^۲ دانشگاه تبریز، دانشکده علوم، گروه فیزیک هسته‌ای

چکیده:

تابش یونیزان می‌تواند منجر به آثار زیانباری بر بافت موجودات و قطعات و ابزارهای مختلف شود. از بین دزیمترهای موجود در بازار، ماسفتها به خاطر برخی مزایای عمده و منحصر بفرد توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثرات تابش گاما بر روی ماسفتها و بررسی امکان استفاده از آنها به عنوان دزیمتر تابش گاما می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده، میزان شیفیت ولتاژ آستانه نسبت به دز در مورد نمونه‌های مورد بررسی، رفتار خطی خوبی را نشان می‌دهد. تغییرات ولتاژ در حالت فعال نسبت به حالت غیر فعال به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: دزیمتر، ماسفت، تابش گاما، ولتاژ آستانه، حالت فعال، حالت غیر فعال، حساسیت

مقدمه:

با کشف و شناخت ماهیت تابش و پرتوها توسط دانشمندان از دهه ۱۹۸۰، کاربردهای مختلف از آن توسعه زیادی پیدا کرد [1]. امروزه از این تابش‌ها در پزشکی، تحقیقات آکادمیک، صنعت و حتی تولید برق استفاده می‌شود [2]. علاوه بر این تابش کاربردهای مفیدی در زمینه‌های کشاورزی، باستان‌شناسی، اکتشافات فضایی و زمین‌شناسی دارد [3]. علیرغم تمامی مزیت‌ها و کاربردهای فراوانی که تابش‌های هسته‌ای دارند، این پرتوها می‌توانند منجر به آثار زیان‌باری بر بافت موجودات زنده شود که این آثار بستگی به عوامل مختلفی نظیر دز، آهنگ دز، زمان پرتو دهی و... دارند [4]. استفاده از پرتوهای یون‌ساز در زمینه تشخیص و درمان، ضرورت اندازه‌گیری شدت و انرژی تابشها یا دزیمتری را به همراه دارد. دایره‌ی تنوع آشکارسازها همچنان باز و رو به توسعه است. تاریخچه این علم به روزهای نخستین کشف اشعه ایکس و پرتوهای گاما باز می‌گردد و امروزه دزیمتری یکی از ارکان پرتودرمانی محسوب می‌گردد [5]. پرتو کارها علاقه‌افری به استفاده از دزیمترهای فعال خصوصاً دزیمترهای الکترونیکی دارند. دزیمترهای الکترونیکی دارای انواع مختلفی مانند شمارنده‌های گایگر مولر و دیوهای سیلیکون و ترمولومیسانس‌ها هستند [6]. از آنجا که استفاده از ترمولومیسانس‌ها وقت زیادی می‌گیرد و اندازه‌گیری به وسیله آنها غیر مستقیم بوده و به کاربری ماهر نیاز است، استفاده از دزیمترهای نیمه رسانا کاربردی‌تر می‌باشد. دزیمترهای نیمه رسانا به دو دسته کلی دیوهای سیلیکونی و ماسفت‌ها تقسیم می‌شوند. چون در مورد دیوهای نیاز به فاکتورهای تصحیحی زیادی است، ماسفت‌ها جایگزین خوبی برای دزیمتری می‌باشند. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثرات تابش گاما بر روی ماسفتها و بررسی امکان استفاده از آنها به عنوان دزیمتر تابش



گاما می‌باشد. در این مقاله از تغییرات ولتاژ آستانه ایجاد شده توسط تابش در ماسفتها، به عنوان روش پایش دز تجمعی استفاده کرده ایم. سه نوع از ماسفت های تجاری برای بررسی قابلیت آنها به عنوان دزیمتر تابش گاما، تست و بررسی شده است. یافته ایم که ترانزیستورها رفتار خطی خوبی در شیف و ولتاژ آستانه شان با دز تابش نشان می دهند. مطابق این نتایج، دزیمتری تابش گاما با استفاده از ماسفت های تجاری ارزان قیمت برای اولین بار در کشور انجام شده است و این ماسفتها نتایج خوبی برای حساسیت را نشان می دهند.

