

(6—8) при различных пересыщениях газовой фазы ($T=1273K$) (см. табл. 1, 2). Полученные данные показывают, что при малых пересыщениях радиусы критических зародышей, работы их образования и числа содержащихся в них атомов необычайно велики и, следовательно, вероятность возникновения новой фазы в данных условиях ничтожна, но она резко возрастает с увеличением пересыщения вследствие уменьшения A_k . Из сравнения отношений A_k (графита) / A_k (алмаза) следует, что для рассмотренного интервала пересыщений вероятность зарождения центров кристаллизации графита меньше, чем алмаза.

Это соотношение может еще увеличиться, если учесть лапласовское давление, возникающее внутри зародышей новой фазы, обуславливающее возможность перехода системы в область стабильного состояния алмаза.

1. Френкель Я. И. // Собр. избр. тр. М.; Л., 1959. Т. 3.

Поступила в редакцию 08.09.95.

УДК 621.382.049.772

А. П. НОВИКОВ, Е. А. ШИЛОВА,
Л. Д. БУЙКО, В. А. ЗАЙКОВ

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА МЕТАЛЛ/а-С В УСЛОВИЯХ ВАКУУМНОГО ОТЖИГА

Thermal stability at the interface of vanadium/amorphous carbon (V/a-C) and tantalum/amorphous carbon (Ta/a-C) systems have been investigated by the methods of TEM, RBS, AES, and Raman spectroscopy. Thermal annealing of V/a-C, Ta/a-C thin-film structures has been carried out in a vacuum furnace at temperatures ranged from 100 to 1000 C.

The conducted investigations have revealed that 400 C and 700 C are the threshold temperatures at which diffusion of carbon atoms to vanadium and tantalum films, respectively, begins to proceed and inclusions of carbide phases are formed.

Regularities of structural changes and reactions at the metal/a-C interface are discussed for a group of refractory metals.

При создании любого полупроводникового прибора формирование омических контактов является одним из важнейших технологических процессов, поскольку именно качество контакта определяет характеристики и надежность работы всего устройства.

Установлено, что в процессе термического отжига в пленке металла наблюдается образование соответствующих карбидов. Показана возможность формирования удовлетворительных омических контактов к полупроводниковым алмазам в процессе отжига на основе использования тонких пленок карбидообразующих металлов.

В настоящей работе исследуются структурные и фазовые изменения и реакции на границе раздела в системах ванадий/аморфный углерод (V/a-C) и тантал/аморфный углерод (Ta/a-C) при стационарном часовом вакуумном отжиге. Помимо самостоятельного интереса, данная система может рассматриваться в качестве модельной для прогнозирования свойств границы раздела Та/алмаз.

Материал и методика

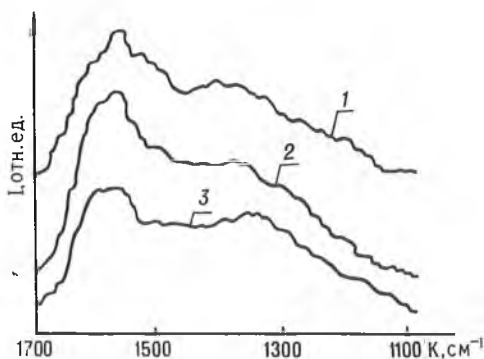
Углеродные и металлические пленки наносились с помощью магнетронного распылительного устройства, работающего на постоянном токе, на кремниевые пластины диаметром 100 мм. Время напыления составляло 90 мин для углерода и 2 мин для металлов. Полученные тонкопленочные системы Ta/a-C/Si и V/a-C/Si подвергались часовому отжигу в ваку-

умной печи с давлением остаточных газов 10^{-5} Па в интервале температур 100... 1000 °С с шагом 100 °С. Структура углеродных пленок исходных образцов и ее изменение в процессе термического отжига анализировались методом комбинационного рассеяния (КР) света с рабочей длиной волны лазерного излучения 488 нм. Изменения в структуре металлических пленок и протекание процессов фазообразования фиксировались ПЭМ методом при ускоряющем напряжении 200 кВ. Перераспределение атомов углерода и металлов в процессе термического отжига контролировалось путем построения Оже-электронных спектров атомов углерода и металла с последовательным удалением тонких слоев исследуемых образцов методом ионного распыления (Ar^+).

Результаты и их обсуждение

1. Структура углеродных пленок.

