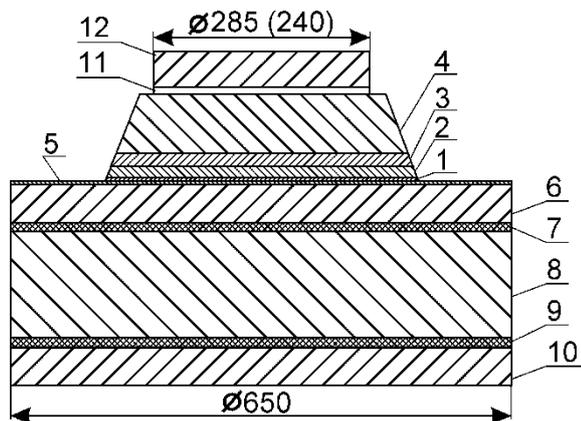


**ФОРМИРОВАНИЕ СИЛИЦИДОВ В КОНТАКТНОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ К КРЕМНИЕВЫМ ПРИБОРНЫМ СТРУКТУРАМ****А.Б.Атаубаева****Е.Б.Жангабаев****Д.М.Уалиев****А.А.Урозматова***Каракалпакский государственный университет им.Бердаха*

Подбор слоевой структуры, толщин и материалов металлизации призван обеспечить надежность и стабильность формируемых контактов, а также удовлетворить требования к их электрофизическим параметрам. Одной из основных причин деградации омических контактов к мощным СВЧ диодам являются массоперенос и межфазные взаимодействия, на границах раздела фаз. С одной стороны, задача решается использованием многослойной металлизации с антидиффузионным слоем на основе тугоплавких металлов, контактообразующим слоем на основе силицидов тугоплавких металлов замедляющим массоперенос на границах раздела металл-металл, и обладающих меньшей, чем Si работой выхода. С другой стороны, увеличение числа слоев ведет к усложнению и удорожанию технологического процесса изготовления СВЧ приборов. В связи с этим целесообразным является исследование двухслойных омических контактов с целью оптимизации их по надежности и сложности изготовления.

Объектом исследования являлись двухслойные контакты Au-Ti к  $n^+$  слоям кремния. Омические контакты создавались послойным вакуумным термическим напылением на подогретую подложку кремния. Глубина залегания p-n-перехода составляла  $\sim (3 \div 9,8) \cdot 10^{-5}$  см. Диоды изготавливались с интегральным теплоотводом. Структура диодного чипа представлена на рис. 1. Данные контактные системы являются активной частью корпусированных ЛПД на медном теплоотводе. Кремниевая подложка представляет эпитаксиальную  $p^+-p-n-n^+$  структуру. Конструкция мезаструктуры выполнена в виде диска толщиной 8-12 мкм и диаметром 220-280 мкм. Верхний контакт мезаструктуры выполнен в виде диска диаметром 200-240 мкм с помощью двухслойной системы металлизации Au-Ti. Нижний контакт (интегральный теплоотвод) толщиной 100 мкм и диаметром 650 мкм представляет собой сложную структуру.



