

УДК 681.325.5 : 621.3

А. С. Веденин, А. С. Поседько, Ю. В. Трофимов

(Минск, Беларусь)

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ФОТОРЕЗИСТОРЫ НА СОЕДИНЕНИЯХ $A^{II}B^{VI}$
ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРОЦЕССОРОВ

Описываются тонкопленочные фоторезисторы на сульфиде-селениде кадмия для применения в качестве элементов составных частей трехмерных оптоэлектронных процессоров. Приведены экспериментальные данные, подтверждающие возможность их использования в этих устройствах.

Известно, что практическая возможность построения трехмерных оптоэлектронных процессоров во многом будет определяться выбором конкретной элементной базы, обеспечивающей выполнение вычислительных операций над оптическими сигналами [1]. Комплексная проблема оптимального выбора элементной базы на стадиях моделирования и разработки оптоэлектронного процессора может быть решена при упрощении совокупности требований, предъявляемых к таким элементам на каждом из этапов создания оптоэлектронного процессора.

Среди исследователей и разработчиков указанной элементной базы довольно широко распространено мнение, что создание данных устройств возможно лишь с использованием полупроводниковых материалов $A^{III}B^V$ и кремния, отвечающих таким требованиям, как высокое быстродействие и эффективное усиление сигнала, причем свойства должны быть реализованы в малых физических объемах.

Рассмотрим особенности использования полупроводниковых материалов $A^{II}B^{VI}$, а именно сульфида-селенида кадмия, в виде тонкопленочных фотоприемных структур для различных элементов оптоэлектронного процессора.

В Институте электроники Академии наук Республики Беларусь разработана технология получения тонкопленочных фоторезисторов на основе сульфида-селенида кадмия, включающая в себя: катодное трехэлектродное распыление на постоянном токе и ВЧ-напряжении холоднопрессованной мишени, активацию фоточувствительности термообработкой пленок в оригинальной шихте, фотолитографические операции получения необходимых топологий микроэлементов на тонких пленках сульфида-селенида кадмия и контактных системах $In - A^{II}B^{VI}$, $Al - Ti - A^{II}B^{VI}$ [2].

Данная технология позволяет формировать тонкопленочные фоторезисторные структуры толщиной 0,5...2,0 мкм на различных подложках (ситалл, оптическое стекло, лейкосапфир, окисленный кремний и т. д.) достаточно высокого фотоэлектрического качества.

Известно, что при создании устройств оптической обработки информации параллельного действия и формирования межчиповых и внутрочиповых оптических межсоединений часто необходимо решать задачу считывания оптической информации с протяженных линейных объектов. С этой целью была предложена и реализована многоэлементная линейка тонкопленочных фоторезисторов на основе сульфида-селенида кадмия с плотностью упаковки 5 элементов/мм, длиной до 60 мм, топология которой допускает использование бесшовной стыковки. Фрагмент этой линейки представлен на рис. 1. Фото-

резисторы размером 160×160 мкм расположены на поверхности ситалловой подложки на отдельных сформированных с помощью фотолитографии участках полупроводниковой пленки сульфида-селенида кадмия толщиной 0,8 мкм и электрически объединены с помощью одного общего электрода в группы по 16 элементов. Это практически полностью исключило взаимовлияние отдельных элементов линейки как по электрическому, так и по оптическому каналу и с учетом высокой однородности фотоэлектрических параметров

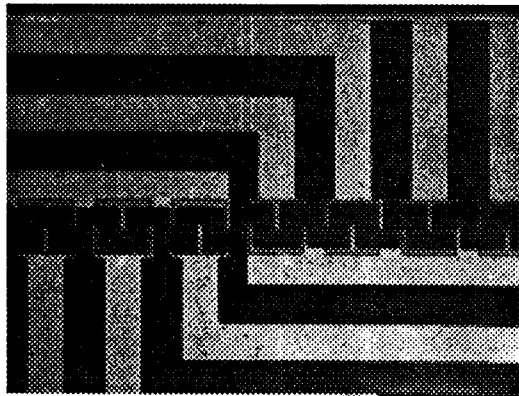


Рис. 1

(разброс по величине фоточувствительности для элементов линейки составил менее 5 %) позволило создать эффективный многоэлементный фотоприемник. Каждый фоторезистор линейки имел простейшую встречно-штыревую систему электродов с зазором 50 мкм и активной (фоточувствительной) площадью 0,014 мм². Максимум спектральной чувствительности фоторезистора лежал вблизи 675 нм и соответствовал выбранному составу твердого раствора $CdS_{0,2}Se_{0,8}$. Для определения фотоэлектрических характеристик фоторезистор освещался прямоугольными импульсами света полупроводникового светодиода с длиной волны, соответствующей максимуму спектральной фоточувствительности, причем расчетным путем было определено, что на активную поверхность фоторезистора приходилось $1,4 \cdot 10^{-8}$ Вт.

Исходя из приведенных данных и учитывая, что величина фототока равна $1,7 \cdot 10^{-5}$ А, при напряжении 20 В и сопротивлении нагрузки 100 кОм амперваттная чувствительность составила 1230 А/Вт. Величина темнового сопротивления фоторезистора — более 1 ГОм.

