بررسی وابستگی محوشدگی دزیمترهای نیم رسانای اکسید فلزی دارای کانال پی به بایاس گیت و ضخامت اکسیدآن

اسلامی،بهارک [(۱)]– بهمنی،جواد*[(۲)] –محمد جعفری، فرهاد[(۳)]

[۱و۲و۳]گروه فیزیک هسته ای، دانشگاه پیام نور، ایران

چکیده:

در این مقاله محوشدگی (ریکاوری ولتاژ آستانه) دزیمترهای نیم رسانای اکسید فلزی با کانال پی دارای ضخامتهای اگسید گیت مختلف تابش دهی شده تا ۱۰ گری بعد از ۳۰ روز در دمای اتاق بر حسب چگالی بارهای مثبت به دام افتاده اکسید گیت و چگالی دامهای میانی بررسی شده است. نتایج بدست آمده نشان داده اند که محوشدگی با افزایش قدرمطلق بایاس گیت و همین طور با افزایش ضخامت اکسید گیت کاهش می یابد.

کلمات کلیدی: *دزیمتر نیم رسانا، محو شدگی، ولتاژ آستانه، بایاس گیت، ضخامت اکسید گیت*

Investigation of fading dependence of P Chanel metal oxide semiconductor dosimeters on gate bias and oxide thickness

Eslami, Baharak[1]; Bahmani, Javad[2]; Mohammad jafari, Farhad[3]

[1, 2, 3] Department of Nuclear Physics, Payame Noor University, Iran

Abstract

In this paper, fading (The threshold voltage recovery) of P channel metal oxide semiconductor dosimeters whit various gate oxide thickness that irradiated up 10 Gy, after 30 day at room temperature has been investigated perhaps of density of positive gate oxide trapped charges and interface traps. The obtained results have shown that fading decreases with the increase of the absolute value of gate voltage as well as with the increase of gate oxide thickness.

Keywords: *Semiconductor dosimeter, Fading, Threshold voltage, Gate bias, gate oxide thickness.*

مقدمه :

دزیمتر دقیقی که بتواند به طور لحظه ای اطلاعات دز تجمعی کل را فراهم کند، مورد نیاز صنایع هسته ای، فضایی و پزشکی می باشد[1-3]. از میان دزیمترهای تابش مختلف سنسورهای تابش از نوع نیم رسانا به خاطر اندازه کوچک، وزن کم و داشتن توان مصرفی کم مزیتهایی را نسبت به سایر انواع سنسورها نشان می دهند. از بین سنسورهای نیم رسانا، سنسورهای سیلیکونی که به ابزار خنک کننده احتیاج ندارند و می توانند در اندازه کوچک ساخته شوند در حالی که تراشه های ژرمانیومی به خنک کننده های اضافی دیگر نیاز دارند. در بین سنسورهای سیلسیومی نیز دزیمترهای ماسفت (ترانزیستور نیم رسانای اکسید فلزی) می توانند در اندازه های کوچک ساخته شوند زیرا به مدارهای اضافی دیگر برای تبدیل شدت دز اندازه گیری شده به دز

تجمعی نیاز ندارند. علاوه بر این سنسور ماسفت تا زمانی که از کار بیافتد ویا از دسترس خارج شود می تواند دز تجمعی را در خود حفظ کند[4].

تابش یونیزان منجر به: الف) به دام اندازی حفره های تشکیل شده توسط تابش در داخل اکسید ب)تولید حالتهای میانی در مرز سیلسیوم واکسید سیلسیوم منجر می شود. که هر دو در شیفت ولتاژ آستانه سهیم می باشند. می دانیم که حساسیت و پایداری دو مشخصه بسیار مهم دزیمتر ماسفت می باشد[5-7]. حساسیت به صورت افزایش ولتاژ آستانه به خاطر تابش تعریف می شود که با افزایش چگالی بارهای مثبت اکسید گیت و همچنین چگالی دامهای میانی ایجاد می شود. با این وجود پایداری به صورت ریکاوری ولتاژ آستانه (محوشدگی) تعریف می شود[8-9]. واضح است که کارایی دزیمتر پیموس به مصالحه خوبی بین حساسیت به تابش و پایداری با زمان نیاز دارد.

هدف این مقاله بررسی محوشدگی دزیمتر پیموس تابش دهی شده، به بایاس گیت و ضخامت اکسید آن بعد از تابش دهی با ولتاژ پایین روی گیت می باشد. همچنین در این مقاله نتایج شامل پایداری ولتاژ آستانه با زمان و حساسیت دزیمترهای مورد بررسی مقایسه شده است.

