



انجمن حفاظت در برابر اشعه ایران

مقاله کنفرانسی



مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان (ویژه نامه) ۱۴۰۱، صفحه ۸۹-۹۲

ششمین کنفرانس سنجش و ایمنی پرتوهای یون ساز و غیر یون ساز (مرداد ماه ۱۴۰۰)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۰۸

بررسی اثر تابش گاما روی خواص الکتریکی ترانزیستور و دیود سیلیکونی برای کاربرد در دزیمتری دزهای بالا

زهرا دارم^۱، بابک شیرانی بیدآبادی^{۱*} و سعید گلشاه^۲

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

^۲پژوهشکده مواد و انرژی، پژوهشگاه فضایی ایران، وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات، اصفهان، ایران.

اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده فیزیک، کدپستی: ۷۳۴۴۱-۸۱۷۴۶

پست الکترونیکی: b.shirani@ast.ui.ac.ir

چکیده

در این مقاله، اثر تابش گاما روی خواص ترانزیستورهای دوقطبی و ماسفت و دیودهای شاتکی و معمولی برای دزیمتری بررسی و مقایسه شده است. برای پرتوهای گاما از دستگاه گاماسل حاوی چشمه کبالت ۶۰ با فعالیت ۵۷۷۰ کوری واقع در سازمان انرژی اتمی تهران استفاده شد. آزمایش‌ها برای پرتوهای قطعات تحت دزهای ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ کیلوگری انجام شدند. نتایج نشان داد که پرتوهای گاما در این محدوده دز، به طور قابل توجهی بر پارامترهای قطعات الکترونیکی تأثیرگذار است. منحنی تغییرات دز نسبت به جریان خطی است. دزیمترهای فردی را می‌توان به دو دسته فعال و غیرفعال تقسیم‌بندی کرد. در دزیمترهای غیرفعال فردی از آشکارسازهایی که توان نگهداری داده‌های ثبت شده برای مدت طولانی را دارند استفاده می‌شود. آشکارسازهای حالت جامد ردپای هسته‌ای و گرمایی از مهم‌ترین گزینه‌های مورد استفاده، دزیمترهای غیرفعال هستند [۱-۳]. با رشد و پیشرفت فناوری مواد نیم‌رسانا به‌ویژه سیلیسیم، دزیمترهای فعال فردی گاما بر پایه سیلیسیم توسعه‌ی خوبی یافته و آن‌ها به جای فیلم بیج‌های غیرفعال گاما مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ترانزیستورها و دیودهای سیلیسیمی به دلیل داشتن حجم کوچک، وزن کم، ولتاژ کاری پایین، قدرت تفکیک انرژی خوب، عملکرد ساده و سهولت حمل، بهترین ابزار برای استفاده به‌عنوان آشکارساز در دزیمتر فعال فردی گاما هستند [۴-۵].

کلیدواژه‌گان: آسیب تابشی، دزیمتری، تابش گاما، چشمه کبالت ۶۰، حساسیت دزیمتر.

۱. مقدمه

پرتوهای گاما به‌طور قابل توجهی در زمینه‌های مختلفی از صنعت، پزشکی، نظامی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پرتو گاما با وجود کاربردهای بسیار مفید، در عین حال بسیار خطرناک است. لازم است میزان پرتوگیری پرتوکاران، اندازه‌گیری و کنترل گردد. این کار با وسیله‌ای به نام دزیمتر انجام می‌شود. دزیمتر تابشی، دستگاهی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم دز جذب شده، معادل دز، مشتقات زمانی آن‌ها (آهنگ‌ها) یا کمیت‌های مرتب با اشعه یونیزه را اندازه‌گیری یا ارزیابی می‌کند. یک دزیمتر به‌همراه قرائت‌گر آن یک سیستم دزیمتری گفته می‌شود [۶].