روش کار:

جهت استفاده از ماسفت برای مقاصد دزیمتری، اولین مرحله انتخاب ماسفت تجاری مناسب و قابل دسترس می باشد. ماسفت های موجود در فروشگاهها دارای تنوع زیاد و ساختارها و پیکربندیهای متفاوت هستند. انتظار می رود رفتار ماسفت در مقابل تابش یونیزان تحت تاثیر ساختار فیزیکی آن باشد. در نتیجه آنالیز پاسخ و رفتار انواع مختلفی از ماسفتها ارزشمند خواهد بود. طبق بررسی های انجام شده انتخاب ماسفت های مناسب توجه خاصی لازم دارد. زیرا برخی از این ماسفتها دارای دیود بدنه می باشند که به عنوان یک عنصر پارازیتی عمل می کند و مانع از تاثیر تابش بر روی ماسفت می شود [7]. از بین ترانزیستورهای تجاری موجود و قابل دسترس ما آنهایی را انتخاب کردیم که : اولاً برای سیگنالهای کوچک طراحی شده اند. دوماً، دارای ولتاژ گیت - سورس ماکزیمم می باشند. (این مورد معیاری از ضخامت اکسید گیت ضخیم تر می باشد). ما به دنبال یک ترانزیستور ساده و تکی بودیم که از ساختارهای پارازیتیک آزاد باشد. این امر منجر شد که ماسفت های عمودی و یا ماسفت های قدرت را که شامل اکثریت ماسفت های ساده و تکی می باشند را کنار بگذاریم. زیرا ترانزیستور های عمودی دارای یک دیود محافظ در برابر ولتاژ بالا می باشند. همچنین قطعات دارای مد افزایشی بهتر می باشند. در بین سایر ماسفت های قابل دسترس ضخامت لایه اکسید گیت یک پارامتر مهم در حساسیت به تابش می باشد، چون ضخامت لایه اکسید اغلب توسط سازندگان ترانزیستورها مخفی می ماند در دیتا شیت ها به دنبال اطلاعاتی در این زمینه بودیم که فهمیدیم ماکزیمم ولتاژ گیت و بدنه قبل از شکست در غیاب ساختارهای اضافی یک پارامتر خوب می باشد زیرا هر چه قدر مطلق ماکزیمم ولتاژ گیت و بدنه بیشتر باشد، یعنی ضخامت لایه اکسید بیشتر است. مدلهایی از این گونه ترانزیستورها عبارتند از

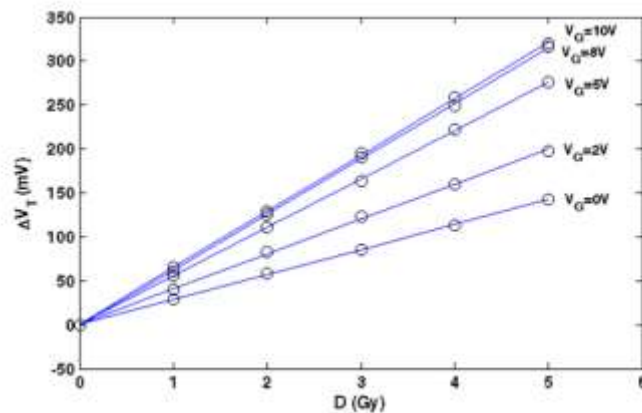
${}^3\text{N163}$ (Vishay – Siliconix (USA)) و ZVP3306 و BS250F ساخت شرکت Plano امریکا. تابش دهی ترانزیستورها توسط اشعه گامای ناشی از چشمه ${}^{60}\text{Co}$ به صورت عمود بر لایه گیت آنها انجام شده است. تابش دهی تا رسیدن به دز مطلوب تداوم داشته است. در کلیه موارد، به منظور کاهش خطای ناشی از تغییر دما ولتاژ آستانه بلافاصله بعد از هر پرتو دهی اندازه گیری شده است. تعدادی از ترانزیستورهای مورد نظر با اندازه گیریهای قبل از تابش دهی جهت شباهت

بیشتر خصوصیات الکتریکی، انتخاب شدند. تابش دهی ترانزیستورهای مورد استفاده در چند گروه در حالت فعال (اکتیو) با اعمال ولتاژ بر روی گیت در حالی که سایر پایه ها اتصال به زمین بودند و در حالت غیر فعال (پسیو) بدون اعمال ولتاژ به گیت در حالی که تمام پایه ها اتصال به زمین بودند، انجام شده است. کلیه آزمایشهای پرتودهی در دمای اتاق صورت گرفته است.

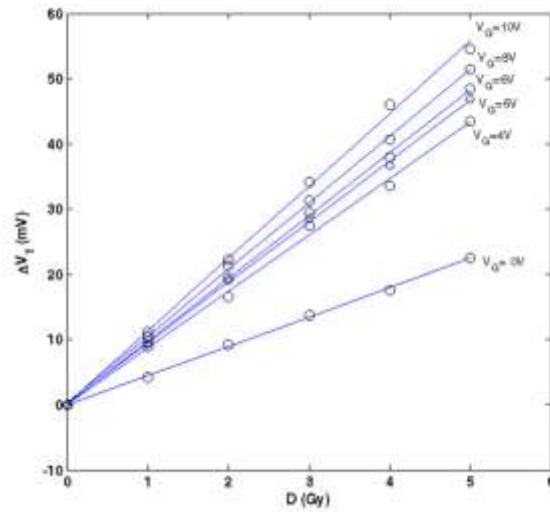
به منظور تعیین پاسخ به تابش، منحنی مشخصه های انتقالی هر ترانزیستور قبل و بعد از تابش دهی با استفاده از آنالیزر نیم رسانای WQ4832 به دست آمده است. این سیستم امکان اندازه گیری مشخصه های هر کدام از قطعات را قبل و بعد از تابش فراهم می کند و سپس ولتاژ آستانه از قطع دادن خط مماس بر ناحیه خطی منحنی $(I_D)^{1/2} - V_G$ با محور V_G اندازه گیری شده است.

