

بررسی امکان استفاده از خازن های الکترولیتی برای دزیمتری پرتوهای گاما در حوزه پرتوفاوری با دزهای بالا

بهروز صالح پور^۱، شهریار ملکی^۲

۱- دانشگاه تبریز، دانشکده فیزیک

۲- سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

چکیده

با توجه به افزایش روز افزون کاربرد پرتوهای یونساز در صنعت، پزشکی و کشاورزی، ضرورت استفاده از ابزارهای دزیمتری جهت اندازه گیری دز جذبی یک مسأله اساسی قلمداد می شود. در این کار تجربی چند نوع خازن الکترولیتی تهیه و تحت پرتودهی گاما در دزهای مختلف قرار گرفت. ظرفیت الکتریکی این خازنها قبل و بعد از پرتودهی در بسامدهای مختلف اندازه گیری شد. با توجه به کاهش یک تا ده درصدی ظرفیت الکتریکی این خازنها در اثر پرتودهی و خطی بودن نمودار درصد کاهش نسبی ظرفیت بر حسب دز جذبی گاما، ایده استفاده از خازنهای الکترولیتی به منظور دزیمتری تابش های یونساز نظیر گاما قابل بررسی می باشد.

کلید واژه: خازن الکترولیتی، ظرفیت الکتریکی، پرتودهی گاما، دز جذبی، دزیمتری و دزیمتر.

مقدمه

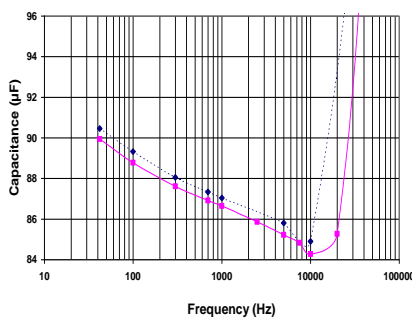
با عبور پرتوهای گاما از ماده، فرآیند های مختلفی ممکن است رخ دهد، از جمله: اثر فوتوالکتریک، پراکندگی کامپتون و تولید جفت. اهمیت نسبی این سه اثر منوط به انرژی تابش گاما و نوع ماده می باشد [۱]. همچنین تابش منجر به پیدایش بارهای به دام افتاده در ماده می شود که ویژگی های مربوط به این بارها به تغییرات ساختاری ناشی از تابش بستگی دارد و افزایش در مقدار بارهای به دام افتاده مربوط به نقصهای ساختاری مختلف می باشد که با افزایش دز جذبی گاما، تعداد این نقص ها افزایش می یابد [۲]. یکی از مهمترین و ساده ترین قطعات الکترونیکی مدارهای الکتریکی انواع خازنها می باشند. مواد عایق بین صفحات در خازن نقش مهمی ایفا می کنند، بنابراین هر گونه تغییر در ساختار و خواص این مواد، منجر به تغییر ظرفیت الکتریکی دی الکتریک مورد نظر خواهد شد که در نهایت کارکرد مدار الکترونیکی مورد نظر تغییر خواهد کرد. تغییر در ساختار ماده به واسطه پرتودهی به پارامترهای مختلفی بستگی دارد: از جمله نوع ماده پرتودهی شده، دمای محیط و آهنگ پرتودهی. تغییرات میزان پرتودهی روی مواد دی الکتریک و عایق آلی به طور معمول منوط به میزان تغییرات ساختاری در ماده به صورت اتصالات عرضی و برش زنجیری می باشد. این تغییرات همراه با واکنشهای شیمیایی، خواص فیزیکی ماده را تغییر می دهند.

