

ДЕТЕКТОРЫ ЯДЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДНЫХ СТРУКТУР Al-aGe-pSi-Au

Ё.К. Тошмуродов

Физико-технический институт АН РУз, Ташкент, Узбекистан, detector@uzsci.net
(Получена 17.05.2016)

Мақолада Al-aGe-pSi-Au гетероструктура асосида сезувчи қисми (5–8 см) ва қалинлиги $W > 1-1.5$ мм ядровий нурланишли детекторлар ишлаб чиқишнинг ўзига хослиги кўриб чиқилган. Уларнинг вольтампер ва радиометрик характеристикалари кўрсатилган.

В статье рассмотрены особенности разработки детекторов ядерного излучения с толщиной чувствительной области $W > 1-1.5$ мм и диаметром 5–8 см на основе Al-aGe-pSi-Au гетероструктур. Показаны особенности их вольтамперных и радиометрических характеристик.

The article describes the features of fabrication of nuclear radiation detectors with the thickness of sensitive area ($W > 1-1.5$ mm) and diameter of 5 – 8 cm) on the basis of Al-aGe-pSi-Au heterostructure. The features of volt-ampere and radiometric characteristics are shown.

Полупроводниковые детекторы на основе кремния находят широкое применение в науке, технике и в различных сферах производства [1-5]. Относительно большая ширина запрещенной зоны в кремнии по сравнению с германием позволяет резко уменьшить при комнатной температуре обратные токи в электронно-дырочных переходах. В настоящее время можно выделить три типа детекторов ядерного излучения [6-9]. Они отличаются как по способу получения *p-n*-перехода, так и по характеристикам. По своему назначению – это поверхностно-барьерные детекторы, диффузионные детекторы на основе *p-n*-структур, диффузионно-дрейфовые *p-i-n*-детекторы. В последние годы появились детекторы на основе гетероструктур. Во всех типах детекторов их эффективность связана с проявлением процессов, обусловленных взаимосвязью параметров исходного кристалла с изготовленными на их основе детекторами ядерного излучения.

Решение многих научно-технических задач связано с измерением слабоинтенсивных и высокоэнергичных заряженных частиц. Для измерения таких заряженных частиц требуется детектор со значительной толщиной чувствительной области и тонким «мертвым» слоем входного окна, а также с высокими электрофизическими, радиометрическими характеристиками в широком диапазоне напряжений внешнего обратного смещения электрического поля в структуре.

В работе рассмотрена разработка и изготовление полупроводникового детектора (ППД) на основе гетероструктуры Al-aGe-pSi-Au с толщиной чувствительной области $W_i = 0.5-4$ мм, диаметром чувствительной области 5–8 мм, с высокоомным *p-Si* слоем (6–8 кОм·см, 1000 мкс). На рис. 1 показана конструкция детектора.

Для получения гетероперехода на поверхность *p-Si* методом вакуумного напыления при давлении 3×10^{-5} мм.рт.ст. наносили контакты на основе аморфного

aGe (300 Å) и Al (300 Å). На обратную тыльную сторону наносили слой Au (~200 Å), который также является контактом (рис. 1).

Из вольт-фарадных характеристик определяли высоту потенциального барьера ϕ гетероструктуры, которая для исследованных детекторов составила 0.6–0.9 эВ.

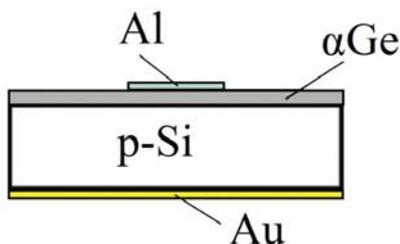


Рис. 1. Полупроводниковый детектор Al-aGe-pSi-Au в разрезе.

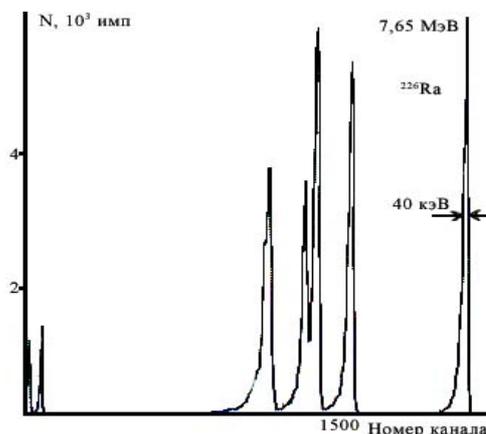


Рис. 2. Энергетический спектр изготовленного детектора по α -частицам ^{226}Ra ($E_\alpha=7.65$ МэВ) при $U=100$ В.

