

характерный пик, возникающий как при облучении, так и при плазменном нанесении SiO_x , обусловлен РД в переходном слое $\text{Si}-\text{SiO}_2$ и интерпретируется моделью пространственного распределения свободных связей Si в слое состава SiO_x между Si и SiO_2 .

Из сопоставления результатов измерения в пленках SiO_x энергетического спектра и скорости захвата электронов характерными РД в МДП-структурах сделана оценка профиля распределения степени окисления Si в переходном слое $\text{Si}-\text{SiO}_2$ реальных приборов. Изучены различные электронные процессы, происходящие в объеме диэлектрика, полупроводника, на границе их раздела, а также в переходном слое $\text{Si}-\text{SiO}_2$ и оценен их вклад в картину релаксационных процессов в МДП-структурах.

Исследован изохронный отжиг РД, возникающих во время облучения γ - квантами МДП-структур при наличии смещения на металлическом электроде. Показано, что встроенный заряд и объемные состояния диэлектрика отжигаются при 250°C , поверхностные состояния – при 350°C , а характерный РД в переходном слое $\text{Si}-\text{SiO}_2$ полностью отжигается только при 400°C . Показано также, что дополнительные объемные состояния и поверхностные состояния, которые возникают в структурах при положительном смещении на металлическом электроде во время облучения, отжигаются при 120°C и кинетика дальнейшего отжига дефектов при более высоких температурах не зависит от полярности $V_{\text{см}}$ при облучении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мортина Т.Н., Мортин К.В., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.с. 5348-5356
2. Petin V.A. "New features of Arduino, ESP, Raspberry Pi in IoT projects" BHVPetersburg, 2022, 320 p.
3. Yatsenkov V. S. "Health, sport and the environment in Arduino projects" BHVPetersburg, 2020, 336 p
4. Башкатов А.С., Мещерова Д.Н. Основные тенденции развития оптоэлектронной техники до 2030 года // Тезисы докладов Российской конференции и школы молодых ученых по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники «Фотоника-2019». 2019. doi: 10.34077/rcsp2019-25. С.25-26.

KOMPYUTER-MATEMATIK MODELLARDAN FOYDALANGAN HOLDA YARIMO'TKAZGICHLI DETEKTORLARNING TEXNOLOGIK JARAYONLARI NATIJALARINI TAHLIL QILISH

Muminov Ramizulla Abdullayevich¹, Sayimbetov Axmet Quvanchbekovich², Toshmurodov yorqin Qaxramonovich³, Ergashev Giyos Jurayevich⁴.

¹O'z.R. FA Fizika texnika instituti,

²Al- Farobiy nomidagi Qozog'iston milliy universiteti,

³"TIQXMMI" MTU Qarshi irrigatsiya va agrotexnologiyalar instituti,

⁴O'zbekiston milliy universiteti qoshidagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti.

Annotatsiya: Ushbu maqolada elektron texnologiyalarda yarimo'tkazgichli detektorlar, xususan, katta o'lchamli yadroviy nurlanishli koordinata sezuvchan detektorlar (YAO'KSD) haqida ma'lumotlar beradi. Yarimo'tkazgichli detektorlar, atom energetikasi, moddalar ishlab chiqarish, ilmiy tadqiqotlar, tibbiyot, va qishloq xo'jaligi texnologiyalari, atrof-muhitni muhofaza qilish, va boshqa sohalar uchun keng qo'llaniladi.

Kalit so'zlar: yarimo'tkazgichli detektorlar, yadroviy nurlanishli koordinata sezuvchan detektor, regressiya tenglamasi, Unik va Drat tenglamasi.

So'nggi yigirma yil ichida elektron texnologiyalarning turli sohalarida keng qo'llaniladigan yarimo'tkazgichli qurilmalarning har xil turlari yaratildi. Ular orasida boshqa turdagi zaryadlangan zarrachalar hisoblagichlari bilan muvaffaqiyatli raqobatlashadigan yarimo'tkazgichli yadro nurlanish detektorlari alohida o'rin tutadi [1]. Yarimo'tkazgich detektorlari atom energetikasida, yuqori toza moddalar ishlab chiqarishda, amaliy va fundamental ilmiy tadqiqotlar, tibbiyot va qishloq xo'jaligi texnologiyalari, atrof-muhitni muhofaza qilish va xalq xo'jaligining boshqa omon qolgan sohalarida qo'llaniladi [2-3].

Ushbu ishda katta o'lchamli yadroviy nurlanishli 8-tasmali yarimo'tkazgichli koordinata-sezuvchan detektorlarning (YAO'KSD) elektrofizik (VAX) kattaligi matematik model yordamida taqqoslandi. Bunda kirish parametrik uchlanish, chiqish parametri esa tok kuchi. Jarayonning matematik modelini ko'rishda o'tkazilgan tajribalarga asoslandi.

