

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам технологического моделирования пикселя МП ЛФД на разных эпитаксиальных плёнках 4КЭФ0,8 и 6КЭФ1,5 были получены: вертикальная структура пикселя МП ЛФД и профили легирования. По результатам приборного моделирования получены значения пробивных напряжений (30 ± 5) В, в зависимости от дозы легирования кармана под анод; получено, что емкость пикселя на эпитаксии 6КЭФ1,5 меньше чем на эпитаксии 4КЭФ0,8 и, следовательно, имеет меньшее время разрядки матрицы ячеек; определен минимальный коэффициент отражения на длине волны $\lambda = 438$ нм ($R = 0,0258 = 2,58\%$) для просветляющего покрытия $\text{SiO}_2 + \text{Si}_3\text{N}_4$; определен максимум спектральной чувствительности для эпитаксии 4КЭФ0,8 на длине волны $\lambda = 596$ нм порядка 0,395 А/Вт, а для 6КЭФ1,5 на длине волны $\lambda = 616$ нм порядка 0,405 А/Вт. Определено, что для эпитаксии 6КЭФ1,5 расширяется диапазон детектирования в области ИК излучения по сравнению с 4КЭФ0,8. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологического маршрута изготовления экспериментальной партии образцов МП ЛФД.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Design and properties of silicon avalanche photodiodes/ I. Węgrzecka, [et al.]/Opto-Electronics Review.-2004. -vol. 12.-№ 1.-P.95-104.
2. Characterization of a large area silicon photomultiplier/ Nagai, C. [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2019. – P.162796.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ СОСТАВ СТРУКТУРЫ ВОЛЬФРАМОВАЯ ПЛЕНКА/КРЕМНИЙ, СФОРМИРОВАННОЙ КАТОДНО - ВАКУУМНЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

О. М. Михалкович¹, С. М. Барайшук², Т. М. Ткаченко²

¹⁾ *Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,
ул. Советская, 18, 220050 Минск, Беларусь, e-mail: phyzbober@tut.by*

²⁾ *Белорусский государственный аграрный технический университет,
пр. Независимости, 99, 220023 Минск, Беларусь, e-mail: bear_s@yandex.ru*

Проведены исследования композиционного состава тонких пленок сформированных, методом катодного распыления W в условиях ионного ассистирования на Si. Ускоряющий потенциал ассистирующих ионов W составлял 7, 15 и 20 кВ, время экспонирования – 1 час. Использовался метод Резерфордского обратного рассеяния ионов He^+ с энергией 1,45 МэВ ($\Delta E = 15$ кэВ) и геометрией рассеяния $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 70^\circ$, $\theta_3 = 110^\circ$, и компьютерное моделирование экспериментальных спектров ROP по программе RUMP. Распределение элементов в массиве пленки практически равномерное. Концентрация атомов W, Si, C, O, H в пленке составляет в среднем 12, 6, 48, 29, 5 ат.% соответственно.

Ключевые слова: тонкие пленки; композиционный состав; катодное распыление; ионное ассистирование.

COMPOSITION OF TUNGSTEN FILM/SILICON STRUCTURE FORMED BY CATHODE-VACUUM SPUTTERING

O. M. Mikhalkovich¹, S. M. Baraishuk², T. M. Tkachenko²

¹⁾ *Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank,
Sovetskaya str. 18, 220050 Minsk, Belarus*

²⁾ *Belarusian State Agrarian Technical University, Nezavisimosti av. 99, 220023 Minsk, Belarus
Corresponding author: O. M. Mikhalkovich (phyzbober@tut.by)*

The composition of thin films formed by cathode sputtering of tungsten on silicon with ion assisted were studied. The accelerating potential of the assisting ions W was 7, 15 and 20 kV, the exposure time was 1 hour. The method of Rutherford backscattering of He^+ ions with an energy of 1.45 MeV ($\Delta E = 15$ keV) and with scattering geometry $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 70^\circ$, $\theta_3 = 110^\circ$ and the modeling program RUMP of RBS spectra we used. The distribution of elements in the film mass is almost uniform. The concentration of W, Si, C, O, H atoms in the film averages 12, 6, 48, 29, 5 at.%, respectively.

Key words: thin films; composition; cathode sputtering; ion assisting.