Расчетная величина мощности рассеяния составила 0,36 мВт, что в пересчете на мощность, выделяемую с 1 см² поверхности, дает величину 2,6 Вт/см², близкую к тепловому пределу эксплуатации интегральных микросхем в условиях естественного охлаждения. Каждый фоторезистор такой линейки может рассматриваться в первом приближении как точечный источник тепла, что гарантирует длительную эксплуатацию без изменения параметров. Длительность фронтов нарастания и спада фототока (по уровням 0,8; 0,2) составила соответственно 0,8 и 1,2 мс. При увеличении интенсивности падающего света на два порядка быстродействие улучшалось и длительность фронтов становилась равной 0,016 и 0,076 мс. Достигнутая величина быстродействия не является предельной, и, применяя известные способы улучшения быстродействия, такие как уменьшение толщины фоточувствительного слоя, введение полевого электрода, специальное легирование [3, 4], можно улучшить быстродействие еще на 2—3 порядка.

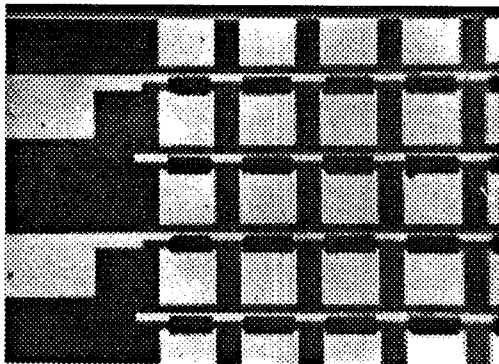


Рис. 2

Следует отметить, что многоэлементная фоторезисторная линейка с приведенными выше электрофизическими характеристиками может найти применение в устройствах, моделирующих оптические вычислительные операции в

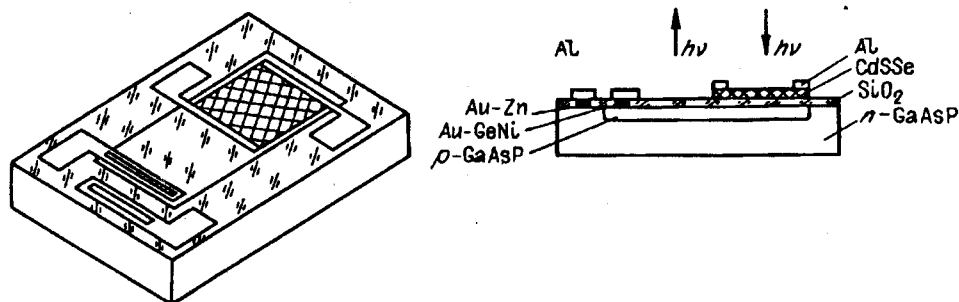


Рис. 3

оптоэлектронном процессоре, а также в сканерах.

Другим представителем элементной базы, широко применяемым при создании трехмерных оптоэлектронных процессоров, является оптически управляемый транспарант, в котором может использоваться тонкопленочный фоторезистор, расположенный на периферии светового клапана и занимающий менее 10 % его сечения. На рис. 2 представлен фрагмент системы электродов 80×80 с шагом $0,5$ мм, нанесенных на керамическую подложку, в которой каждая шина отделена от зеркальных алюминиевых площадок фоторезистором размером 100×350 мкм с межэлектродным зазором 50 мкм. Данные фоторезисторы обладают следующими характеристиками: темновое сопротивление не менее 10^{11} Ом при измерительном напряжении до 50 В; ампер-ваттная чувствительность 150 А/Вт при рабочем напряжении 20 В; длительность фронтов нарастания и спада фототока (по уровням $0,8$; $0,2$) $0,8$ и $0,5$ мс соответственно при нагрузке 1 ГОм. Совокупность этих характеристик позволила согласовать импедансы модулирующего жидкокристаллического слоя и фотоприемного элемента и создать действующий макет оптически управляемого транспаранта.

Кроме приведенных случаев, в которых тонкопленочный фоторезистор формировался на поверхности пассивной диэлектрической подложки, были экспериментально получены образцы интегрального оптоэлектронного элемента, представляющего собой монолитную планарную структуру, состоящую из полупроводникового излучателя, диэлектрической светопередающей среды и тонкопленочного фоторезистора [5]. На рис. 3 представлено поперечное сечение предложенного интегрального оптоэлектронного элемента. Использование в рассмотренной базовой структуре усилительного ключевого элемента, а также формирование микролинзы на поверхности излучателя позволяют создать бистабильный элемент оптоэлектронного процессора, обладающего полным набором функций. В таких элементах сведены к минимуму потери в тракте передачи оптических сигналов, что при создании матрицы элементов существенно улучшает энергетику оптоэлектронного процессора.

Таким образом, предложены и экспериментально исследованы тонкопленочные фоторезисторы на основе сульфида-селенида кадмия, фотоэлектрические характеристики которых позволяют использовать их при макетировании и создании трехмерных оптоэлектронных процессоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов В. Н. Оптоэлектронные матричные процессоры. — М.: Радио и связь, 1986.
2. Трофимов Ю. В. Получение тонких полупроводниковых пленок сульфида и селенида кадмия для устройств оптической обработки информации и измерительной техники // Новые материалы для формирования тонкопленочных функциональных элементов электронной техники. — Минск: Наука и техника, 1993.
3. Заявка 2556883 Франция. Фоторезистор с повышенным произведением усиления на ширину частотной полосы /П. Полейн и др. — Оpubл. 21.06.85.

4. Пат. 50-21835 Японии. Фотопроводящий материал с быстрым спадом фототока /А. Хиромио, Н. Кунио.—Опубл. 25.07.75.
5. Трофимов Ю. В., Веденин А. С., Липницкая А. С. и др. Интегральный тонкопленочный оптронный ключевой элемент // Функциональная оптоэлектроника в вычислительной технике и устройствах управления: Мат-лы Всесоюз. конф.—Тбилиси, 1986.

Поступила в редакцию 16 марта 1993 г.

Реклама продукции в нашем журнале — залог Вашего успеха!