

Фотозлектроника

УДК 621.315.593

Фотоприемник в ближней ИК-области поглощения на основе CdTe—SiO₂—Si

С. М. Отажонов

Ферганский государственный университет, г. Фергана, Узбекистан

Предложен фотоприемник на основе CdTe-SiO₂-Si, работающий в ближней ИК-области поглощения (0,5—2,7) мкм, что позволяет управлять как спектральной фоточувствительностью, так и величиной максимальной чувствительности фотоприемника.

Целью настоящей статьи является расширение функциональных возможностей фотоприемника с обеспечением управления его фоточувствительностью в широком спектральном диапазоне и сохранением селективности (по сравнению с прототипом [1]). Цель достигается тем, что фотоприемник, состоящий из полупроводниковой пластины с электрическими контактами и источника электрического напряжения, содержит два полупроводниковых слоя, между которыми расположен слой диэлектрика с глубокими уровнями, поверхность нижнего полупроводникового слоя металлизирована; при этом верхний полупроводниковый слой обладает свойством генерирования аномального фотонапряжения.

Слой диэлектрика выполнен из двуокиси кремния, полученной путем высокотемпературного окисления полупроводникового слоя кремния; верхний полупроводниковый слой — из косонапыленного теллурида кадмия, легированного серебром. Фоточувствительность фотоприемника управляют путем либо нанесения на верхний полупроводниковый слой ионов в коронном разряде, создаваемом электрическим полем источника электрического напряжения, либо подключением источника напряжения между металлизированной поверхностью и контактом на верхнем полупроводниковом слое, не создавая коронный разряд; при этом источник содержит полупроводниковый слой, обладающий аномальным фотонапряжением.

На рисунке, *a* представлена схема предлагаемого фотоприемника, который содержит нижний полупроводниковый слой 1, верхний полупроводниковый слой, обладающий аномальным фотонапряжением (АФН) 2, слой диэлектрика с глубокими уровнями 3, металлический электрод 4 и контакты 5, предназначенные для подключения к регистрирующим приборам. Источник управляющего электрического напряжения, не создающий коронный разряд, подключается между металлическим электродом 4 и контактом 5. На рисунке 1, *б* представлено распределение

чувствительности от длины волны принимаемого электромагнитного излучения при разных поверхностных потенциалах (относительно металлического электрода) зарядки в коронном разряде, где кривая 1 — для незаряженного фотоприемника, 2 — заряженного до 50 В и 3 — до 80 В, а 4 — при подключении между электродом 4 и контактом 5 источника напряжением 100 В.

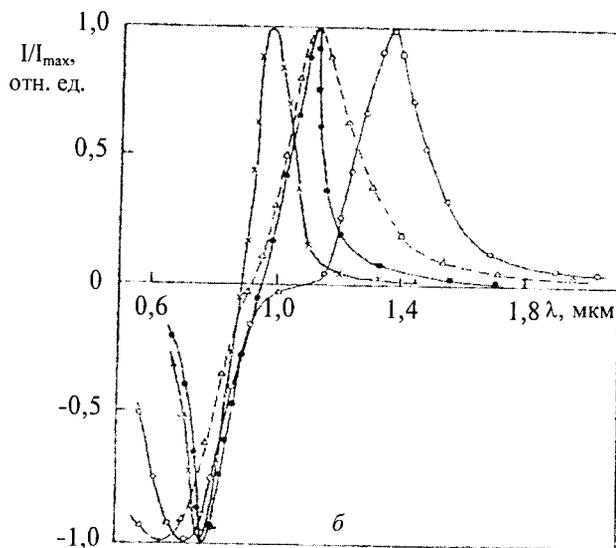
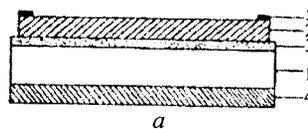


Схема фотоприемника с управляемой спектральной фоточувствительностью (а) и его спектральные характеристики (б):

1 — о; 2 — •; 3 — x; 4 — Δ
а: 1 — Si; 2 — CdTe; 3 — SiO₂; 4 — металл; 5 — контакты;
б: 1 — 0 В; 2 — 50 В; 3 — 80 В; 4 — 100 В

