



ISSN 2811537-2

**O'zbekiston Respublikasi
Fanlar akademiyasining
MA'Ruzaları**

**ДОКЛАДЫ
Академии наук
Республики Узбекистан**

Б.04.2013
Б.04.2013

2-2013



5. Mussaeva M.A., Ibragimova E.M., Kalanov M.U., Muminov M.I. Physics of the solid state. 2006. Vol. 48. No 12. P. 2295–2299.
6. Муссаева М.А., Ибрагимова Э.М., Бузриков Ш.Н. // Доклады АН РУз. 2011. №1. С. 29–32.
7. Baldacchini G., Chiacciarella R., Gupta V., Kalinov V., Voitovich A.P. // ФТТ. 2008. Т. 50. Вып. 9. С.1678–1686.
8. Кудряцева И., Лущик А., Непомнящих А.И., Савишин Ф., Васильченко Е., Лисовская Ю. // ФТТ. 2008. Т. 50. Вып.9. С. 1603–1606.
9. Гудаев О.А., Малиновский В.К. // ФТТ. 1992. Вып. 34. №2. С. 548.
10. Ефремов Г.Ф., Петров Д.А., Маслов А.О. Вестник Нижегородского университета // ФТТ. 2010. Вып. 3(1). С. 44–53.
11. Physics of Radiation Effects in Crystals / Ed by R.A. Johnson, A.N. Orlov. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, 1986.
12. Clinard F.W., Hobbs L.W. Radiation Effects in Non-Metals. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. Chapter 7, 1986.

М.А.Муссаева, В.Н.Сандалов, Э.М.Ибрагимова

ЗАРЯДЛАНТИРИЛГАН Li НАНОЗАРРАЧАЛИ LiF ДА ЗАРЯД ТАШУВЧИЛАР ТРАНСПОРТИ

Мақолада LiF ионли кристалларни гамма-квантларнинг ^{60}Co манбауда 300 К да (~1.25 МэВ) доза куввати 4.06 Гр/с ва оралиги $7.8 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$ Гр нурлантирилганда электр ўтказувчаник 190–400 К ҳарорат оралигида ўрганилди. Ўлчашлар классик учэлектродли схемада доимий кучланиш 25 В шароитида олиб борилди.

Ташувчиларнинг транспорт сакраш механизми $\lg(\sigma \cdot T^{1/2}) \sim T^{-1/4}$ локаллашган холатда 270 К букилиши F -марказларда стабиль бўлмаган агрегат электронларнинг ва Li нанозарраларнинг хосил бўлиши жараёни билан боғлик.

M.A.Mussaeva, V.N.Sandalov, E.M.Ibragimova

CHARGE CARRIER TRANSPORT IN THE IRRADIATED LiF WITH Li NANOPARTICLES

Electric conductivity was studied in the temperature range of 190–400 K in the ionic LiF crystals prior and after irradiations at 300 K with ^{60}Co source of gamma-quanta (~1.25 MeV) at the dose rate of 4.06 Gy/s in the dose range of $7.8 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$ Gy. The measurements were done at the direct voltage of 25 V by the classic three-electrode scheme. The charge carrier transport is determined by the mechanism of hopping over localized states $\lg(\sigma \cdot T^{1/2}) \sim T^{-1/4}$ with a kink near 270 K, when unstable aggregates of electronic F -centers and Li nanoparticles begin forming.

Институт ядерной физики АН РУз

Дата поступления
18.01.2013

УДК 621.376.234

Акад. АН РУз Р.А.Муминов, С.А.Раджапов, Ё.К.Тошмуродов

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ НА СВОЙСТВА ДЕТЕКТОРА ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ Si(Li) *p-i-n* СТРУКТУР БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ

Полупроводниковые детекторы ядерного излучения для томографических систем медицинского назначения требуют прецизионных физических процессов и условий. Это связано с тем, что для таких систем применяются низкоэнергетические рентгеновские лучи при генерации электронно-дырочных пар в чувствительной области полупроводникового детектора. Энергетические разрешения в них должны составлять $R < 200 - 230$ эВ. Эти значения являются почти предельными величинами физической возможности многих детекторов на основе полупроводниковых кристаллов. Для удовлетворения указанных условий по энергетическому разрешению необходимо установить физические условия и механизмы по обеспечению максимальной степени сортирования носителей заряда, генери-

рованных за счет потери энергии квантов рентгеновский лучей. При этом такое условие должно обеспечиваться одинаково в любой точке чувствительной области детектора и сам детектор должен быть позиционно-чувствительным.

