

06.3;07;12

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОПРИЕМНИКА МУЛЬТИСКАНА

© Б.Г.Подласкин, Н.А.Токранова, А.В.Васильев

Рассмотрены возможности улучшения точностных характеристик фотоприемника мультискана путем использования различных глубин анизотропного травления кремния при изготовлении структур КСДИ. Предложена и описана новая конструкция, проанализированы ее основные характеристики. Показано снижение влияния дискретности структуры прибора на величину периодической составляющей ошибки координирования положения одиночного светового пятна малого размера.

В последнее время в различных областях измерительной техники для бесконтактных измерений пространственных характеристик объектов широко используется позиционно-чувствительный фотоприемник мультискана [1].

Высокие показатели мультискана как координаточувствительного фотоприемника обусловлены как самим принципом действия прибора, так и его электрофизическими параметрами, в первую очередь малой величиной темновых токов (вплоть до 10^{-11} А). Достижение малых величин темнового тока обусловлено использованием дискретной структуры прибора, в которой $p-n$ -переходы расположены вдоль непрерывной фоточувствительной области с некоторым технологическим шагом [2]. Однако наличие промежутков между $p-n$ -переходами оказывает влияние на монотонность координатной характеристики. Вид координатной характеристики при наличии периодической составляющей показан на рис. 1, а. Характеристика измерена при сканировании фоточувствительного поля мультискана световым пятном диаметром 5 мкм.

Возникает вопрос об однозначности координирования положения светового пятна при его размере, соизмеримом с шагом структуры, т. е. о выполнении условия монотонности координатной характеристики, определяемой отсутствием в характеристике участков с переменной знака производной. Дифференциальная координатная характеристика описывает пошаговое нарастание координаты. Критерием однозначности определения координаты здесь является расположение кривой по одну сторону от оси абсцисс. Из рис. 1, а видно, что координатная характеристика имеет участки с отрицательным наклоном, а на дифференциальной

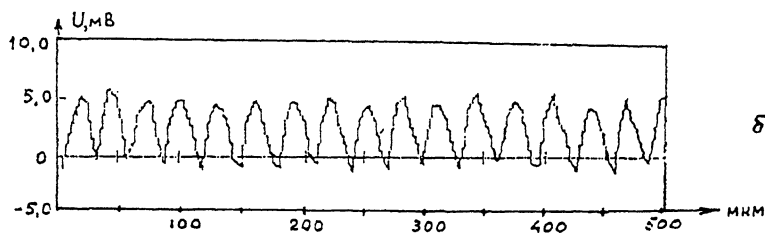
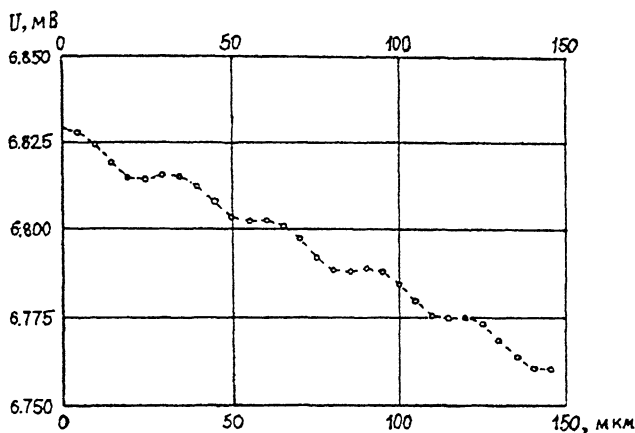


Рис. 1. Вид координатной (а) и пошаговой (б) характеристик мультискана, измеренных при сканировании фоточувствительного поля прибора световым пятном диаметром 5 мкм.

характеристике (рис. 1, б) присутствуют участки, опускающиеся ниже нулевой линии.

Исследования периодической погрешности показали, что минимальный размер пятна, определенный по критерию монотонности координатной характеристики, составил величину 10 мкм при шаге структуры 30 мкм.

К недостаткам данной конструкции мультискана следует также отнести наличие зоны нечувствительности, расположенной в центре структуры между двумя изолированными слоями. Возникновение этой зоны связано с тем, что при изготовлении мультискана по технологии КСДИ (кремний с диэлектрической изоляцией) [3] на поверхность выходит широкий слой изоляции, ограничивающий чувствительность в центральной области прибора. Расстояние между изолированными слоями в зависимости от глубины вскрытия достигает величины 5–15 мкм, что требует для обеспечения высокой точности координирования формирования светового сигнала штриховой формы.

