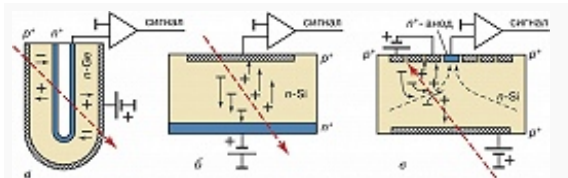


ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДЕТЕКТОР

Авторы: В. К. Ерёмин



Полупроводниковые детекторы: коаксиальный на основе Ge (а), планарный на основе Si (б), дрейфовый на основе Si (в). Чёрными стрелками показаны пути и направления дрейфа электронов и дырок, красной стр...

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДЕТЕКТОР, прибор для регистрации ионизирующих излучений, материалом чувствительной области которого является полупроводник. По принципу действия П. д. аналогичен [ионизационной камере](#). При подаче напряжения на контакты П. д. в полупроводнике образуется слой с высокой напряжённостью электрич. поля (10^3 – 10^4 В/см), являющийся чувствит. областью (ЧО) прибора. Частицы (кванты) ионизирующего излучения с энергией \mathcal{E} создают в ЧО

электронно-дырочные пары в количестве, равном \mathcal{E}/ϵ (где ϵ – энергия образования пары в полупроводнике; напр., для Si $\epsilon=3,6$ эВ). В электрич. поле ЧО электроны и дырки дрейфуют к контактам П. д., индуцируя на них электрич. сигнал. Амплитуды сигналов, создаваемых частицами, пробег которых меньше толщины ЧО, дают энергетич. спектр частиц; если пробег больше толщины ЧО – регистрируется спектр потерь энергии частиц в ЧО. Форма сигнала зависит от длины пробега частицы в ЧО или от точки поглощения кванта. Поскольку на длину пробега частицы влияют её масса и заряд, то П. д. позволяет идентифицировать частицы по этим параметрам, а для γ -квантов – определять точку их поглощения.

В П. д. используются чистые монокристаллы Si, Ge, C (алмаз), GaAs, CdTe, CdZnTe (в перспективе также SiC и HgI₂). Т. н. поверхностно-барьерные П. д. на основе Si и Ge имеют структуру металл – полупроводник – металл (МПМ) с [Шоттки барьером](#). МПМ-структуры с двумя омическими контактами используют для П. д. на основе C, GaAs,

CdTe, CdZnTe и HgI₂. Наибольшее распространение получили П. д. с p–n-переходом в виде p⁺–i–n⁺ структур на основе Si и Ge. Здесь p⁺ и n⁺ – контакты, легированные акцепторной и донорной примесями соответственно (содержание примесей ок. 10¹⁸–10²⁰ см⁻³), i – чистый полупроводник (содержание примесей ок. 10¹¹ см⁻³).

П. д. подразделяются на охлаждаемые и неохлаждаемые (в т. ч. высокотемпературные). Охлаждаемые П. д. работают в интервале температур 77–140 К и изготавливаются из Ge, неохлаждаемые П. д. (230–320 К и выше) – из Si, GaAs, CdTe, CdZnTe. Высокотемпературные П. д. изготавливают из HgI₂, SiC и C; они работают до 350 К, 500 К и 800 К соответственно.

Для регистрации частиц обычно используют П. д. из Si, реже из C. Рентгеновские и γ -кванты детектируются П. д. на основе любых описанных полупроводников, при этом эффективность регистрации квантов растёт как Z⁴ (где Z – суммарный заряд ядер атомов химич. элементов в составе полупроводника). С учётом возможных размеров ЧО П. д. на основе Si эффективны в диапазоне энергий частиц от 1 до 18 кэВ, на основе GaAs – от 5 до 60 кэВ, на основе высокочистого Ge – от 5 кэВ до 10 МэВ, на основе CdTe, CdZnTe и HgI₂ – от 5 кэВ до 1 МэВ.

По конструкции П. д. делятся на коаксиальные (один контакт расположен на стенках «колодца» цилиндрич. детектора, другой – на его внешней поверхности и торце, рис., а), планарные (полупроводник находится между плоскопараллельными омическими контактами, перпендикулярно которым происходит дрейф собираемых носителей заряда, рис., б) и дрейфовые (полупроводник находится между плоскопараллельными структурированными контактами, сигнал образуется на аноде малой площади за счёт сбора только электронов, рис., в). Коаксиальные П. д. на основе Ge имеют максимальный для П. д. размер ЧО – до нескольких сотен см³, макс. площадь ЧО планарных П. д. на основе Si – до 100 см². В выпускаемых пром-стью дрейфовых П. д. на основе Si чувствительная площадь достигает 1 см² при толщине ЧО до 0,6 мм (в спец. конструкциях площадь достигает 35 см² при толщине 0,3 мм).

Коаксиальные и планарные П. д. в режиме счёта частиц (квантов) используются для

определения спектра ионизирующего излучения. Наилучшей разрешающей способностью по энергии (R_E) при регистрации частиц обладают П. д. на основе Si R_E до 0,2% для α -частиц с $E=5,5$ МэВ), при регистрации γ -квантов – П. д. из высокочистого Ge (R_E до 0,15% для $E=1-2$ МэВ), при регистрации рентгеновских квантов низких энергий – дрейфовые детекторы на основе Si (R_E до 80 эВ для $E=1-2$ кэВ). Планарные сегментированные (состоящие из нескольких детекторных модулей) П. д. на основе Si обеспечивают высокую позиционную чувствительность (до единиц мкм), что используется в системах определения траекторий движения частиц.

Большинство типов П. д. изготавливаются по индивидуальной технологии.

Исключением являются планарные П. д. на основе Si, технология изготовления которых (аналогичная технологии кремниевой микроэлектроники) позволяет одновременно получать детекторы разных размеров и с разной топологией контактов на одной пластине Si диаметром 100–150 мм. Благодаря высокой автоматизации всего процесса и контролируемости отд. операций достигаются наилучшие характеристики П. д. и их идентичность при массовом выпуске.

Литература

Лит.: Акимов Ю. К. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. Дубна, 2009.