نتایج:

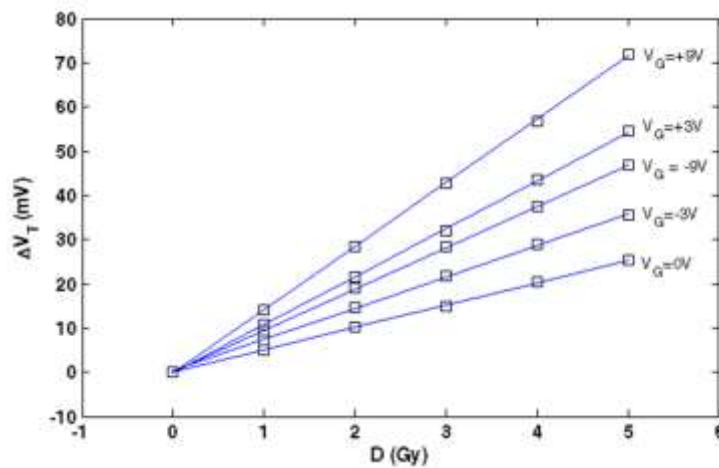
شکل های (۱) و (۲) و (۳) به ترتیب نتایج به دست آمده تحت تابش گاما برای ماسفتهای $^{31}N163$ و ZVP3306 و BS250F را هم در حالت غیر فعال و هم در حالت فعال را نشان می دهد.



شکل (۱) شیفت ولتاژ آستانه $^{31}N163$ ، در حالت فعال و غیر فعال



شکل (2) شیف‌ت ولتاژ آستانه ZVP3306، در حالت فعال و غیر فعال

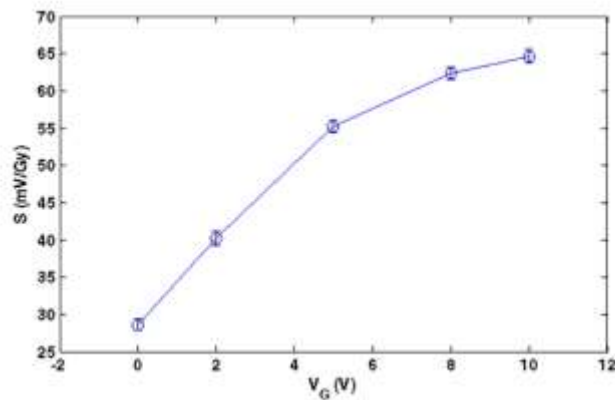


شکل (3) شیف‌ت ولتاژ آستانه BS250F، در حالت فعال و غیر فعال

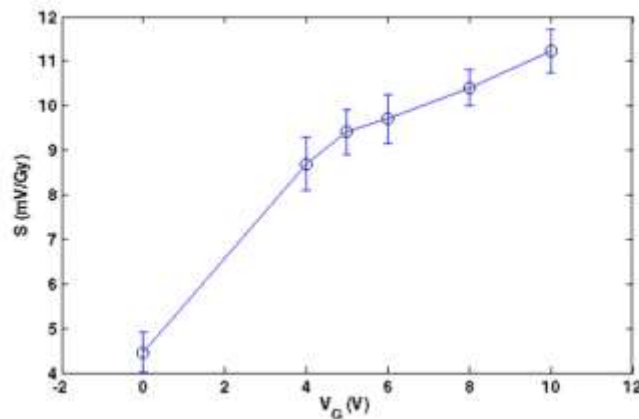
شایان ذکر است که رفتار مشابهی برای سایر ماسفتها نیز دیده شده است. توانایی ماسفت در پاسخ به تابش را حساسیت می‌گوییم که منظور از پاسخ تغییر ولتاژ آستانه است و با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$S = \frac{\Delta V_{th}}{D} \quad (1)$$

