ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИЦИДА МОЛИБДЕНА

С. М. Барайшук[1], О. М. Михалкович[2], В. С. Куликаускас[3]

[1]*Белорусский государственный аграрный технический университет, агроэнергетический факультет, Минск, Беларусь*

[2]*Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, физико-математический факультет Минск, Беларусь,*

[3]*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Москва, Россия*

E–mail: baraishuksm@gmail.com

Актуальной задачей является разработка и создание интегрированных сенсорных микро-наносистем для контроля оптического излучения на основе дисилицида молибдена. Получение слоев дисилицида молибдена осуществляли осаждением металлического покрытия в сопровождении облучением ионами этого же металла [1]. Плазменное напыление является эффективным методом получения композиционных покрытий, а ионная бомбардировка в процессе нанесения покрытий обеспечивает взаимное перемешивание на межфазной границе металл/кремний. Такое способ формирования покрытия на кремнии сопровождается в том числе силицидообразованием и представляет интерес для исследователей [2-3]. Интерес представляет изучение структурно-фазовых перестроек и послойный элементный анализа модифицируемых образцов кремния.

Послойный элементный анализ исходных образцов (111) Si, модифицированных ионно-ассистированным осаждением металлического покрытия проводили с применением метода резерфордовского обратного рассеяния (РОР) ионов He^+ с E_0 = 1.95 МэВ и геометрией рассеяния $\theta_1=0^o$, $\theta_2=12^o$, $\theta=168^o$, где θ_1, θ_2 и θ - углы влета, вылета и рассеяния соответственно, и компьютерное моделирование экспериментальных спектров РОР по программе RUMP [4]. Экспериментальные спектры РОР ионов гелия от Si модифицированного осаждением Mo, в условиях облучения собственными ионами при ускоряющем потенциале 5 кВ в течении 6 часов, показаны на рисунке 1.

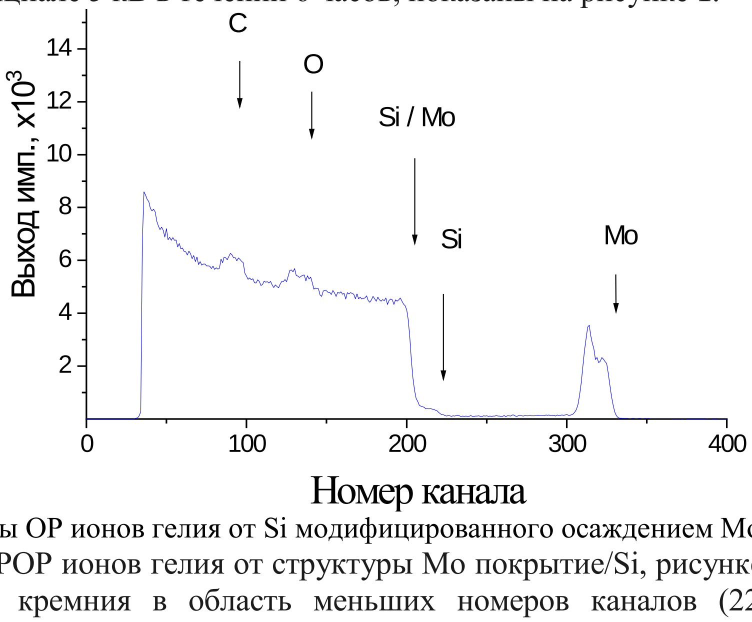

Рис. 1. Спектры ОР ионов гелия от Si модифицированного осаждением Mo покрытия.

На спектре РОР ионов гелия от структуры Mo покрытие/Si, рисунке 1 наблюдается сдвиг сигнала от кремния в область меньших номеров каналов (220-225 каналы), свидетельствующий о том, что на поверхности кристаллов кремния образуется тонкая пленка. Сигнал, имеющийся в области 330 – 355 каналов также подтверждает наличие Mo в осаждаемой на Si плёнке толщиной 200 нм. Увеличение сигнала выхода в области 100 и

150 каналов свидетельствует о присутствии в осажденных на Si пленок атомов С и О. В области 222-224 каналов формируется ступенька. Её появление отражает тот факт, что в состав пленки, осаждаемой на поверхность Si образца. Результаты послойного анализа состава сформированной структуры Мо пленка/кремний представлены на рисунке 2.

