

до полной компенсации основных носителей заряда атомами фосфора наведенного в результате ядерной реакции [1-7]:

При этом концентрацию фосфора можно рассчитать по формуле [1]: $N_p = 1,7 \cdot 10^{-4} \cdot \Phi \cdot t$, где Φ - интенсивность медленных нейтронов, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, t – время облучения в секундах.

После выдержки, облученные образцы в ампулах, помещают в бокс и в случае превышения предельно допустимого уровня мощности β -излучения, образцы вынимают из ампул.

Для отжига радиационных дефектов, облученные пластины помещают в кварцевую ампулу и загружают в рабочую зону печи при температуре 800-900^oC в течение 3 ч, затем печь выключают, и пластины остывают вместе с печью.

После проведения нейтронной компенсации кремния, весь кристалл с размерами чувствительной области, подвергнулся химико-технологической обработке в целях обеспечения минимальных толщин «мертвых» слоев входных окон и обратного тока утечки для минимизации шумовых характеристики детектора[8-12]:. Затем, Si кристалл помещался в корпус и методом вакуумного напыления наносились контакты Al (1000A^o) и Au (~200A^o) и в последующем проводили низко температурный отжиг, при температуре $T = 140-160^{\circ}\text{C}$ в течение $t = 25-60$ часов, после чего проводили контрольные измерения электрофизических и радиометрических характеристик.

На основе проведенных исследований электрофизических и радиометрических характеристик изготовленной партии детекторов, установлено, что нейтронно-компенсированные кремниевые детекторы, по своим основным характеристикам, не уступают традиционным детекторам, полученным на базе промышленных высокоомных материалов. Однако преимуществом детекторов предлагаемого типа, является малое рабочее напряжение и относительно малые потери энергии во «входном» и «выходном» окнах.



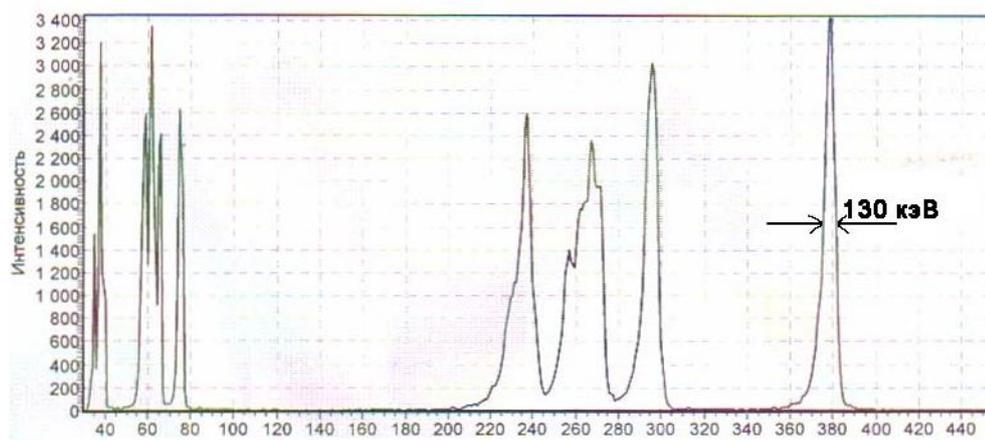
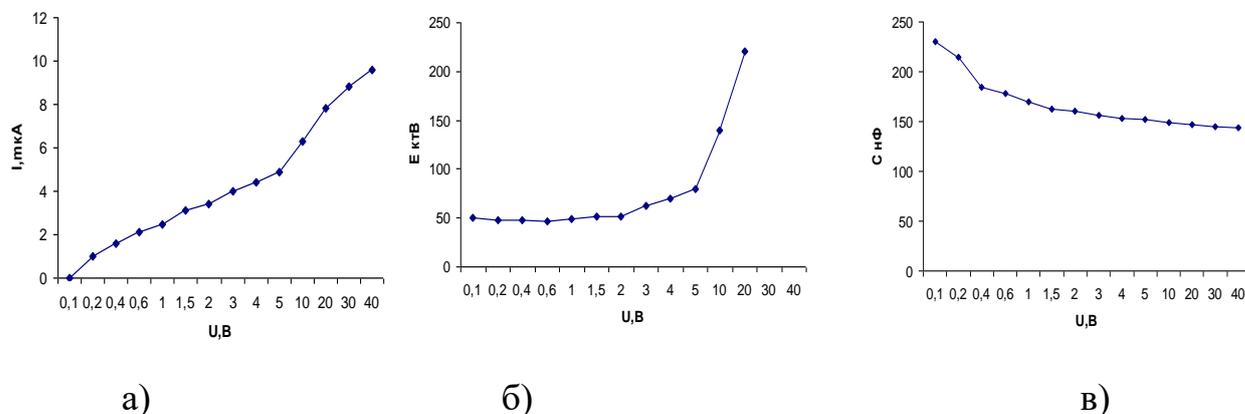


Рис. 1. а) ВАХ, б) ВЕХ, в) ВШХ, г) спектрометрические характеристики НЛД ($W=(0,3\div 4)$ мм, $\varnothing=(8\div 32)$ мм).