الکتريکی يا راديکالهای آزاد تشديد شده و موجب کاهش تحرک و قطبش پذيری مولکولهای پلیمری شده، لذا با کاهش ضريب دی الکتريک الکترولیت، ظرفیت الکتريکی خازنها در اثر پرتودهی گاما کاهش می یابد که هرچه میزان دز جذبی بیشتر شود، تعداد این نقصها بیشتر شده و میزان اتصال عرضی یا کراسلینک ماده الکترولیت بیشتر شده، در نتیجه ظرفیت الکتريکی با شیب تندتری کاهش می یابد [۱۵]. در شکل های (۱) و (۲) نمودار ظرفیت الکتريکی بر حسب بسامد برای خازن الکترولیتی $100\mu F$ ، قبل و بعد از پرتودهی گاما در دزهای مختلف نمایش داده شده است. مطابق شکل (۱)-الف و ب، در دزهای 5 kGy و 10 kGy ، تا بسامد تشديد-یعنی جایی که خازن عملکرد خازنی خود را از دست می دهد- ظرفیت الکتريکی حدوداً یک درصد کاهش را نمایش می دهد؛ اما در دزهای تابشی بالاتر یعنی $50, 80, 120\text{ kGy}$ ، از بسامد 1 kHz به بعد، ظرفیت الکتريکی کاهش محسوسی- در حدود 10% - نشان می دهد. در شکل (۳) درصد کاهش ظرفیت الکتريکی در بسامدهای 1 kHz ، $2,5\text{ kHz}$ ، 5 kHz ، 10 kHz و 20 kHz در دزهای تابشی مختلف برای خازن مزبور نمایش داده شده است که در هر بسامد با استفاده از برازش خطی، معادله هر خط محاسبه شده است. در شکل (۴) با استفاده از شیب یا ضريب زاویه معادلات خطوط مربوط به شکل (۳)، نمودار شیب تغییر ظرفیت خازن الکترولیتی $100\mu F$ بر حسب دز جذبی گاما در بسامدهای مذکور نمایش داده شده است، که این کاهش ظرفیت تقریباً به صورت خطی است.

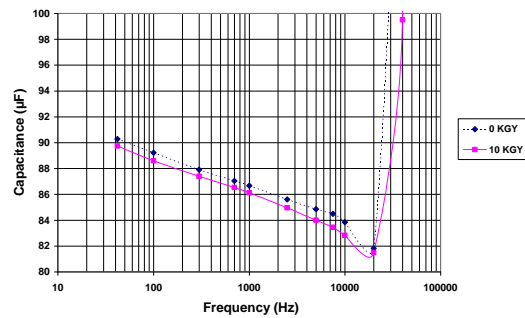
با توجه به اینکه یکی از ویژگیهای دزیترهای خوب، خطی بودن پاسخ آنها نسبت به دز جذبی است [۱۶]، با توجه به نمودار خطی درصد کاهش نسبی ظرفیت بر حسب دز جذبی گاما، می توان مشخص نمود که یک خازن الکترولیتی در یک بسامد خاص چه مقدار دز جذبی دریافت نموده است؛ لذا این ایده مطرح می شود که شاید بتوان از خازن های الکترولیتی به منظور دزیتری پرتوهای گاما و ایکس استفاده نمود. البته به منظور عملیاتی نمودن این ایده علاوه بر شرط خطی بودن پاسخ دزیتر نسبت به دز، بایستی پارامترهای دیگری را نیز مد نظر قرار دهیم، از جمله: حساسیت یا بازدهی، زمان پاسخ، صحت و دقت، پایداری بلند مدت، محدوده دز، پاسخ به آهنگ دز، بستگی پاسخ به انرژی ذرات، تفکیک فضایی و ابعاد فیزیکی، سهولت در قرائت پاسخ [۱۶]. بررسی تمام موارد فوق برای خازن الکترولیتی جهت ایفا نمودن نقش یک دزیتر، مستلزم تحقیقات و مطالعات بیشتری در این زمینه می باشد. در مورد شرط پایداری بلند مدت دزیترها، در سال ۲۰۰۴، "ایگناسیو یاسلی" در گزارشی نشان داد که ظرفیت الکتريکی خازنها با پرتودهی گاما کاهش می یابد، اما سه هفته پس از پرتودهی، ظرفیت الکتريکی خازنها به واسطه پدیده های بازترکیب راديکالهای آزاد و بازیابی به حالت اولیه قبل از پرتودهی بر می گردد [۹].

نتیجه گیری

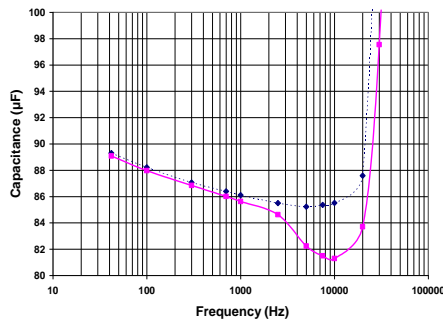
به منظور استفاده از دزیمرهای معتبر در محدوده معینی از دز جذبی، بایستی توابع پاسخ آن دزیمر را بررسی نماییم. یکی از این توابع، خطی بودن پاسخ دزیمر نسبت به دز مورد نظر می باشد. با توجه به خطی بودن کاهش ظرفیت نسبی خازنهای الکترولیتی بر حسب دز جذبی گاما در بسامدهای مختلف، لذا با در نظر گرفتن نتایج حاصل از بررسی های بیشتر، امکان استفاده از این نوع خازنها به عنوان ابزاری برای دزیمری پرتوهای گاما در حوزه پرتوآوری با دزهای بالا وجود دارد.