На основе анализа спектрометрических характеристик обнаружена корреляция между энергетическим разрешением и высотой потенциального барьера ϕ . Также обнаружены различия в распределении примесей по площади и их интегральных плотностей, которые существенно влияют на электрические параметры гетероструктуры Al-aGe-pSi-Au. При этом неравномерность распределения примесей и увеличение интегральной плотности приводят к увеличению значения обратного тока и энергетического эквивалента шума. В изготовленных детекторах измерялись также энергетические разрешения.

Электрофизические и радиометрические характеристики изготовленных детекторов находятся в пределах $U_{раб} = (50-200)$ В, $I_{обр} = (10^{-7}-10^{-6})$ мкА, $C = (4-15)$ пФ, $E_{ш} = (12-26)$ кэВ, энергетическое разрешение по ^{226}Ra $R_\alpha = (35-40)$ кэВ ($E_\alpha = 7.65$ МэВ), толщина входного окна $\Delta E_{вх} = (13\pm 5)$ кэВ, выходного окна $\Delta E_{вых} = (22\pm 5)$ кэВ соответственно (рис. 2).

В изготовленных детекторах измеряли электрофизические и радиометрические характеристики, которые сравнивали с соответствующими характеристиками поверх-

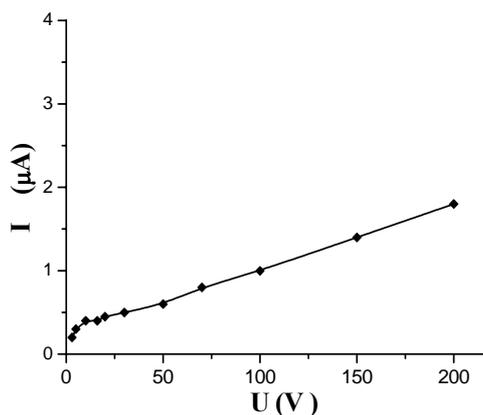


Рис. 3. Вольтамперная характеристика полупроводникового детектора на основе гетероструктуры Al-aGe-pSi-Au.

ностно-барьерных детекторов (ПБД) аналогичной геометрии, изготовленных из n -Si, $\rho \sim 3-5$ кОм·см.

Преимуществами детекторов, изготовленных на основе p -Si, являются малое рабочее напряжение $U \sim (30-200)$ В и относительно малые потери энергии во входном и выходном окнах ($\Delta E_{вх} \sim 8-15$ кэВ, $\Delta E_{вых} \sim 20-35$ кэВ).

На рис. 3 представлена обратная ветвь вольтамперной характеристики гетероструктуры. Как видно из рис. 3, ток насыщения практически линеен с небольшим уклоном.

Таким образом, исследования показали, что разработанные нами детекторы на основе гетероструктуры могут эффективно работать в телескопических системах, как детекторы поглощения, так и пролетные детекторы (E и ΔE) в широком диапазоне энергий ионизирующих частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.К. Акимов, О.В. Игнатъев, А.И. Калинин, В.Ф. Кушнирук. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике (Москва, Энергоатомиздат, 1989).
2. Д. Дирнли, Д. Нортроп. Полупроводниковые счетчики ядерных излучений (Москва, Мир, 1966).
3. С.А. Азимов, Р.А. Муминов, С.Х. Шамирзаев, А.Я. Яфасов. Кремний-литиевые детекторы ядерного излучения (Ташкент, Фан, 1981).
4. Ю.К. Акимов, ПТЭ № 1, 5 (2007).
5. P. Lechner, C. Fiorini, R. Hartmann, et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **458**, 281 (2001).
6. G. Apollinari, S. Belforte, F. Bosi, E. Focardi, R. Paoletti, G. Tonelli, F. Zetti, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **279**, No 1-2, 396 (1989).
7. G.F. Bogdanov, B.P. Maksimenko, Atomic Energy **32**, No 1, 68 (1972).
8. E.M. Pell. Semiconductor Nuclear Particle Detectors (NAS-NRS, Washington, 1961).
9. Y.C. Liu, S.C. Yeh, H.S. Tzeng, C.C. Hsu, P.K. Tzeng, W.S. Hsu, Chinese Journal of Physics **12**, No 2, 134 (1974).