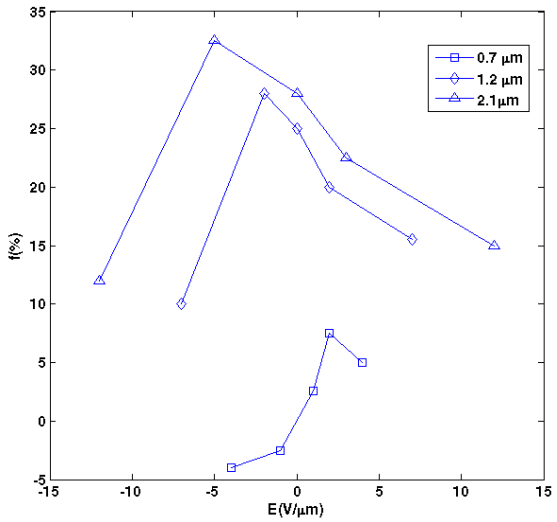
روش کار :

دزیمتر پیموس علاوه بر شیفت پرمعنی و آشکار ولتاژ آستانه هنگام تابش باید معیار مهم دیگری را نیز برآورده کند: ری کاوری اندک بعد از تابش. به عبارت دیگر اطلاعات در مورد دز جذب شده تابش باید حفظ شود. این مورد ضروری است زیرا در کاربردهای تجربی دزیمتر پیموس مثلا در دزیمتری شخصی مقدار تابش معمولا ناشناخته است .در نتیجه ولتاژ آستانه را نمی توان بلافاصله بعد از تابش اندازه گیری نمود. در نتیجه میزان برگشت به وضعیت اول باید جزیی باشد.

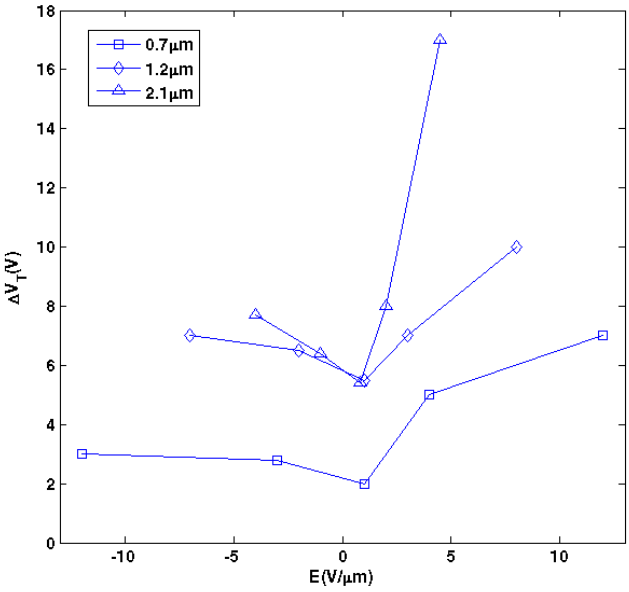
نمونه های آزمایشگاهی مورد بررسی در این مقاله ترانزیستورهای پیموس دارای گیت آلومینیومی با ضخامتهای $0.7\ \mu m$ و $1.2\ \mu m$ و $2.1\ \mu m$ می باشند. ترانزیستورها با اشعه گامای ناشی از چشمه ^{60}Co تا دز کل ۱۰ گری پرتودهی شده اند و بعد از آن در دمای اتاق نگهداری شده اند. به این منظور ترانزیستورهای مورد بررسی به ۵ گروه تقسیم شده اند. ٤ گروه از ترانزیستورها پرتودهی شدند و بعد با ولتاژهای (9- و3- و3+ و9+) ولت بر روی گیت در حالی که سایر پایه ها متصل به زمین می باشند، نگهداری شدند. برای تعیین پاسخ تابش منحنی مشخصه های انتقالی ترانزیستورهای پیموس اندازه گیری شده است و ولتاژ آستانه به عنوان محل تقاطع محور V_G و برونیابی ناحیه خطی منحنی $(I_D)^{1/2}$- V_G تعیین شده است. تابش دهی و نگهداری بعدی ترانزیستورهای گروه ۵ با شرایط بایاس صفر با تمام پایه های متصل به زمین انجام شده است. همچنین باید به این نکته اشاره کنیم که تمام آزمایشها در دمای اتاق انجام شده است.

نتایج :

شکل(۱) وابستگی محوشدگی دزیمترهای پیموس را بعد از ۳۰ روز در دمای اتاق نشان می دهد. ودر شکل (۲) تغییرات ولتاژ آستانه دزیمتر پیموس تابش دهی شده تا ۱۰ گری بر حسب میدان الکتریکی اکسید نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود، حساسیت به تابش با افزایش اکسید گیت و قدر مطلق ولتاژ گیت افزایش می یابد.