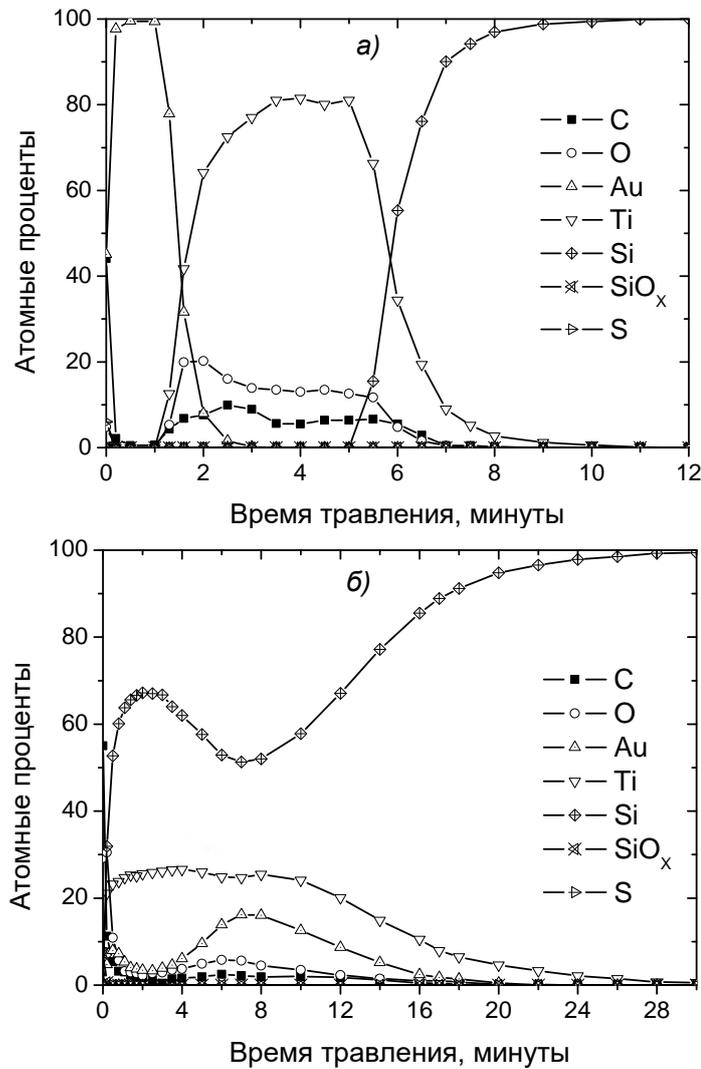
- 1 -  $p^+$  - область, 2, 3 - дрейфовые  $p$  и  $n$  области соответственно,  
 4 -  $n^+$  подложка, 5 - напыленная контактная система Pd-Ti-Pt-Au к  
 $p^+$  - области, 6, 10, 12 - гальванический слой золота;  
 7, 9 - барьерный слой никеля, 8 - медный теплоотвод,  
 11 - напыленная контактная система к  $n^+$  - области.

Размеры указаны в микрометрах.

**Рис. 1. Структура чипа кремниевого IMPATT диода**

Плѐнки металлов толщиной Au(50нм)-Ti(50нм) контактной структуры Au-Ti- $n^+$ Si были получены термическим напылением на подогретую до 400° С подложку  $n^+$ -кремния, с концентрацией легирующей примеси (мышьяк)  $\sim 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ . Несмотря на подогрев подложки при напылении силицидная фаза титана не наблюдается и ВАХ исходного контакта носит барьерный характер. Быстрая термическая обработка при  $T=500^\circ\text{C}$  в течение 60 сек формирует омический контакт с удельным контактным сопротивлением  $\rho_c \approx 5 \cdot 10^{-5} \div 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$  возможно связанный с формированием силицида титана TiSi в соответствии с [1].

Рассмотрены межфазные взаимодействия в омическом контакте Au-Ti- $n^+$ Si возникающие в процессе напыления на подогретую подложку и после БТО при  $T=500^\circ\text{C}$  в течение 60с. Для исследования профилей распределения компонентов в контактах использовались пленки толщинами Au(500Å)-Ti(500Å)- $n^+$ Si со сплошной металлизацией [2]. На рис. 2 а, б приведены профили распределения компонентов в омической металлизации Au-Ti- $n^+$ Si до и после БТО при  $T=500^\circ\text{C}$  60с, из которых видно, что в исходном образце наблюдается слоевая структура металлизации, а в пленке Ti содержится до 10% углерода и ~15% кислорода.