Bu yerda kuchlanish – kirish parametri, chiqish parametri esa namuna tokining kuchidir. Jarayonning matematik modelini qurish o'tkazilgan tajribalar asosida amalga oshiriladi. 1-jadvalda 8 tasmali detektorning voltamperli tavsiflari keltirilgan.

Ob'ektning statik xususiyatlarini baholash uchun biz chiqish parametrlarining kirish parametrlariga bog'liqligi grafigini keltiramiz. Absissa o'qi bo'ylab kuchlanish qiymatlari, ordinata o'qi bo'ylab esa tok kuchi qiymatlari ko'rsatiladi. 1-jadvaldagi ma'lumotlarga ko'ra o'rganilayotgan ob'ektning statik xarakteristikasi quyidagi shaklga ega (1-rasm).

1-jadval.

8 tasmali detektorning voltamperli tavsiflari bo'yicha tajribalar natijalari.

Kuchlanish	Detektor tasma-sining raqami							
	1	2	3	4	5	6	7	8
U (Volt)	I (mkA)							
10	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,3	0,2	0,3
20	0,3	0,5	0,4	0,3	0,8	0,35	0,3	0,5
30	0,4	0,6	0,6	0,34	0,9	0,4	0,4	0,6
40	0,45	0,7	0,7	0,36	1,1	0,48	0,5	0,7
50	0,46	0,8	0,9	0,39	1,25	0,53	0,6	0,8
60	0,48	0,9	1,1	0,43	1,49	0,61	0,7	0,84
70	0,53	1	1,2	0,47	1,62	0,62	0,8	0,9
80	0,68	1,2	1,4	0,52	1,8	0,66	1	1
90	0,71	1,3	1,6	0,56	2	0,71	1,2	1,1
100	0,78	1,4	1,7	0,59	2,1	0,75	1,3	1,2
110	0,8	1,6	2,1	0,63	2,26	0,84	1,7	1,28
120	0,82	1,9	2,4	0,64	2,4	0,86	1,9	1,3
130	0,9	2,1	2,5	0,68	2,6	0,9	2	1,36
140	1,2	2,9	3	0,85	2,9	1,1	2,4	1,6

1 - rasmdan ko'rinib turibdiki, matematik model dastlabki jarayonga yaqinroq bo'lishi uchun uni kvadrat tenglama ko'rinishida taqdim etish kerak. Shunda, model turini formula (1) sifatida ifodalash mumkin:

$$y = (ax^2 - bx + c) \text{ ili } \mu = (ax^2 - bx + c) \quad (1)$$

Matematik modellashtirishda ob'ektni regressiya tenglamasi yordamida tasvirlashning ko'plab usullari mavjud bo'lib, ulardan biri eng kichik kvadratlar usulidir. Ushbu usulga ko'ra, kompyuterning matematik modeli regressiya tenglamasi bilan ifodalanadi, bu erda modellashtirishda olingan qiymatlar va tajribalarda olingan qiymatlar o'rtasidagi kvadratlar farqi yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\sum (Y_{Eks} - Y_{His})^2 \rightarrow \min \text{ yoki } \sum (\mu_{Eks} - \mu_{His})^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

Bu erda, Y_{Eks} - o'lchovlar natijasida olingan eksperimental qiymat (bizning holatlarimizda, tok kuchi); Y_{His} — nazariy hisoblangan qiymat.

(1) va (2) ni taqqoslab, biz quyidagilarni olamiz:

$$\sum (\mu_{Eks} - (ax^2 - bx + c))^2 \quad (3)$$

(3) tenglamada a , b va c koeffitsientlarining qiymati noma'lum. Ushbu koeffitsientlarning qiymatini topish uchun eng kichik kvadratlar usulining majburiy shartini amalga oshirish kerak.

Eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib, (1) ifodadan noma'lum a , b va c koeffitsientlarining qiymatlarini hisoblab chiqish mumkin. Shundan so'ng, yuqoridagi funktsiyadan a , b va c koeffitsientlari bo'yicha hosilani hisoblaymiz va nolga tenglashtiramiz.