شکل (۱): محوشدگی ترانزیستورهای مورد بررسی با ضخامتهای گیت مختلف



شکل(۲): شیفت ولتاژ آستانه ترانزیستورهای مورد بررسی با ضخامتهای گیت مختلف

برای تعیین میدان اکسید از حقیقت زیر استفاده شده است. ولتاژ گیت در طول اکسید گیت و نیم رسانا گسترده است در نتیجه در سطح میانی شرایط زیر برقرار است[10-11]:

$$\varepsilon_{ox}E + q(\Delta N_{ot} + \Delta N_{it}) = \varepsilon_s E_s \qquad (۱)$$

که ε_{ox} نفوذ پذیری اکسید و E میدان الکتریکی داخل اکسید و q قدر مطلق بـا الکتـرون، وΔN_{ot} چگـالی بارهای اکسید گیت و ΔN_{it} چگالی بارهای میانی وε_s نفوذپذیری سیلیکون وE_s میـدان الکتریکـی در نـیم رسانا می باشد. محوشدگی نشان داده شده در شکل (۱) به صورت زیر تعریف می شود[12]:

$$f(t) = \frac{V_T(0) - V_T(t)}{\Delta V_T(0)} \qquad (2)$$

که $V_T(0)$ ولتاژ آستانه سریعا بعد از تابش و $V_T(t)$ ولتاژ آستانه بعد از بازپخت و $\Delta V_T(0)$ شیفت ولتاژ آستانه سریعا بعد از تابش می باشد. با در نظر گرفتن این حقیقت که $\Delta V_{ot} = q\Delta N_{ot}/C_{ox}$ و $\Delta V_{it} = q\Delta N_{it}/C_{ox}$ و در آن $C_{ox} = \varepsilon_{ox}/t_{ox}$ می باشد که C_{ox} ظرفیت اکسید به ازای واحد سطح و t_{ox} ضخامت اکسید می باشد. و محوشدگی می تواند به شکل زیر بیان شود:

$$f(t) = \frac{\Delta N'_{ot}(t) + \Delta N'_{it}(t)}{\Delta N_{ot}(t) = \Delta N_{it}(t)} \qquad (1-3)$$

که

$$\Delta N'_{ot}(t) = \Delta N_{ot}(0) - \Delta N_{ot}(t) \quad (۲\text{-}۳)$$

$$\Delta N'_{it}(t) = \Delta N_{it}(0) - \Delta N_{it}(t)$$

چگالی دامهای اکسید گیت و چگالی دامهای میانی در لحظه t هنگام بازپخت می باشد که $\Delta N_{ot}(0)$ و$\Delta N_{it}(0)$ چگالی دامهای اکسید گیت و چگالی دامهای میانی به خطر تابش می باشد. نکته ای که باید تاکید کنیم این است که تمام مقادیر $\Delta N_{ot}(0)$ به طور قابل ملاحظه ای از مقادیر $\Delta N_{it}(0)$ بیشتر می باشند. به عبارت دیگر $\Delta V_{ot}/\Delta V_T \geq 90\%$ ، زیرا تاثیر $\Delta N_{it}(0)$ بر ولتاژ آستانه را می توان نادیده گرفت. اگرچه اکثر مقادیر $\Delta N'_{it}(t)$ با مقادیر $\Delta N'_{ot}(t)$ در طول محوشدگی قابل مقایسه می باشند. همچنین باید توجه کنیم که افزایش چگالی دامهای میانی هنگام محوشدگی برای تمام ترانزیستورهای مورد بررسی مشاهده شده است. ($\Delta N'_{it}(t) < 0$) .

کاهش محوشدگی با افزایش قدر مطلق بایاس گیت برای یک ضخامت اکسید معین می تواند به صورت زیر توضیح داده شود. برای مثال در مورد بایاس مثبت گیت، افزایش میدان الکتریکی اکسید احتمال تونل زنی الکترون از سیلیکون به اکسید را افزایش می دهد که منجر به تشدید بازیابی بارهای به دام افتاده در اکسید می شود. علاوه بر این، افزایش میدان الکتریکی موجب افزایش چگالی دامهای میانی می شود. هر چند تشدید ریکاوری بارهای به دام افتاده اکسید مثبت، برای اکسید گیت معین به این معنی نیست که محوشدگی افزایش

می یابد. این امر نتیجه ای از چگالی بارهی اکسید گیت بیشتر می باشد، که در طول پرتودهی با بایاس گیت بیشتر تشکیل شده است. زیرا نسبت بین بارهای اکسید گیت بازیابی شده و بارهای اکسید گیت تولید شده در طول تابش دهی بسیار کوچک می باشد(معادلات ۳). در مورد بایاس منفی، الکترونها به طور عمیق در بدنه نفوذ می کنند که منجر به کاهش احتمال تونل زنی الکترون به اکسید، به عبارت دیگر بازیابی بارهای اکسید مثبت می شود.