طی چند دهه اخیر، برای آشکارسازی تابش یونیزان، قطعات و مواد جدید مانند فیبرکربن [۷]، قطعات اکسید فلزی [۸]، مواد

میدان الکتریکی اعمال شده در طول تابش و دز جذب شده توسط دزیتر بستگی دارد.

$$S_I = \frac{\Delta I}{D} \quad (1)$$

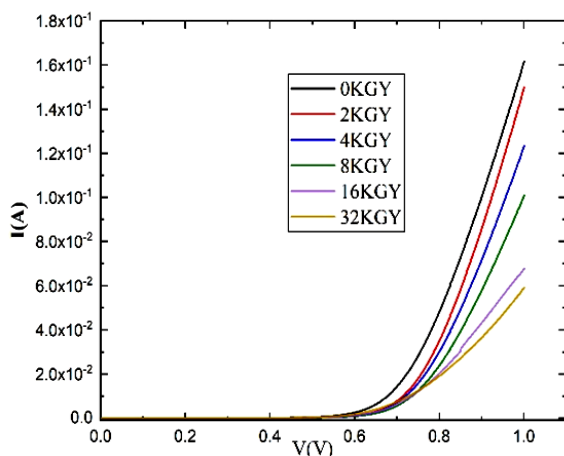
بیش تر بودن شیب تغییرات منحنی مشخصه قطعه نسبت به دز جذبی نشان‌دهنده حساسیت بالاتر و مناسب تر بودن آن قطعه برای کاربرد به‌عنوان دزیتر است.

دیودهای انتخاب شده از دیودهای تجاری پر مصرف هستند و در جدول ۱ مشخصات آن‌ها با هم مقایسه شده است.

جدول (۱): مشخصات دیود MUR۴۶۰، BY۳۹۹ و 1N5۳۹۹.

نام دیود	تکنولوژی	ولتاژ روشن شدن	ولتاژ شکست	بیشینه جریان
MUR۴۶۰	Ultra fast	۰/۴ ولت	۴۰۰ ولت	۴ آمپر
BY۳۹۹	Fast	۰/۶ ولت	۵۶۰ ولت	۳ آمپر
1N5۳۹۹	General Proposed	۰/۷ ولت	۲۰۰ ولت	۱/۵ آمپر

تغییرات منحنی I-V دیودها در شکل های ۱ تا ۳ نشان داده شده است. در شکل ۴ حساسیت تغییرات جریان دیود نسبت به دز جذبی نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد برای دزیتری در محدوده ۱-۱۶ kGy دیود 1N5۳۹۹ گزینه مناسبی است.



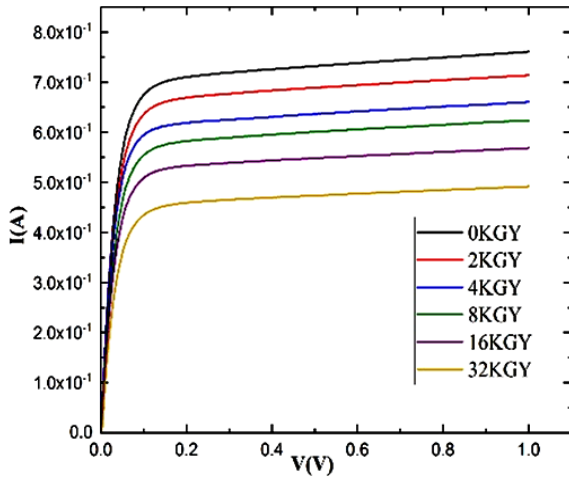
شکل (۱): دیود 1N5399.

نیمه هادی آلی [۹]، ترانزیستور اثر میدان نیمه هادی اکسید فلزی [۱۰] و غیره مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته‌اند. در بین انواع حس‌گرهای تابشی موجود، حس‌گر تابشی به شکل قطعه به دلیل کوچک بودن، ذخیره سازی بار به مدت طولانی، ولتاژکار پایین، مستقل بودن از میزان دُز و حساسیت قابل تنظیم اهمیت زیادی دارد. اما برخی از محدودیت‌ها، از جمله اشباع ولتاژ آستانه پس از دریافت حداکثر دُز، وابستگی حساسیت به انرژی تابش و غیره را دارد. علاوه بر این، عملکرد حس‌گر به کیفیت اکسید گیت، ضخامت لایه اکسید فلزی و ولتاژ بایاس بستگی دارد [۱۱].

