

---

**ТЕРМОДАТЧИК НА ОСНОВЕ Si ЛЕГИРОВАННЫЙ ПРИМЕСЯМИ  
Mn, S и Se**

**С.А. Валиев, С.Ю. Махмудов, А.Х. Нематов, Р.Т. Шопулатов, Э.  
Хайтов,**

**Б.Х. Дустмуродова, С. Ибратов, Д.У. Рузманов**

*Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт  
прикладных технических квалификаций в городе Ташкенте*

E-mail: *siroj2@yandex.ru*

В настоящее время развитие науки и техники, технических средств ресурсосбережения, рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, а также успешное решение экологических проблем трудно представить без применения полупроводниковых термодатчиков. Существующие термодатчики и технология их изготовления практически исчерпали свои возможности по чувствительности и быстродействию. В связи с этим сейчас перед учеными и разработчиками стоят следующие научные проблемы: увеличение чувствительности и быстродействия термодатчиков; увеличение длительности срока службы термодатчиков; упрощение процесса эксплуатации термодатчиков; дистанционное измерение температуры.

Эти проблемы являются весьма наукоемкими включающими в себя фундаментальные исследования и разработку новых технологических методов изготовления принципиально нового класса термодатчиков. Исходя из выше изложенного можно сделать вывод, что разработка технологии изготовления эффективных термодатчиков обладающих стабильными параметрами, повышенной термо- и радиационной стойкостью является весьма актуальной задачей в мире и особенно актуальной проблемой для Республики Узбекистан.

Решение данной задачи позволит создать принципиально новый класс универсальных датчиков физических величин с улучшенными деградационными свойствами и стабильностью параметров, малой энергоемкостью и миниатюрностью, отсутствием дополнительных схем усиления, обеспечивающих простоту эксплуатации, превосходящих по пороговой чувствительности и быстродействию аналогичные существующие датчики в виду того, что они функционируют на основе принципиально новых физических явлений открытых нами и весьма чувствительных к внешним воздействиям.

В связи с вышеизложенным представляет интерес исследование возможности создания термодатчиков на основе образцов Si p и n –типа путем дополнительного диффузионного легирования примесями атомов

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

Mn, S, Se и определения оптимальных технологических условий для получения термодатчиков с улучшенными характеристиками: высокой чувствительностью, малой инерционностью, расширенным диапазоном измеряемых температур, высокой устойчивостью к внешним воздействиям, с низкой погрешностью измерений, с малой потребляемой мощностью и малыми габаритами.

В качестве объектов исследования были выбраны монокристаллы кремния n- и p-типа (марки КЭФ и КДБ) с удельным сопротивлением  $\rho \sim 1 \div 10^2$  Ом см, выращенные методом Чохральского с концентрацией кислорода  $10^{17} \div 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . В качестве легирующей примеси для создания термодатчика выбран Mn, S, Se.

Энергетические уровни создаваемые в кремнии марганцем, серой и селеном относятся к глубоким. Характерной особенностью для всех примесей создающих глубокие уровни является аномально высокие коэффициенты диффузии и малая растворимость. Также концентрация электрически активных атомов данных примесей значительно меньше чем их полная растворимость [1,2,3]. Кроме того, такие примеси, как правило образуют не один примесный уровень, а несколько, что объясняется наличием нескольких зарядовых состояний у одной и той же примеси. Среди замещающих примесей есть такие которые проявляют свойство амфотерности, т.е. они образуют как донорные так и акцепторные уровни одновременно. Например, так ведет себя примесь золота в кремнии [2,4].

Использование термодатчиков с большим коэффициентом чувствительности предпочтительнее также с точки зрения их линеаризации в электрической схеме, поскольку линеаризация термистора приводит к уменьшению его температурной чувствительности. Таким образом, самым оптимальным материалом для создания эффективных термодатчиков является сильнокомпенсированный кремний n – типа проводимости с удельным сопротивлением  $10^4\text{-}10^5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ . Параметры диффузии для получения этого материала в частном случае на основе легирования кремния серой имеют следующие значения, температура легирования 1220 °С, давление паров 0,5 атм.

Параметры термодатчиков полученных на основе материала Si<B,S>

№	$\rho$ , Ом·см	B, К	T, К	Размер, мм
1.	$5 \cdot 10^3$	6000	150÷350	1x1x0,5
2.	$10^4$	6200	200÷370	1x1x0,5

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

3.	$5 \cdot 10^4$	6800	250÷400	1x1x0,5
4.	$10^5$	7400	250÷400	1x1x0,5

Параметры термодатчиков полученных на основе материала Si<B,Se>

№	$\rho$ , Ом·см	B, К	T, К	Размер, мм
1.	$3 \cdot 10^2$	4600	77÷200	1x1x0,5
2.	$3 \cdot 10^3$	6250	120÷250	1x1x0,5
3.	$2 \cdot 10^4$	7000	150÷300	1x1x0,5
4.	$10^5$	7200	200÷370	1x1x0,5
5.	$6 \cdot 10^5$	7300	250÷400	1x1x0,5

Анализ полученных результатов показывает, что разработанные термодатчики на основе компенсированного кремния обладают более высокой термочувствительностью. Как видно из таблиц, для полученных термодатчиков значение B не менее 6600, а максимальное значение B составляет 9800 в температурном диапазоне от 0 до 25 °С. Среднее значение сопротивления разработанных термодатчиков около 50 кОм.

### Использованные литературы

1. Бахадырханов М.К./Автореферат докторской диссертации-Л.,1982.2с.
- 2.Болтакс Б.И.Диффузия в полупроводниках. Наука М.1961, с.421
- 3.Мальшева И.А. Технология производства микроэлектронных устройств.М.Энергия.1980, 454с.
- 4.Кайзер В. В сб.: "Рекомбинация носителей тока в полупроводниках" под ред.Бонч-Бруевича В.Л., ИЛ., М., 1959, с.53-62.

### ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

**М.Т. Нормурадов, Д.А. Нормурадов, Қ.Т. Довранов, Х.Т. Давранов,  
А.Улашов**

*НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз им. М.  
Улугбека*

В настоящее время активно ведутся исследования в области электроники, основанной на наноразмерных структурах.