Такие системы обычно изготавливаются на основе $p-n$ или $p-i-n$ структур с малыми размерами, при этом собирая их в виде мозаики для обеспечения необходимых размеров координатно-чувствительной поверхности. В такой мозаичной системе теряется 10–12% общей неэффективной площади системы.

Решение вопросов по созданию детекторов для томографических систем нами рассматривается на основе позиционно чувствительных $Si(Li)$ $p-i-n$ структур больших диаметров – 60–100 мм.

Требования к таким $Si(Li)$ $p-i-n$ структурам больших размеров определяются учетом не только средней концентрации различных точечных несовершенств в объеме кристалла, но и флуктуацией распределения их концентрации в локальных областях его объема. Влияние такой флуктуации проявляется особенно заметно, когда объем кристалла сильно обеднен неосновными носителями. До сих пор локальные неоднородности определялись из измерений частотной зависимости импеданса $Si(Li)$ $p-i-n$ структур при нулевом смещении [1–3]. В этом случае отсутствовала возможность получения координатного распределения неоднородностей.

Нами представлены результаты исследования по развитию метода измерения частотной зависимости импеданса $Si(Li)$ $p-i-n$ структур приложении на структуру постоянного напряжения обратного смещения к дискретным позиционно чувствительным участкам детектора (ПЧД). Такой подход позволяет определять Σl_i при каждом значении напряжения смещения и выявить на каждой координатно-чувствительной области локальную неоднородность. Применяя этот метод к ПЧД, можно получить распределение Σl_i локальной неоднородности по объему каждой координатно-чувствительной области детекторов.

Распределение Σl_i локальной неоднородности предлагается определять следующим образом. Частотная зависимость импеданса $Si(Li)$ $p-i-n$ структуры измеряется, начиная со смещения $U=1B$ до напряжения смещения, обеспечивающего протяженность области объемного заряда до тыльного контакта. По методике расчета определяется суммарное количество локальных неоднородностей в каждой координатно чувствительной области образца. Шаг изменения напряжения смещения задается величиной координатного разрешения δ , требуемого для конкретной технологии, и определяется по формуле

$$\frac{1}{C_i} - \frac{1}{C_{i+1}} = \frac{\delta}{\epsilon \epsilon_0 S}.$$

Локальные неоднородности при координате

$$x_i = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{C_i}$$

находятся по формуле

$$l(x_i) \sum Z(x_i) - \sum Z(x_i + 1),$$

где C_i и C_{i+1} – емкости структуры на нижней границе частотного диапазона при $U = U_i$ и $U = U_{i+1}$ соответственно;

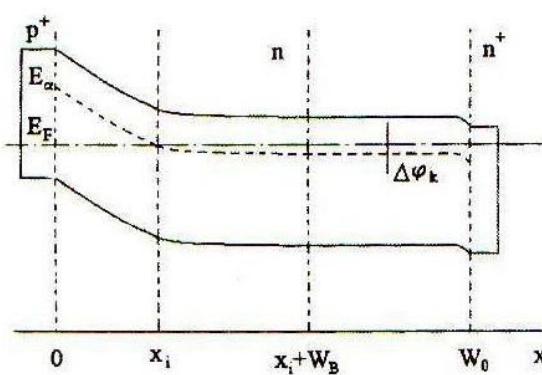
ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость полупроводника;

ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума;

S – геометрическая площадь контактов;

$Z(x_i)$ и $Z(x_i + 1)$ – эффективные величины локальных неоднородностей в слое толщиной $W - x_i$ и $W - x_{i+1}$ соответственно.

Использование сканирования с напряжением обратного смещения позволяет получить информацию и о степени компенсации полупроводникового материала. Определение степени компенсации в локальной области полупроводникового материала основано на возникновении в граничной области объемного заряда $n-p$ перехода высокоокомного слоя, толщина которого зависит от степени компенсации материала. Происхождение этого слоя связано с тем, что в компенсированных полупроводниковых материалах положение уровня Ферми относительно одного из



Энергетическая диаграмма уровня Ферми и примесного уровня в компенсированном полупроводнике

примесных уровней меняется не только в пределах области объемного заряда, но и за ее границей (рисунок). При этом за пределами указанной точки возникает высокоомный «слой», примыкающий к границе $n-p$ перехода W_B .