ВВЕДЕНИЕ

Метод осаждения пленок катодно-вакуумным распылением при ассистировании ионами распыляемого катода [1] относится к перспективным. При использовании переходных металлов на Si формируются силициды этих металлов, что позволяет его использовать для получения таких соединений без термически нагруженных процессов [2]. WSi_2 хорошо работает в качестве стойких к окислению покрытий. Подобно $MoSi_2$, высокая излучательная способность дисилицида вольфрама делает этот материал привлекательным для высокотемпературного радиационного охлаждения для тепловых экранов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Осаждение вольфрамовых тонких пленок на кремний в условиях ассистирования ускоренными ионами W^+ проводили при ускоряющем напряжении $U = 7, 15$ и 20 кВ и потоке ионов $2 \cdot 10^{17} W^+ / \text{см}^2$. Отношение ионизированной фракции к нейтральной составляло 0,09. В рабочей камере поддерживался вакуум $\sim 10^{-2}$ Па. Время экспонирования составляло 1 час. Элементный послойный анализ конструкций пленка/кремний выполняли, используя резерфордское обратное рассеяние (POP) ионов гелия He^+ с $E_0 = 1.45$ МэВ и геометрией рассеяния $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 70^\circ$, $\theta = 110^\circ$, где θ_1 , θ_2 и θ – углы влета, вылета и рассеяния соответственно, и компьютерное моделирование экспериментальных спектров POP по программе RUMP.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектры POP от исходного Si и модифицированного осаждением W пленки, при ускоряющем потенциале ассистирующих ионов в 7 кВ, представлены на рис. 1.

Спектры POP от исходного Si и модифицированного осаждением W пленки, при ускоряющем потенциале ассистирующих ионов в 7 кВ, представлены на рис. 1.

На спектре POP ионов гелия от структуры W пленка/Si наблюдается сдвиг сигнала от кремния в область меньших номеров каналов (143–148 каналы), свидетельст-

вующий о том, что на поверхности кристаллов кремния образуется тонкая пленка. Сигнал, имеющийся в области 207–225 каналов также подтверждает наличие W в осаждаемой на Si плёнке толщиной 170 нм. Увеличение сигнала выхода в области 80 и 105 каналов свидетельствует о присутствии в осажденных на Si пленок атомов C и O. В области 148–152 каналов формируется ступенька. Результаты послойного анализа состава структуры W пленка/кремний представлены на рис 2.

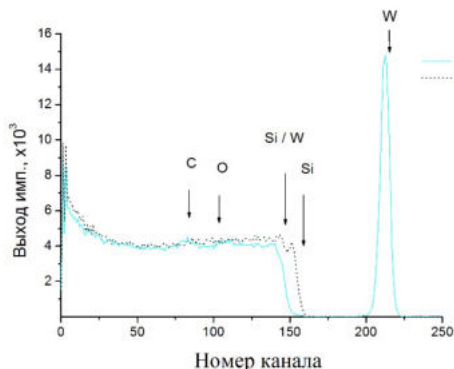


Рис. 1. Спектры РОР ионов гелия с $E_0 = 1.45$ МэВ от исходного Si и модифицированного ионно-ассистированным осаждением W пленки при $U_{acc} = 7$ кВ

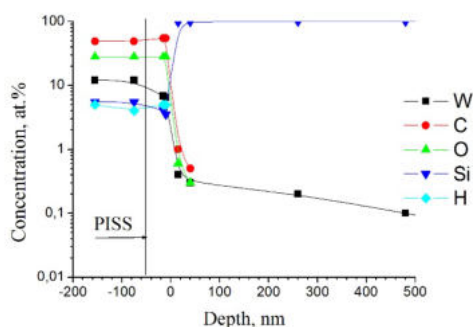


Рис. 2. Распределение элементов по глубине в структуре W пленка/кремний при $U_{acc} = 7$ кВ

Распределение элементов в массиве пленки практически равномерное. Концентрация атомов W, Si, C, O, H в пленке составляет в среднем 12, 6, 48, 29, 5 ат.% соответственно. W в кремнии идентифицируется на глубине в 400–500 нм с концентрацией 0.05 ат.%. Атомы C и O проникают в Si на сравнительно малую глубину в 40 нм с концентрацией 0.5 и 0.2 ат.% соответственно. Наличие кремния в пленке с концентрацией порядка 6 ат.% свидетельствует о его диффузии в пленку в составе силицида, в то время как, C, O, H идентифицируются из гидроксильной группы вакуумного масла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты позволяют предположить формирование WSi_2 . Осаждение пленок W на Si методом катодно-вакуумного распыления при ионном стимулировании является способом образования силицида вольфрама, представляющего ценность для микроэлектромеханических систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь № ГР 20211394.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Способ нанесения покрытий : пат. BY 2324 / И. С. Ташлыков, И. М. Белый. – Опубл. 30.09.1998. – 3 с.
2. Bobrovich, O. G. Composition and morphology of Ti and W coatings deposited on silicon during ion-beam assistance / O. G. Bobrovich, O. M. Mikhalkoich, I. S. Tashlykov // Inorganic Materials: Applied Research. – 2015. – Vol. 6, № 3. – P. 229–233.