

связано с неоднородностью структуры из-за нескольких этапов синтеза и поликристалличностью ЖИГ. Оптические измерения свидетельствуют, что оптическое пропускание полученных структур в максимуме составляет ~ 0.99 значения соответствующего коэффициента для монокристалла LiNbO_3 . Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что полученная в данной работе структура по свойствам близка к объемным аналогам и может быть использована для изучения распространения спиновых волн, а также разработки СВЧ фильтров с узкой полосой пропускания, линий задержки и магнитооптических устройств хранения и обработки информации.

Литература

1. Balinskiy M., Ojha Sh., Chiang H., Ranjbar M., Ross C.A., Khitun A. *J. Appl. Phys.*, 2017, vol. 122, p. 123904.
2. Körner M., Lenz K., Gallardo R.A., Fritzsche M., Mücklich A., Facsko S., Lindner J., Landeros P., Fassbender J. *Phys. Rev.*, B 88, 054405
3. Pirro P., Bracher T., Chumak A.V., Lagel B., Dubs C., Surzhenko O., Gornert P., Leven B., Hillebrands B. *Appl. Phys. Lett.*, 2014, vol. 104, p. 012402-4.

УДК 621.382.12

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ Ti-Si НА КРЕМНИИ

Магистрант гр. 015501 Таласпаев М.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шахлевич Г.М.

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

Плётки толщиной 100–200 нм на неокисленных подложках кремния марки КДБ-10 с ориентацией $\langle 111 \rangle$ были получены совместным распылением Ti и Si при температуре 100–250 °С. Соотношение компонентов в плёнке определялось по скорости распыления Ti и Si. После напыления образцы подвергались ИК-отжигу в вакууме в течение 20 мин. при температурах 500, 600, 700, 800 и 900 °С.

Фазообразование в системе Ti_xSi_y изучалось с помощью рентгеноструктурного анализа. Идентифицирование рентгенограмм проводилось по диаграмме состояния системы Ti-Si и таблицам ASTM. Значения постоянных решётки фаз рассчитывались по обычной методике [1] с использованием квадратичных форм для орторомбической и гексагональной сингоний. Степень текстуры плёнок оценивалась по плотности полюса P [2]:

$$P_{hkl} = \frac{I_{hkl}}{I_{hkl}^0} / \frac{1}{n} \sum \frac{I_{hkl}}{I_{hkl}^0},$$

где I_{hkl}^o – интенсивность регистрируемых отражений от порошка; I_{hkl} – интенсивность регистрируемых отражений от текстурированного образца; n – количество регистрируемых отражений.

Содержание фаз в плёнках оценивалось (с точностью ± 10 вес.%) по относительным интенсивностям соответствующих рефлексов. При постоянных условиях съемки и обработки рентгенограмм, в приближении равных коэффициентов поглощения излучения компонентами по методике, описанной в [2], строились градуировочные кривые, по которым определялись концентрации фаз.

В системе Ti-Si согласно фазовой диаграмме [3] должны наблюдаться следующие соединения: Ti_3Si , Ti_5Si_2 , Ti_5Si_4 , $TiSi$ и $TiSi_2$.

Исходные пленки являются рентгеноаморфными. После термообработки в них формируются в последовательности и сочетаниях, зависящих от исходного состава и температуры отжига, Ti_5Si_3 , $TiSi$, $TiSi_2$.

Так, в пленках состава $Ti/Si = 1/1.35$ фазообразование начинается при $800^\circ C$, образуется соединение Ti_5Si_3 , состав которого не соответствует составу исходной пленки. Текстура отсутствует, но решетка сильно деформирована. Отжиг при $900^\circ C$ не приводит к появлению других фаз, но уменьшается ширина и изменяется интенсивность линий в сторону значительного увеличения рефлекса (210), т. е. происходит рекристаллизация и текстурирование пленок в направлении $[210]$ (P_{hkl} возрастает от 1.13 при $800^\circ C$ до 8.2 при $900^\circ C$). Параметры элементарной ячейки практически соответствуют табличным, что свидетельствует об уменьшении искажений решетки.

Результаты исследования пленок с другими соотношением компонентов $Ti/Si = 1.67; 1.72; 1.96$ и $3,1$ позволяют выделить следующие особенности фазообразования в пленках Ti_xSi_y , полученных на кремнии совместным ионно-лучевым распылением из двух источников и подвергнутых ИК-отжигу в вакууме.

1. Температура начала фазообразования практически не зависит от состава конденсата и лежит в интервале $600\text{--}800^\circ C$. Наблюдается тенденция ее увеличения с ростом концентрации кремния в исходной пленке.

2. Первой фазой всегда является Ti_5Si_3 . Это не совсем согласуется с правилом первой фазы в пленках силицидов [3]. В соответствии с фазовой диаграммой системы Ti-Si это правило предсказывает появление первым соединения $TiSi$. Это несоответствие объясняется тем, что у нас взаимодействие идет в основном между Ti и Si из состава пленки, а не между пленкой металла и Si-подложкой.

3. Подложка кремния оказывает влияние как на состав образующихся при отжиге пленок, так и на их структуру. Практически все фазы в пленках имеют заметную текстуру, толщина пленки после отжига больше ис-

ходной, на это указывает заметное уменьшение (в 3–5 раз) интенсивности рефлекса (111) Si-подложки.

4. Только пленка с исходным соотношением компонентов Ti/Si = 1/1.35 однофазна. Пленки остальных составов многофазны и температура отжига практически не влияет на концентрацию силицидных фаз. Для более детального изучения этого вопроса необходимо провести исследование влияния времени отжига на фазовый состав и структуру пленок.

Литература

1. Анисович А.Г. Рентгеноструктурный анализ в практических вопросах материаловедения. – Минск: Белорусская наука, 2017. – 209 с.
2. Миркин Л.И., Уманский Я.С. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961. – С. 414–417.
3. Самсонов Г.В., Дворина Л.А., Рудь Б.М. Силициды. – М.: Металлургия, 1979. – 327 с.

УДК 620.22

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ И ЛЕКТИНА В РАЗРАБОТКЕ БИОСЕНСОРОВ

Студенты гр. 11310117 Тонкович А.С., Кубарский М.В.
Ассистент Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет

Согласно докладам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), опасные водные и пищевые бактерии являются возбудителями заболеваний, ежегодно приводящих к 2 миллионам смертей. Разработка недорогих и работающих в режиме реального времени методов обнаружения данных бактерий в современном мире является актуальным в областях медицины, промышленности и экологии. Особый интерес в последнее время представляют биосенсоры.

Наряду с общими оптическими подходами флуоресценции и поверхностным плазменным резонансом, в последнее время используется рефрактометрическая интерференционная спектроскопия, Биосенсоры на основе пористого кремния открыли новые возможности для проектирования и изготовления более эффективных аналитических устройств. В дополнение к относительной простоте изготовления, биосовместимости и биодegradации, пористый кремния обладает преимуществами, которые делают его отличным выбором в качестве материала для биосенсора. Большая площадь поверхности и множество гидридных и гидроксильных групп позволяют легко модифицировать поверхность.