

It was found, that the thickness of coating depends on parameter I/A (ratio the number I of assisting ions to the number A of atoms deposited coating)

Ключевые слова: динамическое атомное перемешивание, резерфордовское обратное рассеяние ионов гелия, распыление, радиационно-стимулированная диффузия, железо, алюминий, медь, палладий

Разработка новых методов модифицирования свойств поверхности материалов и изделий является одной из актуальных задач современной науки и техники. Модификация приповерхностных слоев материалов и изделий пучками заряженных частиц и потоками плазмы активно исследуется в последние десятилетия. При этом расширяется область использования ионно-лучевых и ионно-плазменных методов, как в научных, так и практических целях. Одним из методов ионно-лучевого модифицирования поверхности материалов является метод динамического атомного перемешивания. Суть этого метода состоит в том, что процесс осаждения покрытий на подложку сопровождается облучением ионами инертных газов (ионным ассистированием). Применение этого метода обеспечивает хорошее сцепление осаждаемого покрытия с подложкой, при этом состав наносимых слоев и толщина не ограничиваются.

В качестве подложек использовались алюминий чистотой 99,995% и железо чистотой 99,95%, на которые наносились соответственно Cu- и Pd-покрытия методом динамического атомного перемешивания. В качестве ассистирующих ионов использовались ионы аргона с энергией 6 кэВ и интегральными потоками $(0,7-1,6) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$. Плотность j тока в центре ионного пучка составляла $20,2 \pm 0,2 \text{ мкА/см}^2$. Элементный состав, распределение компонентов покрытия по глубине и толщина покрытия определялись методом резерфордовского обратного рассеяния ионов гелия в сочетании с компьютерным моделированием.

Установлено, что при осаждении Cu-покрытия на алюминий формируются Cu/Al-структуры толщиной ~60 нм, которые содержат ~10 ат.% меди, ~1 ат.% кислорода и ~0,3 ат.% аргона. При этом наблюдается проникновение атомов алюминия в пленку вследствие атомного перемешивания, проникновение атомов меди и кислорода в алюминий вследствие радиационно-стимулированной диффузии, а также распыление пленки меди. Отличительной особенностью при перемешивании Cu/Al структур является наличие кислорода в приповерхностных слоях, источником которого служит оксидный слой, образующийся на поверхности алюминиевой матрицы. При осаждении Pd-покрытия на железо формируются Pd/Fe-структуры толщиной ~40 нм, которые содержат ~(30-47) ат.% палладия, ~(53-68) ат.% железа и ~(0,5-1,2) ат.% аргона. При формировании Pd/Fe-структуры наблюдается проникновение атомов железа в пленку палладия вследствие атомного перемешивания, проникновение атомов палладия в железо вследствие радиационно-стимулированной диффузии, а также распыление формируемой структуры.

Предложен способ определения толщины покрытия, сформированного методом динамического атомного перемешивания. Установлено что толщина сформированного Pd-покрытия зависит от параметра I/A (отношение плотности потока I ассистирующих ионов к плотности потока A атомов осаждаемого покрытия). Следует также отметить, что при расчете толщины формирующегося покрытия необходимо учитывать не только процессы распыления атомов осаждаемой пленки, но и процессы распыления атомов подложки.

©ВГУ имени П.М. Машерова

ЛОКАЛЬНО НОРМАЛЬНЫЕ КЛАССЫ ФИТТИНГА КОНЕЧНЫХ ГРУПП

А.В. МАРЦИНКЕВИЧ, Н.Т. ВОРОБЬЁВ

In this paper we describe a characterization of products of Fitting classes and lattice of π -normal Fitting classes

Ключевые слова: класс Фиттинга, \mathfrak{X} -нормальный класс Фиттинга

Все рассматриваемые группы в настоящей работе конечны и разрешимы.

Основополагающей для исследований нормальных классов Фиттинга является работа Блессеноля-Гашюца [1], в которой построен ряд нетривиальных примеров нормальных классов Фиттинга. Напомним, что класс Фиттинга \mathfrak{F} называют нормальным [1] в классе \mathfrak{S} всех конечных разрешимым групп или \mathfrak{S} -нормальным, если для любой группы $G \in \mathfrak{S}$ её \mathfrak{F} -радикал является \mathfrak{F} -максимальной подгруппой группы G .

Естественным обобщением \mathfrak{S} -нормальных классов Фиттинга является понятие \mathfrak{X} -нормального класса Фиттинга, где \mathfrak{X} - некоторый класс Фиттинга. Класс Фиттинга \mathfrak{F} является \mathfrak{X} -нормальным, или локально нормальным, если $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{X}$ и для любой группы $G \in \mathfrak{X}$ её \mathfrak{F} -инъектор – нормальная подгруппа группы G .

Одним из направлений развития \mathfrak{X} -нормальных классов Фиттинга является задача изучения их произведений и решеточных объединений. Мы решаем указанную задачу для случая, когда $\mathfrak{X} = \mathfrak{S}_\pi$ - классу всех разрешимых π -групп. Такие классы естественно называть π -нормальными.