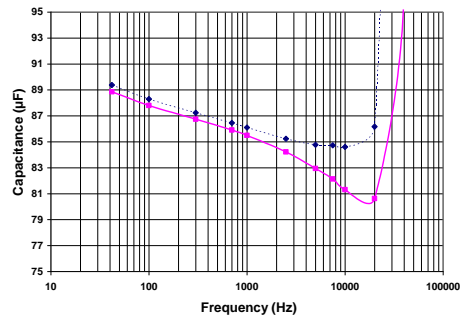
(الف)



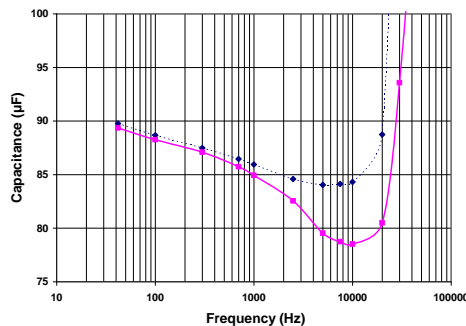
(ب)



(پ)



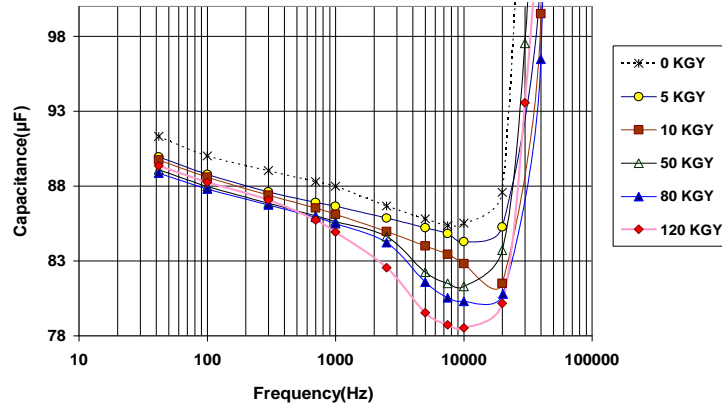
(ت)



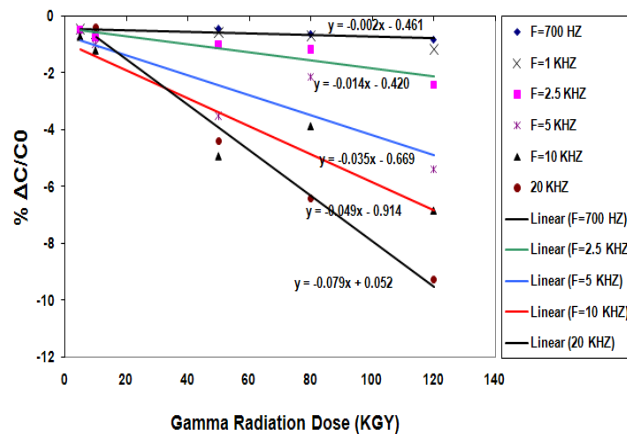
(ث)

شکل (۱) نمودار ظرفیت الکتریکی بر حسب بسامد برای خازن الکترولیتی $100 \mu\text{F}$ ، تحت پرتودهی پرتوهای گاما در دزهای

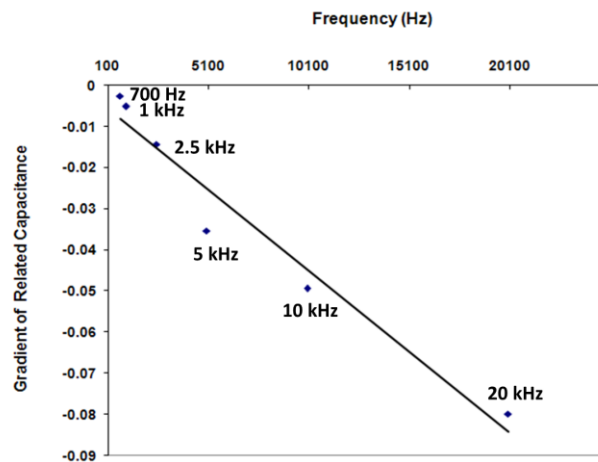
الف) ۵ kGy ب) ۱۰ kGy پ) ۵۰ kGy ت) ۸۰ kGy ث) ۱۲۰ kGy



شکل (۲) نمودار ظرفیت الکتریکی بر حسب بسامد برای خازن الکترولیتی ۱۰۰ µF، تحت پرتو دمی گاما در دزهای تابشی مختلف.