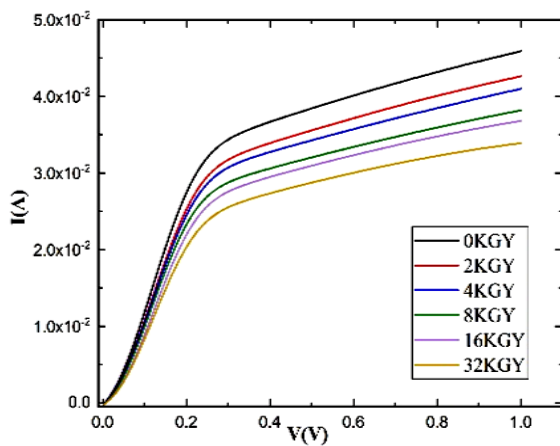
حساس‌ترین قسمت دستگاه MOSFET یا MOS در برابر اشعه یونیزان لایه اکسیدی است که در آن جفت‌های الکترون-حفره توسط پرتوهای یونیزه تولید می‌شوند. در واقع عملکرد اصلی دزیتر MOS براساس تولید جفت‌های الکترون-حفره در دی اکسید سیلیکون SiO₂ به علت تابش یونیزه‌کننده فرودی می‌باشد. وقتی تابش روی MOS تابیده می‌شود باعث بیرون انداختن الکترون‌ها از اتم‌های لایه SiO₂ و حرکت آن‌ها به سمت حفره‌ها (با بار مثبت) می‌شود. الکترون‌های تولید شده که تحرکشان در دمای اتاق چهار برابر بزرگتر از حفره‌ها است به سرعت به سوی الکتروود گیت حرکت می‌کنند. حفره‌هایی که از باز ترکیب اولیه فرار می‌کنند به طور نسبی بدون حرکت مانده و در نزدیکی نقطه تولیدشان می‌مانند. متناظر با حفره‌ها، بار منفی تصویری در سیلیکون تولید می‌گردد که این خود باعث کاهش پتانسیل می‌شود. اندازه‌گیری مقدار این بار، متناسب با مقدار دُز دریافتی است [۱۲].

در این روش دو ترانزیستور دو قطبی و یک ترانزیستور اثر میدان و سه نوع دیود مختلف با سیستم گاماسل در محدوده دز ۲-۳۲ kGy، پرتو دهی شدند. اگر پاسخ نسبت به دز خطی باشد، این قطعات برای دزیتری انتخاب مناسبی هستند. حساسیت به صورت تغییرات جریان به دز جذبی تعریف می‌شود. حساسیت دزیتر اساساً به ضخامت اکسید گیت و روند رشد اکسید گیت،

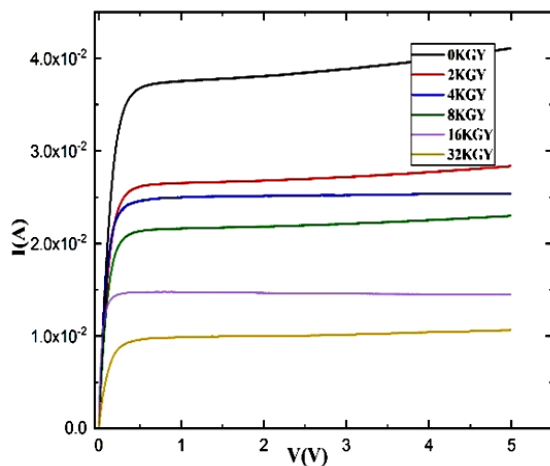
در شکل ۹ نیز حساسیت این ترانزیستورها با هم مقایسه شده‌اند. ترانزیستور IRF740 بیش‌ترین حساسیت را در محدوده دزیمتری تحت بررسی از خود نشان داده است.