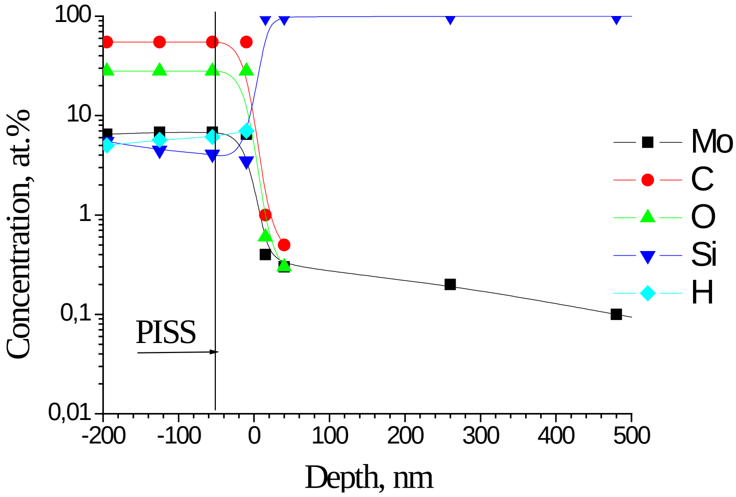

Рис. 2. Распределение элементов по глубине в структуре Мо пленка/кремний.

Распределение элементов в массиве пленки практически равномерное. Концентрация атомов Mo, Si, C, O, H в пленке составляет в среднем 7, 4.5, 55, 28, 6 ат.% соответственно. Мо в кремнии идентифицируется на глубине в 800-1000 нм с концентрацией 0.05 ат.%. Атомы С и О проникают в Si на глубину в 40 нм с концентрацией 0.6 и 0.3 ат.% соответственно. Наличие кремния в пленке свидетельствует о его диффузии в пленку в составе силицида. Толщина покрытия составляет порядка 350 нм. Средняя скорость роста осаждаемого металлсодержащего покрытия на кремнии равна 0,6 нм/мин.

Для подобных, систем ранее проведены исследования рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии [5], которые показали наличие тонкой структуры спектра Мо и говорит о том, что молибден на тех же глубинах находится как в виде Мо, так и в виде MoO_x и $MoSi_x$, их соотношение в слое покрытия 60%: 40%. Как было показано ранее [6], при осаждении Мо покрытий формируется слой, содержащий области скопления силицидов и оксида Мо, размер зерна которых составляет от 20 до 40 нм, величина которого растет при предварительном нанесении Мо подслоя и увеличении энергии выделяющейся в каскадах столкновении при ассистировании, что хорошо согласуются полученными нами результатами. Работа выполнена поддержке МО РБ № ГР 20211394 и № ГР 20211250.

1. Tashlykov I.S., Belyj I.M. Coating methods: patent BY 2324. Published 16.03.1998.
2. С.М. Барайшук, В.Ф. Гременок, В.В. Тульев, И.С. Ташлыков. Изучение поверхности структур металл/кремний, приготовленных ионно-ассистированным нанесением покрытий. ФХОМ. №1. 2011. С. 66.
3. Дудаева, Е. Г. Роль нанотехнологий в газоразрядных процессах для создания тонкопленочных покрытий, напыляемых с помощью магнетронных распылительных систем на основе вырабатываемой поверхностно-волновой плазмы СВЧ // Сост. и персп. развития совр. н.: сборник статей II Всероссийской н.-тех. Конф., Анапа, 12.11.20 / ФГАУ "Военный инновационный технополис "ЭРА". – Анапа: Б. и., 2020. – С. 74-82.
4. Doolittle, L. R. A semiautomatic algorithm for Rutherford backscattering analysis // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Sec. B, Beam Interactions with Materials and Atoms. – 1986. – Vol. 15, iss. 1. – P. 227–231.
5. С.М. Барайшук, О.М. Михалкович, В.К Долгий, А.А. Шевченок. Изучение структуры излучающая пленка на основе $MoSi_2$ на кремниевой подложке для формирования тонкопленочного ИК-излучателя газоанализатора. // Акт. пробл. ФТТ: сб. докл. X Меж. н. конф. ГО «НПЦ НАН Б по материаловедению»; Минск, 22–26 мая 2023 Р. 274-277.
6. I. Tashlykov, O. Mikhalkovich, S. Baraishuk, P. Zukowski. Surface properties of Me/Si structures prepared by means of self-ion assisted deposition // Acta Physica Polonica A. – 2014. – Vol. 125, No. 6. – P. 1306-1308.