شکل (۳) نمودار درصد کاهش ظرفیت بر حسب دز تابشی گاما در بسامدهای مختلف برای خازن الکترولیتی ۱۰۰ µF.



شکل (۴) نمودار شیب تغییر ظرفیت خازن الکترولیتی ۱۰۰ µF ناشی از دزهای مختلف در چند بسامد مشخص.

مراجع

1. K.T. Gillen, R. L. Clough, 'Accelerated Aging Methods for Predicting Long-term Mechanical Performance of Polymers', New Mexico, USA: Sandia National Laboratories, ۱۹۸۹.
2. E.Soljovrujic, 'Radiation Physics and Chemistry', Polymer, ۴۶(۲۰۰۵)۶۳۵۳-۶۳۵۹.
3. Hanks, D.J.Hamman, 'Radiation Effects on Design Handbook', Section ۳. Electrical Insulating Materials and Capacitors, NASA Contractor Report, NASA CR-۱۷۸۷, ۱۹۷۱.
4. R.Roy, A.Pandya, 'Evaluation of gamma and neutron irradiation effects on the properties of mica film capacitors', Bull.Mater.Sci., Vol.۲۸, No.۷, pp.۷۱۹-۷۲۴, ۲۰۰۵.
5. Z.Kacarevic-Popovic, D.Kostoski, L.Novakovic, N.Miljevic, B.Secerov, 'Influence Of The Irradiation Conditions On The Effect Of Radiation On Polyethylene', J.Serb.Chem.Soc. ۶۹(۱۲)۱۰۲۹-۱۰۴۱(۲۰۰۴) JSCS-۳۲۳۱.
6. Salomone, L.S.; Campabadal, F.; Fernandez, M.I.; Lipovetzky, J.; Carbonetto, S.H.; Inza, M.A.G.; Redin, E.G.; Faigon, A. 'Radiation Effects in Al₂O₃-Based MOS Capacitors', IEEE Conference Publications, Pages ۹۶-۱۰۰, ۲۰۱۲.
7. V.S. Senthil Srinivasan, Arun Pandya, 'Dosimetry aspects of hafnium oxide metal-oxide-semiconductor (MOS) capacitor', Volume ۵۲۰, Issue ۱, Pages ۵۷۴-۵۷۷, ۲۰۱۱.
8. R.K. Chauhan, P. Chakrabarti, 'Effect of ionizing radiation on MOS capacitors', Microelectronic Journal, Volume ۳۳, Issue ۳, Pages ۱۹۷-۲۰۳, ۲۰۰۲.
9. Ignacio Yaselli, 'Report on the Effect of Radiation on Resistors and Capacitors for the HV filter circuit of the Endcap VPT' Department of Electronic and Computing Engineering Brunel University Uxbridge Middlesex Uxbridge UB۸ ۳PH, ۲۰۰۴.
10. L.Hanks, D.J.Hamman, 'Radiation Effects on Design Handbook', Section ۳. Electrical Insulating Materials and Capacitors, NASA Contractor Report, NASA CR-۱۷۸۷, ۱۹۷۱.
11. Swaraj Srivastava, G. P. Srivastava and B. R. Singh. 'Charge build-up in MOS system under ionizing radiation', Microelectron. Reliab. ۲۰, ۵۲۹, ۱۹۸۰.
12. K.P. Lambert, H. Schönbacher, M. Van de Voorde, 'A comparison of the radiation damage of electronic components irradiated in different radiation fields', Nuclear Instruments and Methods, Volume ۱۳۰, Issue ۱, Pages ۲۹۱-۳۰۰, ۱۹۷۵.
13. http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolytic_capacitor
14. Jaehyoung Koo, Seokhoon Kim, Sangmin Jeon and Hyeongtag Jeon, 'Characteristics of Al₂O₃ Thin Films Deposited using Dimethylaluminum Isopropoxide and Trimethylaluminum precursors by the plasma Enhanced Atomic-Layer Deposition Method', Journal of the Korean Physical Society, Vol. ۴۸, No. ۱, pp ۱۳۱-۱۳۶, ۲۰۰۶.
15. Glenn F. Knoll, 'Radiation Detection and Measurement', Fourth Edition, Wiley, ۲۰۱۰.
16. غلامرضا رئیس علی، "دزسنجی پرتوها در پزشکی"، هفدهمین کنگره سراسری فیزیک پزشکی، دانشگاه جندی شاپور اهواز، بهمن ماه ۱۳۸۵.