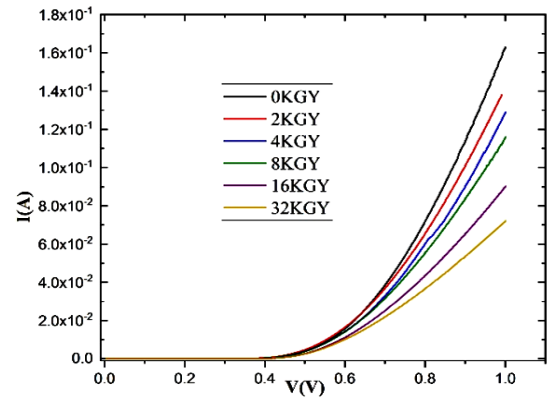
شکل (۵): ترانزیستور 2N2222.



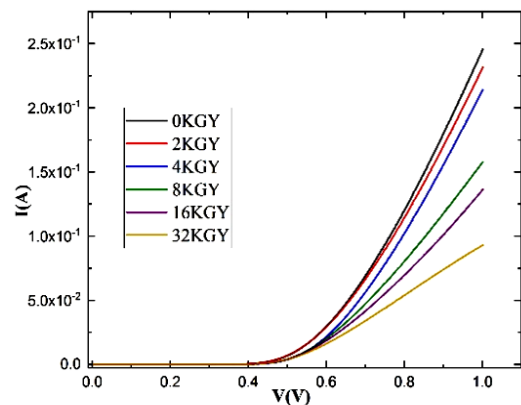
شکل (۶): ترانزیستور BC107.



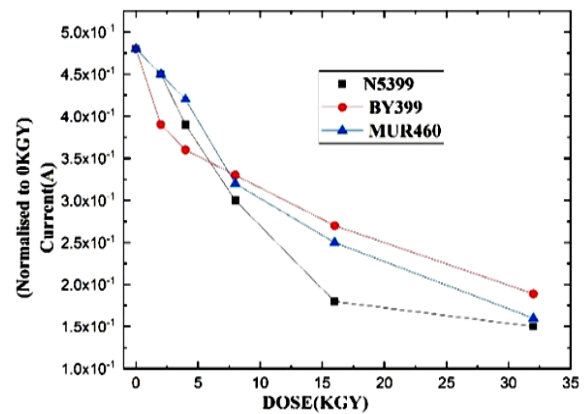
شکل (۷): ترانزیستور IRF740.



شکل (۲): دیود By399.



شکل (۳): دیود MUR460.



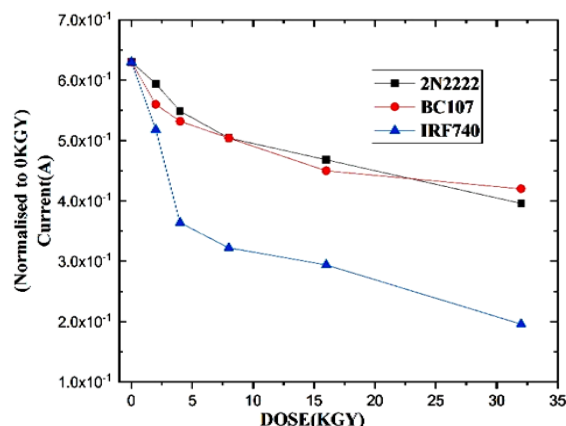
شکل (۴): مقایسه حساسیت.

در شکل‌های ۵ تا ۷ تغییرات منحنی مشخصه ترانزیستورها به‌ازای دزهای مختلف نشان داده شده و برای اندازه‌گیری منحنی I-V با استفاده از اتولب، از یک مدار مطابق شکل ۹ استفاده می‌شود.