Решеточным объединением $\mathfrak{F} \vee \mathfrak{H}$ классов Фиттинга \mathfrak{F} и \mathfrak{H} обозначают класс Фиттинга, порожденный объединением классов \mathfrak{F} и \mathfrak{H} . Если $\mathfrak{F} \vee \mathfrak{H}$ является π -нормальным классом Фиттинга, то решеточное объединение $\mathfrak{F} \vee \mathfrak{H}$ классов \mathfrak{F} и \mathfrak{H} назовем π -нормальным.

Пусть $\emptyset \subset \pi \subseteq P$. Считаем, что π -нормальный класс Фиттинга \mathfrak{F} удовлетворяет условию (*), если для всех классов Фиттинга \mathfrak{H} решеточное объединение $\mathfrak{H} \vee \mathfrak{F} = \mathfrak{S}_\pi$, то класс Фиттинга \mathfrak{H} является π -нормальным классом Фиттинга.

Построение семейств π -нормальных классов Фиттинга посредством операции « \vee » представляет следующая

Теорема 1. Пусть σ и π такие множества простых чисел, что $\sigma \subseteq \pi$ и $\sigma' \neq \emptyset$. Если класс Фиттинга \mathfrak{F} удовлетворяет условию (*) и класс Фиттинга \mathfrak{X} является π -нормальным классом Фиттинга, таким что $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{F}$, то класс Фиттинга \mathfrak{X} удовлетворяет условию (*).

Теорема 2. Если \mathfrak{F} и \mathfrak{X} π -нормальные классы Фиттинга, такие что \mathfrak{F} удовлетворяет условию (*) и $\mathfrak{F} \vee \mathfrak{X} = \mathfrak{S}_\pi$, то класс Фиттинга \mathfrak{X} не является подклассом Фиттинга решеточного объединения $(\mathfrak{S}_\pi)_* \vee \mathfrak{Y}$ для класса Фиттинга $\mathfrak{Y} \subseteq \mathfrak{S}_\pi$, который не является π -нормальным.

При $\pi = P$ из теоремы 1 и теоремы 2 следует результат Кусака [2].

Литература

1. Bleszenohl D. Gaschütz W. Über normale Schunk und Fittingklassen // Math. Z. – 1970. – Bd. 148, № 1. – S. 1–8.
2. Cusack, E. The join of two Fitting classes /E. Cusack// Math Z. – 1979. – Vol.167. – S.37-47.

©БГУ

ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ A^3B^5 И IV ГРУППЫ В СТРУКТУРАХ SiO_2/Si МЕТОДОМ ВЫСОКОДОЗНОЙ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ И ТЕРМООБРАБОТОК

М.А. МОХОВИКОВ, Ф.Ф. КОМАРОВ

The formation of tin nanoclusters as well as A^3B^5 nanocrystals in SiO_2/Si matrix using a high-dose implantation technique followed by high-temperature processing was studied. Structure and composition were studied by Rutherford backscattering spectroscopy and plan-view and cross-sectional transmission electron microscopy. In a case of the A^3B^5 nanocrystals formation a broad photoluminescence band with the maximum of 0.99 eV is registered. It has been found that post-implantation annealing results in the β -Sn precipitation as well as the formation of SnO_2 -enriched regions in $SiO_2:Sn$ matrix. The rest of the impurity is dissolved in the matrix of SiO_2 .

Ключевые слова: нанокластеры, ионная имплантация, SiO_2/Si структуры

1. ВВЕДЕНИЕ

Слои диоксида кремния, содержащие наноразмерные кристаллические включения, являются в настоящее время перспективным материалом при создании приборов памяти и оптоэлектронных структур с использованием стандартной кремниевой технологии. При использовании в приборах памяти преимуществами металлических нанокристаллов в сравнении с полупроводниковыми являются более высокая плотность состояний вблизи уровня Ферми и более однородные зарядовые характеристики [1,2]. Среди полупроводниковых материалов широкозонные оксиды характеризуются удачной комбинацией высокой проводимости и высокой прозрачности в видимом диапазоне спектра. В частности, диоксид олова (SnO_2), прямозонный полупроводник с шириной запрещенной зоны 3,6 эВ, имеет хорошие перспективы применения в светоизлучающих и лазерных диодах видимого и ультрафиолетового диапазонов электромагнитного спектра [3,4]. Актуальным является рассмотрение нанокластеров узкозонных полупроводников A^3B^5 и металлического Sn в Si и SiO_2 .

Объектом исследования являлись ионно-имплантированные атомы In, As и Sn и их нанокластеры в структурах SiO_2/Si . Цель работы – исследование процессов формирования нанокристаллов A^3B^5 и IV группы в структурах SiO_2/Si методом высокодозной ионной имплантации и термообработок, а также регистрация спектров фотолюминесценции и комбинационного рассеяния от образцов с нанокластерами InAs и Sn при различных режимах термообработки.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве объектов исследования использовались кристаллы Si, имплантированные ионами In и As. Первая группа образцов имплантировалась последовательно сначала ионами As при энергии 170