Agar (4) ifoda Φ bilan belgilansa, u holda quyidagilarni olamiz:

$$\Phi = \sum (\mu_{Eks} - (ax^2 - bx + c))^2 \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial \Phi}{\partial b} = 0 \\ \frac{\partial \Phi}{\partial c} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

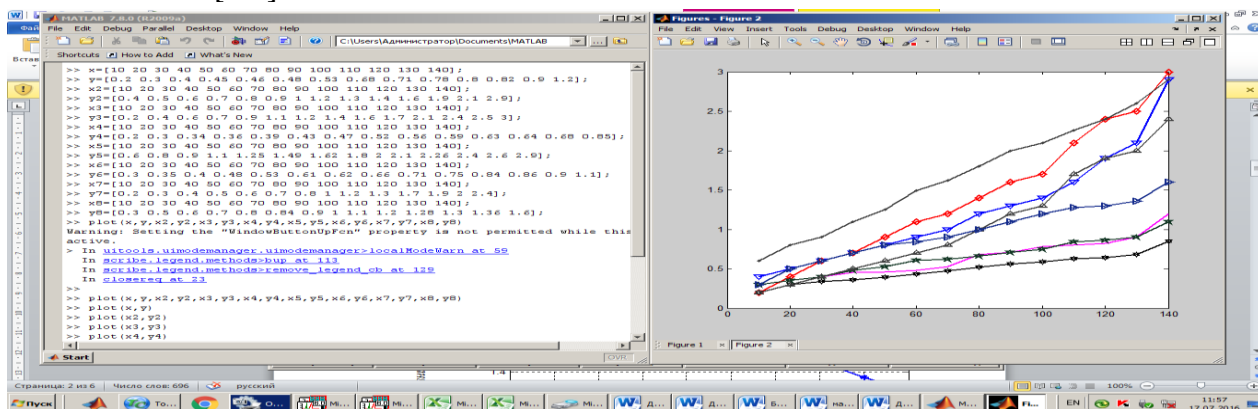
Matematik modelni tajriba jarayoniga yaqinlashtirish uchun Unik va Drat tenglama sifatida ifodalash mumkin. (5) ifodasini (4) ifodasi orqali belgilaymiz, natijada uchta noma'lumli tenglamalar tizimi paydo bo'ladi, ya'ni:

$$\begin{cases} \sum (\mu_{Eks} T^2 = a \sum T^4 + b \sum T^3 + c \sum T^2 \\ \sum (\mu_{Eks} T = a \sum T^3 + b \sum T^2 + c \sum T \\ \sum (\mu_{Eks} = a \sum T^2 + b \sum T + cN \end{cases}, \quad (6)$$

Bu erda N – bajarilgan tajribalar soni (bizning holatlarimizda, $N = 15$). (6) ni hisoblab, ularni taqqoslab, matematik modellashtirish tajribasi natijalarini olamiz (1-rasm).

Yarimo'tkazgichli 8-tasmali detektorlarning barcha tasmalarining voltamper kattalıkları taqqoslandi (1-rasm) va bu tekshirishlarni olib borishda MATHLAB 7.8.0(R2015a) dasturidan foydalanildi. Umumiy statistik natija 0.22 ga farq qilganligi ma'lum bo'ldi. Bu esa yarimo'tkazgichli

katta o'lchamli yadroviy nurlanishli koordinat sezuvchan detektorlarni barcha texnologik jarayonlari va qurilmaning so'ngi kattaliklari yaxshi natijani bergani, belgilangan vazifasini bajarishda xatoligi kam ekanini bildiradi [4-5].



1-rasm. YAO'KSDning volt-ampere kattaligi tavsiflari.

Shunday qilib, biz tomonimizdan yadroviy nurlanishning katta o'lchamli yarimo'tkazgichli kremniyli koordinata sezgir detektorlari ishlab chiqildi va tayyorlandi. Detektorni modellashtirish va ularning volt-ampere tavsiflari o'rganildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI:

1. R.A. Muminov, A.K. Saymbetov, Yo. K. Toshmurodov, G.J. Ergashev, M.Ya. Yavkochdiyev Analysis of the electrophysical dimensions of semiconductor detektor with the help of a computerno-mathematical model // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology – 2020 Vol. 7, Issue 9 , pp. 14956-14959.
2. К.А. Зубченко Приборно-технологическое моделирование как метод исследования полупроводниковых структур Молодой учёный Международный научный журнал-2017 г. № 28 (162). Стр. 39-40.
3. И.М. Прохорец Математические модели длуа анализа статических характеристик многоэлементнкх полупроводниковых детекторов журнал «Радиоэлектроника. Информатика. Управления» 2008 г. № 1(19), стр. 27-32.
4. Тошмуродов Ё.К., Г.Ж. Эргашев, Сайфуллоев Ш.А. Компьютерно-математическое моделирование электрофизических характеристик полупроводниковых координатно-чувствительных детекторов ядерного излучения // ISSN 0236-3933. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2018. № 1. Стр. 16-20.
5. R.A. Muminov, G.J. Ergashev, A.K. Saymbetov, Yo.K. Toshmurodov, S.A. Radzhapov, A.A. Mansurova, N.M. Japashov, Y.A. Svanbayev Application of Additional Leveling Drift Process to Improve the Electrophysical Parameters of Large Sized Si (Li) p-i-n Structures // Journal of Nano-and Electronic Physics 2020 Vol. 12 No 1, pp 01006-1-01006-5.