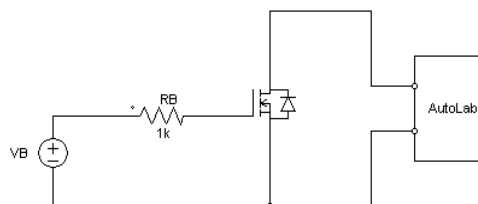
۲. نتایج و بحث

در این پژوهش به بررسی تجربی اثر پرتو گاما بر قطعات الکترونیکی پرداخته شده است. یک ترانزیستور n ماسفت و دو ترانزیستور دو قطبی که در ناحیه فعال بایاس شده بودند برای دزیمتری استفاده شد.

مشاهده شد که پاسخ دزیمتر نسبت به دز دریافتی خطی است، و دز تابشی در محدوده ۲-۳۲ kGy در منحنی I-V قطعات الکترونیکی تأثیرگذار است و از این ویژگی برای دزیمتری استفاده شد. از بین ترانزیستورها IRF740 برای دزیمتری با توجه به پاسخ خطی و از بین دیودها، دیود 1N5399 مناسب‌تر است.



شکل (۸): مقایسه حساسیت.



شکل (۹): مدار اندازه‌گیری I-V ترانزیستور.

۳. مراجع

1. S. A. Durrani, R. K. Bull. *Solid State Nuclear Track Detection Principles Methods and Applications*. Pergamon Press, UK, 1987.
2. H. Zaki Dizaji, M. Shahriari, G. R. Etaati. Monte Carlo Calculation of CR-39 efficiency for fast neutron detection using a combination of MCNP and SRIM codes, and comparison with experimental results. *Radiat. Meas.* 42 (2007) 1332-1334.
3. G. F. Knoll. *Radiation Detection and Measurement*. John Wiley Press, New York, 1989.
4. T. Nunomiya, S. Abe, K. Aoyama, T. Nakamura. Development of advanced-type multi-functional electronic personal dosimeter. *Radiat. Prot. Dosim.* 126 (2007) 284-287.
5. M. Wielunski, R. Schutz, E. Fantuzzi, A. Pagnamenta, W. Wahl, J. Palfalvi, P. Zombori, A. Andradi, H. Stadtmann, Ch. Schmitzer. Study of the sensitivity of neutron sensors consisting of a converter plus Si charged-particle detector. *Nucl. Instr. Meth. A* 517 (2004) 240-253.
6. A. M. H. Abaza. New trend in radiation dosimeters. *Amer. J. Modern Phys.* 7 (2018) 21-30.
7. J. Ma, J. T. W. Yeowa, J. C. L. Chow, R. B. Barnett. A carbon fiber-based radiation sensor for dosimetric measurement in radiotherapy. *Carbon* 46 (2008) 1869-1873.
8. V. S. S. Srinivasan, A. Pandya. Feasibility study of thin film Al/SnOx/n-Si gate stack for gamma radiation dosimetry. *Radiat. Measurements* 44 (2009) 325-327.
9. H. N. Raval, S. P. Tiwari, R. R. Navan, V.R. Rao. Determining ionizing radiation using sensors based on organic semiconducting material. *Appl. Phys. Letters* 94 (12) (2009) 123304.
10. I. S. Kwan, A. B. Rosenfeld, Z. Y. Qi, D. Wilkinson, M. L. F. Lerch, D. L. Cutajar, M. Safavi-Naeni, M. Butson, J. A. Bucci, Y. Chin, V. L. Perevertaylo. Skin dosimetry with new MOSFET detectors. *Radiat. Measurements* 43 (2008) 929-932.
11. V. S. S. Srinivasan, A. Pandya. Dosimetry aspects of hafnium oxide metal-oxide semiconductor (MOS) capacitor. *Thin Solid Films* 520 (2011) 574-577.
12. T. R. Oldham. Total ionizing dose effect in MOS oxides and devices. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 50 (3) (2003) 483-499.