Работа устройства заключается в том, что в предлагаемой структуре спектральной фоточувствительностью управляют электрическим полем со встроенным в диэлектрик зарядом в широком диапазоне длин волн принимаемого электромагнитного излучения (0,5—2,4 мкм). При подклю-

чении источника напряжения, не создающего коронный разряд, потребляется сравнительно малая мощность, которую способен обеспечить источник, содержащий полупроводниковый слой, обладающий АФН. На нижнем полупроводниковом слое при окислении формируется слой диэлектрика, который обеспечивает необходимые механические свойства фотоприемника и транспорт носителей заряда от металлического электрода к слою диэлектрика. Транспорт носителей заряда от металлизированной поверхности к слою диэлектрика способствует накоплению заряда на границе раздела нижнего полупроводникового слоя диэлектрика, что приводит к увеличению напряженности электрического поля в диэлектрике. Механизмы транспорта носителей через полупроводниковый слой определяются конкретным полупроводником, а для кремния представлены в многочисленных источниках. Эффективная работа устройства с нижним полупроводниковым слоем определяется не только обеспечением механических свойств фотоприемника, но и пока реальными технологическими возможностями получения достаточно тонких (0,2—0,5 мкм) качественных диэлектрических слоев с глубокими уровнями, и это удачно отработано для структур кремний—диоксид кремния [2].

Цепочка технологических процессов изготовления фотоприемника в ближней ИК-области поглощения на основе $\text{CdTe—SiO}_2\text{—Si}$ заключается в следующем. На одной поверхности пластины кремния 380 ± 20 мкм выращивается слой диоксида кремния толщиной 0,4 мкм в промышленных условиях путем высокотемпературного окисления. Окисление производится в печи при температуре 1100°C . Продолжительность окисления 20 мин в сухом кислороде, 40 мин — в кислороде с парами воды и 15 мин — в сухом кислороде. Другая поверхность пластины кремния покрывается тонким слоем (1 мкм) алюминия путем вакуумного напыления. Изготовленная таким образом пластина помещается в камеру с вакуумом 10^{-4} — 10^{-5} Торр под углом $40 \pm 5^\circ$ между направлением молекулярного пучка и нормалью к подложке и нагревается до температуры $250 \pm 10^\circ\text{C}$, затем термическим напылением наносится слой теллурида кадмия (порошкообразный, особо чистый) со скоростью конденсации $1,7 \pm 0,1$ нм/с, толщиной 1,0 мкм.

Изготовленный фотоприемник заряжается коронным разрядом до 50 В (см. рисунок, б, кривая 2). При зарядке величина чувствительности фотоприемника возрастает по всей области принимаемого электромагнитного излучения, максимум длинноволновой чувствительности смещается в коротковолновую область от 0,36 до 1,1 мкм, чувствительность фотоприемника в максимуме возрастает в 1000 раз, а при длине волны 1,26 мкм — в 7,8 раза. Положение инверсии знака чувствительности при этом смещается от 1,15 до 0,95 мкм.

Расширение функциональных возможностей фотоприемника по сравнению с известными [1] определяется управлением положения величины максимальной чувствительности и положения инверсии знака при сохранении селективности регистрации электромагнитного излучения. При изменении поверхностного потенциала коронной зарядки до 80 В максимум чувствительности смещается в коротковолновую область принимаемого электромагнитного излучения от 1,4 до 0,95 мкм, чувствительность фотоприемника возрастает в 500—550 раз, а в коротковолновой области чувствительность противоположного знака возрастает в 3,5—3,7 раза (см. рисунок, б, кривая 3). Положение инверсии знака чувствительности при этом смещается от 1,15 до 0,88 мкм, а селективность сохраняется. При подключении между электродом 4 и контактом 5 источника, напряжение которого увеличивается до 100 В, максимум чувствительности смещается в коротковолновую область электромагнитного излучения от 1,4 до 1,12 мкм, чувствительность фотоприемника в максимуме возрастает в 28—30 раз, а в коротковолновой области чувствительность противоположного знака — в 2,7—3,0 раза (см. рисунок, б, кривая 4). Положение инверсии знака чувствительности при этом смещается от 1,15 до 0,92 мкм. Сохранение селективности и управление электрическим полем положением максимумов чувствительности обеспечивает согласование фотоприемника с излучателем в используемой спектральной области электромагнитного излучения на том же материале фотоприемника.