باید توجه شود که محوشدگی معکوس در برخی دزیمترها مشاهده می شود که امکان پیامد اولیه بارهای میانی می باشد، ولی ممکن است نتیجه ای از دی کوپل شدن جفتهای الکترون وحفره بازترکیب شده در اکسید باشد. یعنی برای برخی ترانزیستورها با بایاس منفی تغییرات $\Delta N'_{it}(t)$ بیشتر از تغییرات $\Delta N'_{ot}(t)$ می باشد. مشاهده می شود که این تفاوتها در مورد بایاس با قدر مطلق بیشتر غالب می باشد.

همچنین از شکل(۱) ملاحظه می شود که در مورد میدان الکتریکی اکسید یکسان ترانزیستورهای با اکسید گیت بیشتر، محوشدگی کمتری را نشان می دهند. این امر می تواند با این حقیقت توجیه شود که در این شرایط احتمال به دام اندازی الکترونهای تونل زنی شده در اکسید علی رغم ضخامت اکسید مختلف یکسان می باشد:

$$\Delta N'_{ot}(t)\downarrow t_{ox1} \sim \Delta N'_{ot}(t)\downarrow t_{ox2} \qquad E = costant \qquad (4)$$

پس می توان جمع بندی کرد که

$$\Delta N_{ot}(0)\downarrow t_{ox1} < \Delta N_{ot}(0)\downarrow t_{ox2} \qquad t_{ox1} < t_{ox2} \qquad (5)$$

همچنین، در اکسیدهای گیت ضخیم تر افزایش بیشتر چگالی دامهای میانی هنگام بازپخت به دلیل افزایش هر دوی چگالی حفره های به دام افتاده و اتمهای هیدروژن به دام افتاده، می تواند مورد انتظار باشد (این عوامل مسئول تولید دامهای میانی می باشند):

$$|\Delta N'_{it}(t)|t_{ox1} < |\Delta N'_{it}(t)|t_{ox2} \qquad (6)$$

بر اساس توضیحات بالا، مانند معادله (۳)، معادله فوق را می توان به صورت زیر نوشت:

$$f(t)\ \downarrow t_{ox1} > f(t)\downarrow t_{ox2} \qquad (7)$$

بحث ونتیجه گیری :

مطابق نتایج بدست آمده می توان نتیجه گیریهای زیر را انجام داد: دزیمترهای پیموس با اکسید گیت بزرگتر، محوشدگی کمتری را نشان می دهند. تاکید این مورد مهم است زیرا بسیار به تابش حساس می باشند. همچنین با افزایش قدرمطلق یایاس گیت، حساسیت افزایش و محوشدگی کاهش می یابد. با این وجود محوشدگی به جهت میدان الکتریکی در اکسید چندان بستگی ندارد، در حالی که اغلب حساسیت در بایاس

گیت مثبت غالب می باشد. در حالت کلی می توان گفت: محوشدگی الف) با افزایش ضخامت اکسید گیت رابطه عکس دارد. ب) با افزایش قدرمطلق بایاس گیت رابطه عکس دارد. پس در نتیجه حساسیت با محوشدگی همسو نیست.

مراجع :

۱: Chuang, C. F., Verley, L. J., Xia, P., Med. Phys., 29, 6, 1109-1115, (2002).
2: Jornet, N., et al., Med. Phys., 31, 9, 2534-2542,(2004).
3: Pomije, B. D., et al., Health Phys., 80, 5, 497-505,(2000).
4: T.P. Ma, P.V. Dressendorfer, Ionizing Radiation Effects in MOS Devices and Circuits, John Wiley & Sons, New York, (1989).
5: A. Holmes-Siedle and L. Adams, Radiat. Phys. Chem. 28, 235 (1986).
6: G. Ensell, A. Holmes-Siedle, and L. Adams, Nucl. Instrum. Methods A 269, 655 (1988).
7: G. Sarrabayrouse, Proceedings 1st European Conference on Radiation and its Effects on Devices and Systems ~RADECS91!, France, Montpellier,1991, p. 57.
8: A. Kelleher, N. McDonnell, B. O'Neill, W. Lane, and L. Adams, Sen. Actuators A 37–38, 370 (1993).
9: G. Ristic´, S. Golubovic´, and M. Pejovic´, Electron. Lett. 29, 1644 (1993).
10: P. S. Kireev, *Semiconductor Physics* ~Mir, Moscow, (1978).
11: S. M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices* ~Wiley, New York, (1981).
12: J. R. Schwank, P. S. Winokur, P. J. McWhorter, F. W. Sexton, P. V. Dressendorfer, and D. C. Turpin, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-31, 1434 (1984).