

ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ И ВОЛЬТФАРАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ SI(LI) P-I-N ДЕТЕКТОРЫ

Тошмуродов Ёркин Кахрамонович,
Шукуров Бегзод Уктам угли

Каршинский государственный университет г. Карши, Узбекистан.

E-mail: yorqin.uz@mail.ru

В мировой практике неплохо освоены разработки неохлаждаемых детекторов не больших размеров. Создание кремниевых детекторов больших размеров имеют свои особенности и трудности, требующие изыскание новых научных, технических и технологических решений. В этой связи необходимы глубокие понимания физических процессов, обусловленных с взаимосвязью параметров исходного кристалла больших диаметров с формированием на их основе высококачественных детекторных структур типа p-n или p-i-n переходов [1-3].

Успешное решение задач по созданию Si(Li) p-i-n детекторов ядерного излучения больших площадей во многом зависит от правильного понимания свойств исходного кремния большого диаметра и их возможная связь с эксплуатационными характеристиками детектора.

В работе были исследованы вольтамперные и вольтфарадные характеристики Si(Li) p-i-n детекторов больших размеров.

Для проведения исследования были изготовлены Si(Li) p-i-n детектор по технологии, описанной в работе [4]. Изготовлен Si(Li) p-i-n детектор из низкоомного p-Si, выращенного методом Чохральского ($\rho=10\text{ Ом.см}$, $\tau=50\text{ мкс}$) и высокоомного кремния, полученного безтигельной зонной плавкой ($\rho=4\text{ кОм.см}$, $\tau=500\text{ мкс}$). Диффузию лития проводили на одну из сторон, в вакууме ($\sim 10^{-5}\text{ мм.рт.ст.}$) при температуре $t_{\text{диф}}=450^{\circ}\text{C}$ на глубину $320\div 350\text{ мкм}$ [5]. Далее, в n^+p-n^+ структурах провели процесс дрейфа ионов лития [6]. К готовой структуре напыляются металлические контакты, Al($\sim 1000^{\circ}\text{A}$) и Au($\sim 200^{\circ}\text{A}$) на n^+ -область и i-область соответственно.

Величина тока, текущего в обратно смещенной Si(Li) p-i-n структуре является важнейшим электрофизическим параметром, определяющим уровень токовых шумов полупроводниковых детекторов.

Согласно проведенному анализу, объемная составляющая обратного тока Si(Li) p-i-n-структур практически полностью определяется только генерационным током в компенсированной i-области, и не зависит от удельного сопротивления исходного материала. Следовательно, значение объемной составляющей обратного тока наших детекторов должно быть равно $I_{\text{обр}}=IS=3,4\text{ мкА}$. Это значение служит критерием, по которому можно оценить, насколько существенный вклад в общий ток вносит поверхностная составляющая.

Как видно из экспериментальных кривых (см. Рис.1), обратные токи детекторов из низкоомного кремния Чохральского ($\rho=10\text{ Ом. см}$) в области насыщения с хорошей точностью согласуются с расчетным значением. Это свидетельствует об отсутствии поверхностных токов и, следовательно, о стабильности радиометрических характеристик в широком диапазоне рабочих полей.

Совершенно другой характер имеют обратные токи детекторов из высокоомного безтигельного кремния ($\rho=4\text{ кОм.см}$). В этом случае, измеренные значения обратных токов значительно превышают критические ($I_{\text{обр}}=3,4\text{ мкА}$) практически во всем диапазоне обратного смещения (при 10 В). Это свидетельствует о формировании инверсионного слоя на поверхности этих детекторов. Ширина и проводимость инверсионного слоя, как известно, определяются удельным сопротивлением исходного полупроводника и поверхностным изгибом зон.