Заключение

Предлагаемый фотоприемник относится к полупроводниковым приборам, чувствительным к электромагнитному излучению, применяемым в оптоэлектронике как фоточувствительный прибор со спектральной характеристикой в широком диапазоне чувствительности. Это открывает новые возможности для обработки информации, так как обеспечивается прием сигналов от фотоприемников с различной спектральной чувствительностью, а также для использования известных и широко выпускаемых промышленностью фотоприемников в новой для них функции: повышении фоточувствительности и управлении спектральной характеристикой в широком диапазоне без дополнительных внешних источников электрического напряжения на торцах. Техно-экономический эффект связан с принципиально новыми возможностями создания фотоприемника с изменяемой спектральной характеристикой и согласования его с излучателем, что актуально для роботов (зрительный орган робота, где нужно цветное зрение), для устройств и систем записи информации.

Литература

1. Дмитрук Н. Л., Литовченко В. Г., Медвиль А. П., Ерохин А. К. Управление спектральной фоточувствительностью и динамическим диапазоном фотоприемника: А. с. 1116473, 30.09.84; Бюл. № 36. 1984. — 4 с.

2. Yablonovitch E., Iwanson R. M., Eades W. D., Wehberger B. R. Electron-Hole Recombination at the Si—SiO₂ Interface//Appl. Phys. Lett. 1986. V. 48. № 3. P. 245—247.

Статья поступила в редакцию 15 августа 2004 г.

The photoreceiver in nearest of JR-area of absorption of the basis of CdTe—SiO₂—Si

S. M. Otazhonov

Fergana State University, Fergana, Republic of Uzbekistan

Offered photoreceiver on a basis of CdTe—SiO₂—Si can work in the nearest oh JR-area of absorption (0.5—2.7) μm, that allows to operate both spectral photosensitivity and size of the maximal sensitivity of the photoreceiver.

УДК 621.315.592

Солнечные преобразователи на основе α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H_x

Б. А. Наджафов

Институт радиационных проблем НАН Азербайджана, г. Баку, Республика Азербайджан

Рассмотрены некоторые параметры тонких пленок α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H и солнечных элементов Pt/α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H_x (x=17,3 ат. %). Исследовались электрические, фотоэлектрические и вольт-амперные характеристики при освещении и в темноте. Определена высота барьера (φ_B) диода, ширина области пространственного заряда (W_B), коэффициент качества диода при освещении и в темноте (n и n'), а также коэффициент полезного действия (η) для элементов Pt/α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H. Установлено, что наибольшее значение коэффициента полезного действия η для созданных структур соответствует 6,2 %.

В настоящее время интенсивно изучаются аморфные гидрогенизированные пленки твердых растворов α-Si_{1-x}N_x:H, α-Si_{1-x}C_x:H, α-Ge_{1-x}C_x:H, α-Si_{1-x}O_x:H, а также α-Si_{1-x}Ge_x:H.

К аморфным твердым растворам гидрогенизированных пленок α-Si_{1-x}Ge_x:H в полупроводниковой электронике проявляется бóльший интерес, чем к названным другим аморфным материалам [1].

Гидрогенизированные пленки α-Si_{1-x}Ge_x:H по сравнению с α-Si:H имеют меньшую ширину запрещенной зоны, а следовательно, и лучшие оптоэлектронные свойства в длинноволновой части видимого спектра, а также являются термодинамически более стабильными и радиационно стойкими [1]. Это позволяет использовать их для создания солнечных элементов [2], [3]. Среди материалов α-Si_{1-x}Ge_x составы с x ≤ 0,2 считаются наиболее стабильными для создания солнечных элементов. Поэтому исследованный в

данной работе состав α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H представляет интерес для приборного использования в фотоэлементах [4]—[6].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Изучение α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H_x позволяет считать составы с x ≤ 0,20 наиболее стабильными для создания солнечных элементов [7], [8]. Поэтому рассматриваемый в данной работе состав α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H_x представляет интерес для приборного использования в фотоэлементах.

Гидрогенизированные аморфные пленки твердого раствора α-Si_{0,80}Ge_{0,20}:H_x (где x = 1,7; 3,9; 7,1; 12,1; 17,3 ат. %) были получены методом плазмохимического осаждения с толщиной пленок 1 мкм, при температуре подложки T_S = 200 °C, скорость осаждения материала на под-