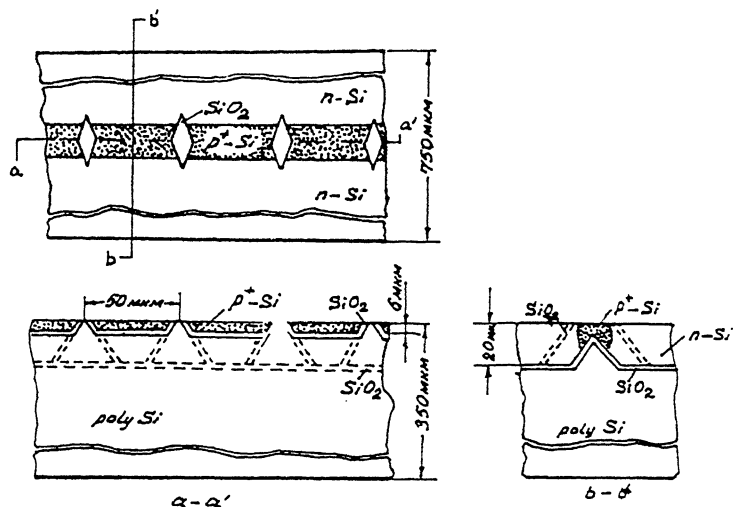


Рис. 2. Вид новой конструкции мультискана с расположением $p-n$ -переходов и диэлектрической изоляции.

Кроме того, наличие перемычек из поликристаллического кремния p^+ -типа длиной 100 мкм и шириной 15 мкм, образующих встречное включение $p-n$ -переходов и расположенных в центре структуры, также приводит к затемнению фоточувствительной области и требует увеличения мощности регистрируемого светового сигнала [4].

В настоящей работе предлагается новый технологический вариант выполнения фотоприемника мультискана, позволяющий в значительной мере снизить влияние перечисленных факторов. В основе прибора лежит та же эквивалентная схема, которая предполагает создание набора дискретных $n-p^+-n$ фоточувствительных элементов с разделенными между собой p^+ -областями. При этом n -области каждой ячейки также расположены в двух изолированных друг от друга частях прибора. Однако если в известной структуре мультискана изоляция n -областей прибора производилась по технологии КСДИ, то в новой конструкции данная технология использована для создания элементной дискретности структуры, т. е. разделения p^+ -областей, а разделение n -областей осуществляется с помощью обратно смещенных $p-n$ -переходов. На рис. 2 представлено схематическое изображение новой конструкции мультискана.

При формировании границы между n -областями на первом этапе изготовления КСДИ-структуры проводилось анизотропное травление кремниевой пластины с ориентацией (100) с варьированием глубины травления за счет из-

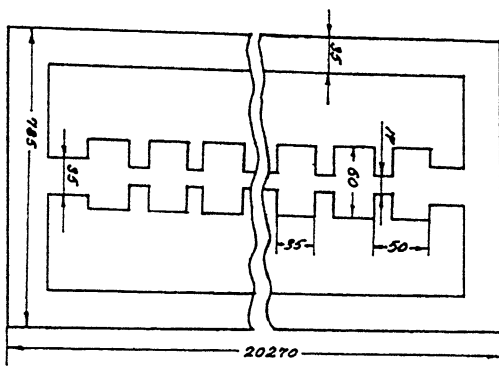


Рис. 3. ВИи фотошаблона, предназначенного для вскрытия окон травления при изготовлении КСДИ структуры.

менения размеров окон травления. На рис. 3 представлен вид фотошаблона с окнами травления. Видно, что области травления состоят из участков различной ширины. Более широкие участки позволяют достичь большей глубины ям за счет более позднего смыкания плоскостей травления. (При ширине окон 35 и 17 мкм глубина ям травления составляет 25 и 12 мкм соответственно). При вскрытии структур на поверхность выходят островки окисла, образующие межэлементную изоляцию. Между островками окисла остается слой монокристаллического кремния, ограниченный снизу окисленной ямой травления более узкого участка. Глубина этого слоя достигает величины $\sim 4-8$ мкм. на рис. 2 показаны p^+ -области, образованные диффузией фосфора на участках, связывающих n -области между собой. В результате этой операции создаются пары встречно включенных $n-p^+-n$ переходов, в которых n -области представляют собой участки сплошного монокристаллического кремния, разделенные между собой частично диэлектрической изоляцией, а частично p^+ -областями. В свою очередь p^+ -области разделены между собой диэлектрической изоляцией.

Наличие в структуре участков с малой глубиной травления (на рис. 3 ширина окна 17 мкм) позволяет уменьшить глубину диффузии и соответственно площадь $p-n$ -переходов. Кроме того, проведение диффузии на глубину 6-8 мкм позволяет сократить длину нефоточувствительных участков изоляции, разделяющих p^+ -слой (рис. 2).