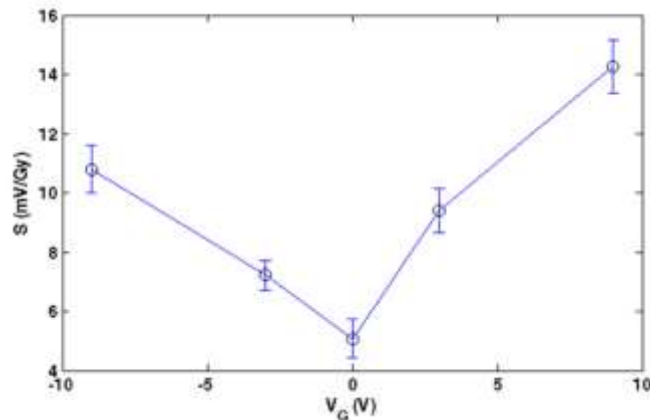
که در آن D دز جذب شده می‌باشد. تفاوت در ضخامت لایه اکسید سبب ایجاد حساسیت‌های مختلفی می‌شود. شکل های (۴) و (۵) و (۶) به ترتیب نتایج به دست آمده برای حساسیت ماسفتهای ^{163}N و ZVP3306 و BS250F را هم در حالت غیر فعال و هم در حالت فعال را نشان می‌دهد.



شکل (۴) حساسیت ماسفت ^{163}N بر حسب ولتاژ گیت



شکل (۵) حساسیت ماسفت ZVP3306 بر حسب ولتاژ گیت



شکل (۶) حساسیت ماسفت BS250F بر حسب ولتاژ گیت

بحث و نتیجه گیری:

مطابق نتایج به دست آمده، میزان شیفت ولتاژ آستانه نسبت به دز در مورد نمونه های مورد بررسی، رفتار خطی خوبی را نشان می دهد. تغییرات ولتاژ در حالت فعال نسبت به حالت غیر فعال به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. هنگام اعمال ولتاژ منفی به گیت مانند حالت بایاس مثبت گیت، با افزایش مقدار قدر مطلق بایاس گیت میزان شیفت ولتاژ آستانه ماسفت افزایش می یابد. علاوه بر این بیشترین تغییرات در ولتاژ آستانه زمانی به دست می آید که ولتاژ اعمال شده به گیت مثبت باشد. هر چه قدر مطلق بایاس گیت بیشتر باشد تغییرات ولتاژ آستانه بیشتر شده و حساسیت افزایش می یابد. همچنین تغییرات در ولتاژ آستانه برای بایاس مثبت گیت نسبت به مورد بایاس منفی گیت نتایج بهتری تولید می کند. همانطور که در شکل‌های (۴) و (۵) و (۶) می بینیم، حساسیت به دست آمده برای این پیموسه‌های مورد بررسی عدم قطعیت کم و رفتار خطی خوبی را نشان می دهد. در نتیجه حساسیت تابش را می توان به عنوان پارامتر دزیمتری بررسی نمود. بیشترین تغییرات در ولتاژ آستانه (حساسیت بیشتر) زمانی به دست می آید که ولتاژ اعمال شده به گیت مثبت باشد. و نیز تغییرات در ولتاژ آستانه در مورد بایاس گیت مثبت نسبت به مورد بایاس گیت منفی بیشتر است. مقدار ولتاژ اعمالی به گیت هر چه بزرگتر باشد حساسیت ماسفت بیشتر می شود که این می تواند به دلیل افزایش بارهای مثبت به دام افتاده در اکسید گیت باشد. نکته مهم این که حساسیت بیشتر لزوماً مزیت شمرده نمی شود، مخصوصاً در کاربردهای مربوط به دز بالا، زیرا ماکزیمم دز قابل آشکارسازی را کاهش خواهد داد.



مراجع:

- [1] Anatoly B. Rosenfeld, electronic dosimetry in radiation therapy, Radiation Measurements, 41, (2007), S134–S153.
- [2] P. Andreo, D.T. Burns, K. Hohlfeld, M.S. Huq, T. Kanai, F. Laitano, V. Smyth, S. Vynckier, Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water, IAEA Technical Reports Series No. 398, International Atomic Energy Agency, Vienna, (2001).
- [3] Adams, L. and Holmes-Siedle, A. The development of an MOS dosimetry unit for use in space. IEEE Trans. Nucl. Sci. 25, (1978), 1607–1612.
- [4] J. Banqueri, M.A. Carvajal and A.J. Palma, Modeling of radiation effects in MOSFETs, (2013).
- [5] J. Banqueri, M.A. Carvajal and A.J. Palma, Modeling of radiation effects in MOSFETs, (2013).
- [6] Jean Barthe, electronic dosimetry based on solid state dosimeters, nuclear instruments and methods in physics research B, 184, (2001), 158-189.
- [7] C. F. Chuang, L. J. Verley, P. Xia, Investigation of the Use of MOSFET for Clinical IMRT Dosimetric Verification. Medical Physics, 29, 6, (2002), 1109-1115.