Толщина этого слоя, т.е. W_B , определяется разностью в положении уровней Ферми и примесного $\Delta\phi_k$, а также величиной разностной концентрации донорной N_D акцепторной N_A примесей

$$W_B = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0\Delta\phi_k}{l^2(N_B - N_A)}}.$$

Поскольку разность $N_D - N_A$ определяет уровень компенсации материала, то W_B несет однозначную информацию о компенсации материала в данной области кристалла. Изменяя напряжение смещения, можно изменить положение границы электрического поля в области x_i и тем самым изменять положение слоя W_B в образце. При этом величина W_B будет характеризовать уровень компенсации в области, непосредственно примыкающей к x_i . Толщина слоя W_B измеряется описанным ранее методом частотных зависимостей импеданса структуры, равной $W_B = Z(x_i)$, т.е. суммарной толщиной всех измеренных высокоомных слоев. Тогда искомый уровень компенсации определяется из выражения

$$N_D - N_A = \frac{2\epsilon\epsilon_0\Delta\phi_k}{l^2 Z^2(x_i)},$$

а координата x_i , в которой измерена величина $N_D - N_A$, находится как

$$x_i = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{C_i}.$$

Величина $\Delta\phi_k$ принимается для $Si = 0.1$ эВ.

Следовательно, задавая шаг сканирования напряжением смещения и измеряя Σl_i в заданном объеме структуры, можно исследовать флуктуацию в распределении Σl_i локальной неоднородности и тем самым излучить полную топографическую картину всего объема чувствительной области $Si(Li) p-i-n$ детекторов томографической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азимов С.А., Муминов Р.А., Шамирзаев С.Х., Яфасов А.Я. Кремний-литиевые детекторы ядерного излучения. Ташкент: Фан, 1981. – 257 с.
2. Акимов Ю.К. Кремниевые детекторы излучений // ПТЭ. 2007. №1. С. 5–34.
3. Radzhabov S.A., Versatroment A. // Spectrometer Based on a Large – Volume Si(Li) p-i-n structure Instrument and Experimental Techniques. New York, 2007. Vol. 50. №4. P.452–454.

Р.А.Мүминов, С.А.Раджапов, Ё.К.Тошмурадов

КАТТА ҲАЖМЛИ $Si(Li) p-i-n$ СТРУКТУРАЛАР АСОСИДАГИ ТОМОГРАФИЯ СИСТЕМАЛАРИ ДЕТЕКТОРЛАРИГА КРИСТАЛЛ ПАНЖАРА НУҚСОНЛАРИНИНГ ТАЪСИРИ

Мақолада тиббиёт томографик системаларида қўлланиши мумкин бўлган $Si(Li) p-i-n$ структуралари асосидаги ядрорий нурланиш детекторларидаги физик жараёнлар ва керакли ишлаш шартлари кўриб чиқилган. Бундай система учун катта юзали яхлит $Si(Li) p-i-n$ структуралар асосидаги позицион сезгир детекторлар ишлаб чиқилган. Унинг хоссаларига кристалл панжара нуқсонларининг флуктуациясини таъсири ўрганилган.

R.A.Muminov, S.A.Radzhabov, Yo.K.Toshmurodov

THE INFLUENCE OF HETEROGENEITY OF THE CRYSTAL LATTICE ON PROPERTIES OF THE DETECTOR OF A TOMOGRAPHIC SYSTEM BASED ON LARGE SIZE SI(LI) P-I-N STRUCTURES

Particularities of physical processes and the required conditions set for detectors of nuclear radiation embedded in tomography systems applied in the medical field are presented in this work. Such a system is developed on the basis of monolithic positional-sensory $Si(Li)p-i-n$ structure with large sensitivity area. Their properties have been investigated upon influence of fluctuation of distribution of defects of crystal lattice within the bulk of sensitive area of the detector.

Физико-технический институт
Научно-производственного объединения
«Физика-Солнце» АН РУз

Дата поступления
28.01.2013