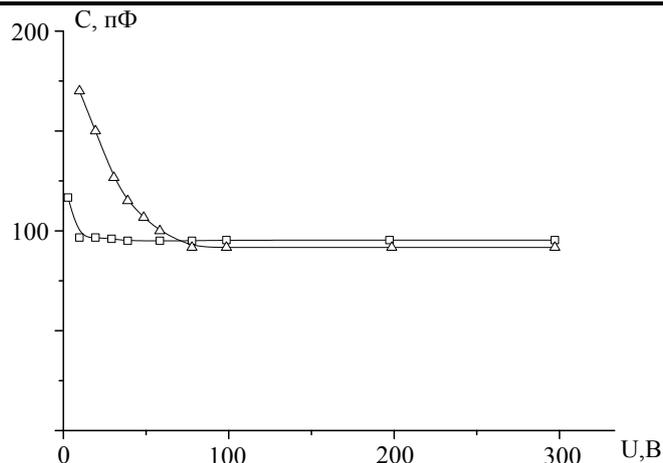
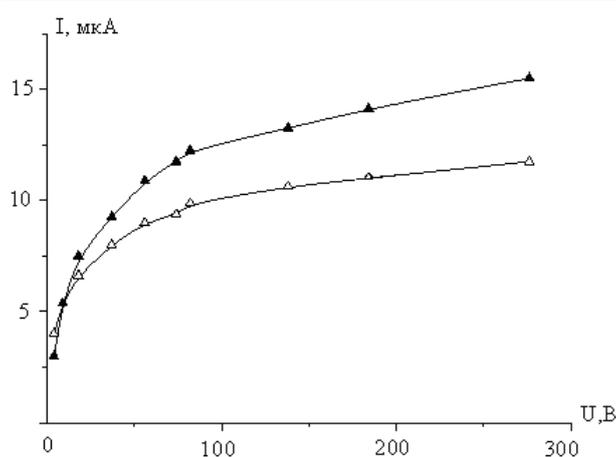


Рис.1. ВАХ Si(Li) p-i-n детекторов $S=60 \text{ cm}^2$, изготовленных из низкоомного p-Si, выращенного методом Чохральского - Δ ; и высокоомного кремния полученного бестигельной зонной плавкой - \blacktriangle .

Рис. 2. ВФХ Si(Li) p-i-n детекторов площадью 60 cm^2 изготовленных из p-Si, выращенного методом Чохральского -- Δ -- и бестигельной зонной плавкой -- \square --.

Вольтфарадные характеристики Si(Li) p-i-n детекторов приведены на рис.2. Лучшие характеристики наблюдается у детекторов выращенных методом Чохральского.

Недостаточная компенсация чувствительной области детекторов обусловлена наличием локальных неоднородностей в объеме исходного материала, а также несовершенством контактов p-i-n структур. Использование специальных «мягких» режимов дрейфа ионов лития, а также замена химически осажденного алюминиевого тыльного контакта на напыленный слой алюминия, с применением дополнительного выравнивающего дрейфа позволяет уменьшить величину напряжения смещения, при которой достигается необходимая толщина чувствительной области.

Из проведенного анализа отчетливо видны преимущества использования низкоомного p-Si выращенного методом Чохральского, для изготовления Si(Li) p-i-n детекторов больших размеров, малыми обратными токами и высокими эксплуатационными характеристиками.

Литература

1. Дж. Дирнли, Д. Нортроп. «Полупроводниковые счетчики ядерных излучений». - М. Мир. - 1966 г.
2. Ю.К. Акимов, О.В. Игнатъев, А.И. Калинин, В.Ф. Кушнирук. «Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике» - М. Энергоатомиздат, 1989 г.
3. Protic, D., et al.; Development of Transmission Si(Li) Detectors, IEEE Transactions On Nuclear Science, Aug. 2003, vol. 50, No. 4, pp. 1008-1012.
4. Азимов С.А., Муминов Р.А., Шамирзаев С.Х. Кремний-литиевые детекторы ядерного излучения. – Ташкент: Фан.1981 г.
5. Раджапов С.А. УФЖ, 2007. - vol.9. - №3 - с. 190-194.
6. Раджапов С.А. ДАН РУз, 2007. - №2. - с.17-21.