Экспериментально полученный спектр комбинационного рассеяния исходной углеродной пленки указывает на ее аморфную структуру (рисунок, кривая 2). Об этом свидетельствует наличие двух размытых пиков вблизи 1350 см^{-1} (обусловлен наличием sp^3 -связей) и 1550 см^{-1} (обусловлен sp^2 -связями). Аморфный характер исходных пленок углерода подтверждают и результаты электронно-микроскопических исследований: на картинах дифракции наблюдаются широкие диффузные кольца. Вакуумный отжиг пленок в интервале температур 100...1000 °С вызывает изменение интенсивности и полуширины пика 1550 см^{-1} . В области высоких температур происходит его удвоение с образованием дополнительного пика вблизи 1585 см^{-1} (см. рисунок). Указанная структура пленок известна под названием «bridge graphite» или «diamit» [1, 2].



Спектры комбинационного рассеяния углеродных пленок:

1 — до отжига; 2 — $T_{отж}=400\text{ °С}$; 3 — $T_{отж}=800\text{ °С}$

2. Структура металлических пленок. Исходные пленки тантала и ванадия, как показал анализ их микроструктуры, имеют мелкодисперсную поликристаллическую структуру. Увеличение температуры отжига до 300—400 °С сопровождается ростом дисперсности этих пленок. Изменение среднего размера зерен может быть обусловлено частичной релаксацией напряжений, существовавших в металлической пленке до термического отжига, либо началом протекания процессов нуклеации из-за присутствия в ней некоторого количества атомов углерода.

Дальнейшее повышение температуры отжига приводит к снижению дисперсности металлических пленок. При достижении температуры 1000 °С пленка ванадия полностью прореагирует с углеродом, образовав карбидную фазу. При этих же условиях тантал лишь частично вступает в реакцию с углеродом, а в непрореагировавшей части пленки металла зафиксированы лишь включения карбидной фазы Ta_2C .

3. Диффузия и фазообразование в системе Me/a-C. Результаты анализа данных ПЭМ и Оже-электронной микроскопии дали возможность выделить граничные температуры, переход через которые приводит к изменению фазового состава и структурных свойств в системах Ta/a-C и V/a-C (таблица).

Характеристика систем Me/a-C

Показатели	V	Ta
Температура начала диффузии атомов углерода в пленку металла, С	400	800
Температура завершения карбидообразования по объему пленки металла, С	1000	—
Средняя толщина пленки металла, нм	120	150
Образующаяся фаза:	VC	Ta ₂ C
тип решетки	гцк	гексагональная
параметры решетки, нм	a=0,416	a=0,310; c=0,494

По результатам выполненных исследований установлены следующие особенности процесса межфазного взаимодействия на границе Me/a-C:

— каждая система имеет пороговую температуру начала процесса диффузии атомов углерода в пленку металла с образованием включений карбидной фазы. Причем эта температура возрастает в группе с увеличением порядкового номера элемента;

— возрастание температуры отжига сверх этой граничной температуры сопровождается нарастанием процессов диффузии атомов углерода от границы Me/a-C в направлении к поверхности металлической пленки и характеризуется образованием прослойки карбидной фазы;

— после часового отжига при температуре 1000 °С для системы V/a-C произошло полное превращение металлической пленки ванадия в монокарбид ванадия, а для системы Ta/a-C процесс карбидообразования по объему пленки тантала не завершен.

Поскольку исследованные системы обладают высокой термической стабильностью, то существует реальная возможность использования ванадия и тантала для создания омических контактов с алмазом и алмазоподобными пленками.

1. Huong P. V., Verma A. L., Chaminade J. P., Nganga L. and Erison J. C. // Mater. Sci. Eng. V. B5. 1990. P. 255.

2. Huong P. V. // Diamond Relat. Mater. V. 1. 1991. P. 33.

Поступила в редакцию 08.09.95.

УДК 621.382.311.33:546

А. Д. АНДРЕЕВ, А. М. БЕЛЬСКИЙ, А. А. ВАЛИЕВ

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ЛЕГИРОВАНИЯ НА НАСЫЩЕНИЕ ТОКА В n-КАНАЛЬНОМ МОП-ПТ

Saturation currents in n-channal MOS FET were measured. It is shown that the saturation drain-source voltage decreases with increasing of dopant level. This voltage is smaller than the effective gate voltage. The explanation of the current saturation can be based on drift velocity saturation.

В высоколегированных МОП-структурах концентрацию примесных атомов на границе раздела кремния и диоксида кремния определяют путем измерения вольтамперных характеристик (ВАХ) полевого транзистора с изолированным затвором [1—3]. В таких приборах переход от резистивного участка зависимости тока от напряжения на стоке к насыщению осуществляется при напряжениях на стоке, значительно меньших разности напряжений затвора и порогового. Напряжение насыщения используется для расчета электропроводности [4], определения напряженности