В новой конструкции мультискана зоны нечувствительности прибора представляют собой периодически повторяющиеся островки с шагом 50 мкм, длиной ~ 30 мкм и шири-

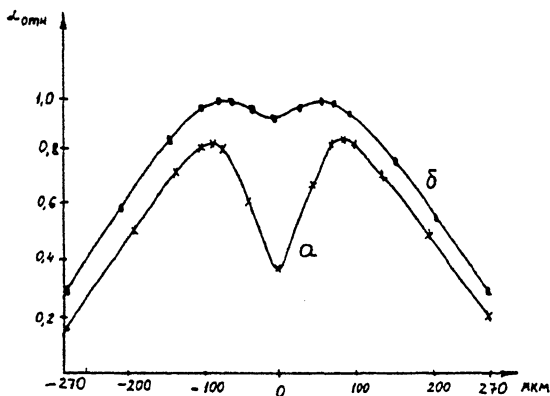


Рис. 4. Распределение величины фоточувствительности в направлении, перпендикулярном продольной оси прибора для вариантов: а — с полным разделением n -областей диэлектрической изоляцией; б — с разделением n -областей диффузией фосфора.

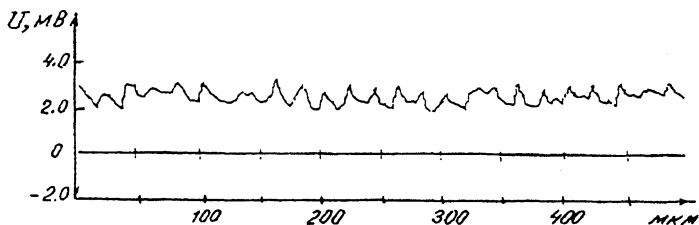


Рис. 5. Дифференциальная координатная характеристика, измеренная при сканировании нового варианта мультискана световым пятном диаметром 5 мкм.

ной 3–10 мкм в зависимости от глубины вскрытия. Кроме того, устранены p^+ -перемычки, затеняющие фоточувствительную область мультискана. На рис. 4 показано распределение величины фоточувствительности для обоих вариантов мультискана в направлении, перпендикулярном продольной оси прибора. В новом приборе удастся достичь большей равномерности чувствительности в поперечном направлении, что существенно при работе с сигналами малых размеров. Измерения интегральной чувствительности приборов показали некоторое повышение чувствительности у новой модификации. При $\lambda = 0,63$ мкм интегральная чувствительность составила величину для старой конструкции 0,25 А/Вт, для новой — 0,35 А/Вт.

Использование диффузионной технологии выполнения $p-n$ -переходов и некоторое увеличение их площади привело к увеличению темнового тока примерно в 5 раз. При этом величина апертуры в вольт-амперной характеристике мультискана осталась прежней. Еще одним положительным моментом новой конструкции стало отсутствие дополнительных "полочек" в области насыщения вольт-амперной характеристики мультискана, что обусловлено отсутствием второго окисления, необходимого при изготовлении старой модификации мультискана.

Исследование координатных характеристик новой модификации мультискана показало уменьшение периодической составляющей ошибки при работе с пятнами малых размеров. Так, при сканировании мультискана новой модификации световым пятном диаметром 5 мкм не наблюдается нарушения монотонности координатной характеристики, а величина периодической погрешности составляет величину 2 мкм. На рис. 5 представлено распределение пошаговых разностей, вычисленных по данной координатной характеристике.

Таким образом, использование новых технологических приемов при изготовлении фотоприемника мультискан позволило упростить технологию изготовления мультискана, а также снизить величину периодической составляющей ошибки измерения координаты одиночного светового пятна малого размера.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, код 95-01-00520а.

Список литературы

- [1] Берковская К.Ф., Кириллова Н.В., Подласкин Б.Г., Столовцкий В.М., Токранова Н.А. // Научно-технические достижения. М.: ВИМИ, 1992. В. 2. С. 22-25.
- [2] Подласкин Б.Г., Романова Е.П., Юферев В.С. // ЖТФ. 1992. Т. 62. В. 10. С. 126-137.
- [3] Брюхно Н.А., Жарковский Е.М., Концевой Ю.А., Сазаров Ю.Г. // Обзоры по электронной технике. Сер. 3. Микроэлектроника. 1987. В. 4. (1304). 40 с.
- [4] Подласкин Б.Г., Романова Е.П., Юферев В.С. // ЖТФ. 1993. Т. 63. В. 11. С. 1-7.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе РАН
С.-Петербург

Поступило в Редакцию
22 октября
1996 г.