Электрофизические и радиометрические характеристики изготовленной партии детекторов при рабочем напряжении $U=(5-40)$ В, находятся в пределах: темновой ток $I=(5\cdot 10^{-7}- 2\cdot 10^{-6})$ А, емкость $C=(70-230)$ пФ, шумы $E_{ш}=(25-95)$ кВ, энергетическое разрешение по α - частицам $R_{\alpha}=(100-135)$ кВ, а по Ra^{226} (Рис.1).

Литература

1. Л.С. Смирнов, С.П.Соловьев, В.Ф. Стась, В.А.Харченко. Легирование полупроводников металлом ядерных реакций / Ответ. редак. Л.С. Смирнов. - Новосибирск: Наука, 1981. - 181 с.

2. Karimov M., Makhkamov Sh., Makhmudov Sh.A., Muminov R.A., Rakhmatov A.Z., Sulaimanov A.A., Tursunov N.A. Peculiarities of influence of radiation defects on photoconductivity of silicon irradiated by fast neutrons. (Applied Solar Energy, Allerton Press, Inc., 2010) vol. 46 (4), pp. 298-300.

Peculiarities of influence of radiation defects on photoconductivity of silicon irradiated by fast neutrons. (Applied Solar Energy, Allerton Press, Inc., 2010) vol. 46 (4), pp. 298-300.

3. Sh.A. Makhkamov, M.Yu. Tashmetov, Sh.A. Makhmudov, A.K. Rafikov, A.A. Sulaimonov. Диффузия атомов примеси родия в кремнии для датчиков // FRANCE international conference: "Scientific approach to the modern education system" Part 10, 5th December, - Pp. -95-98.y 2022

4. M. Yu. Tashmetov, Sh. A. Makhmudov, A. A. Sulaymonov, A. K. Rafikov, B. Zh. Abdurayimov. Photosensors Based on Neutron Doped Silicon // ISSN 0003-701X, Applied Solar Energy, 2019, Vol. 55, No. 1, pp. 71–73. © Allerton Press, Inc., 2019. Russian Text © The Author(s), 2019, published in Geliotekhnika, 2019, No. 1, pp. 83–85. DOI: 10.3103/S0003701X19010134

5. Sh Makhmudov, A Sulaymonov, A Rafikov, G Xudayberganova. Study of after diffusion regions in highly doped silicon // International scientific journal Science and Innovation, ISSN: 2181-3337, V-1, №6, October 9, 2022, - Pp. -402-404. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7178339>

6. Каримов М., Махкамов Ш., Турсунов Н., Махмудов Ш.А., Сулаймонов А.А. Влияние быстрых нейтронов на электрофизические свойства ядерно-легированного кремния р-типа» // Известия вузов, Физика. – Томск. 2011. – Вып. 5 – С. 75-78.

7. M Karimov, Sh Makhkamov, NA Tursunov, Sh A Makhmudov, AA Sulaimonov. "The effect of fast neutrons on the electrophysical properties of nuclear-doped p-silicon" // Russian Physics Journal 2011/10. vol 54. Pp589-593.

8. Сулаймонов.А.А. Разработка терморadiационных датчиков на основе нейтронно-легированного монокристаллического кремния: дис.-кон.-физ.-тех. наук-Тошкент-2021

9. Патент на изобретение РУз № IAP 04796. Способ изготовления кремниевых терморезисторов / Каримов М., Махкамов Ш., Турсунов Н. А., Махмудов Ш.



А., Сулаймонов А.А. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - 29.11.2013.

10. Патент на изобретение РУз № IAP 05339. Способ измерения плотности потока нейтронов кремниевым детектором n-типа / Каримов М., Махкамов Ш., Турсунов Н.А., Махмудов Ш.А., Саттиев А.Р., Сулаймонов А.А., Рафиков А.К. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - 27.04.2017.

11. Зайнабидинов С.З. Физические основы образования глубоких уровней в кремнии. - Ташкент: Фан – 1984. – С. 160.

12. Нейтронное трансмутационное легирование полупроводников / под ред. Дж. Миза; пер. с англ. под ред. В.Н.Мордковича. – М.: Мир, 1982. –С. 259.