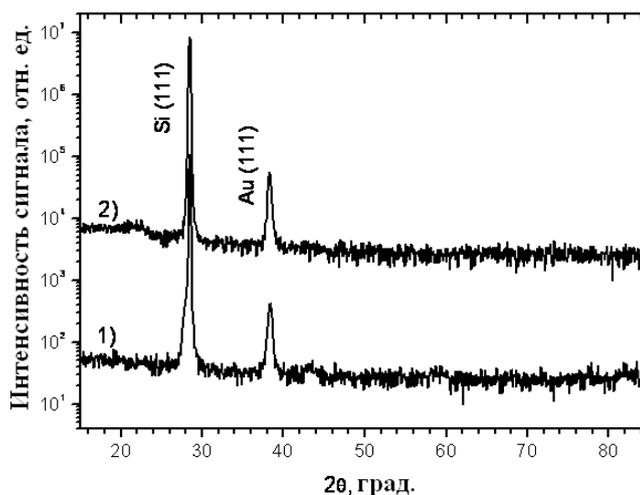


*а- исходный образец, б- после БТО при  $T=500^{\circ}\text{C}$  60 секунд*

**Рис.2. Профили распределения компонентов в контакте Au-Ti-n<sup>+</sup>Si.**

В области границы раздела Ti-n<sup>+</sup>Si за счет взаимного массопереноса сформирован переходной слой, структура которого судя по данным рентгенофазового анализа аморфная, поскольку рентгенодифрактограмма исходного образца и прошедшего ТО при  $T=450^{\circ}\text{C}$  10 минут содержат только рефлексы Au и Si (рис.3, кривые 1 и 2). БТО, как это видно из данных по Оже профилированию слоев металлизации приводит к разрушению слоевой структуры контакта, существенному обогащению пленки Ti кремнием, выходу кремния на поверхность пленки Au и проникновению Au в приповерхностную область Si. При этом практически весь слой металлизации содержит силицид титана, что находится в соответствии с данными [1, 3-5] о формировании TiSi при  $T=500^{\circ}\text{C}$ . Поскольку анализируемые слои Au и Ti имели толщину по 50 нм каждый, выбранного режима БТО оказалось достаточно для того, чтобы во всем объеме образовалась силицидная фаза титана. Несмотря на подогретую до  $400^{\circ}\text{C}$  подложку силицидная фаза титана на исходном образце не возникает. Образование силицида титана после БТО при  $T=500^{\circ}\text{C}$  соответствует данным [1], и

как это видно из рис. 2, б – неоднородному распределению состава силицида титана по толщине образовавшейся области перемешивания.



1-исходный образец; 2-после ТО при  $T=450^{\circ}\text{C}$  10 минут

**Рис. 3. Рентгенодифрактограмма контактной металлизации  $\text{Au-Ti-n}^+\text{Si}$**

Полученные результаты подтверждают существующую в литературе точку зрения о том, что любые силициды металлов могут быть использованы в качестве омических контактов к сильнолегированному кремнию [3, 5-6].

Показано, что омический контакт с  $\text{n}^+\text{-Si}$  на основе титановой металлизации с  $\rho_c \approx 5 \cdot 10^{-5} - 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$  создается в процессе БТО  $500^{\circ}\text{C}$  в течение 60с.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гершинский А.Е., Ржанов А.В., Черепов Е.И. Тонкопленочные силициды в микроэлектронике. //Микроэлектроника. -1982. Т.11.№2,с.83-94.
2. Беляев А.Е., Болтовец Н.С., Капитанчук Л.М., Кладько В.П., Конакова Р.В., Кудрик Я.Я., Кучук А.В., Коростинская Т.В., Литвин О.С., Миленин В.В., Неволин П.В., Атаубаева А.Б. Омические контакты  $\text{Au-Ti-n}^+\text{Si}$ ,  $\text{Au-Ti-Pd}_2\text{Si-n}^+\text{Si}$  к кремниевым СВЧ диодам. //Техника и приборы СВЧ. -2009. -№2. -С.31-34.
3. Гершинский А.Е., Ржанов А.В., Черепов Е.И. Образование пленок силицидов на кремнии. //Поверхность. Физика. Химия. Механика. -1982.- №2.-С.1-12.
4. Мьюрарка Ш. Силициды для СБИС М.:Мир.1986.-176с.
5. Ottaviani G. Review of binary alloy formation by thin film interactions. //J.Vac. Sci. Technol.-1979.-V.16.-N5.-P.1112-1119.
6. McQuhae K.G., Brown A.S. The lattice contraction coefficient of boron and phosphorus in silicon. //Solid-State Electron. -1972. -v.15. -N3. -P.259-264.