



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) **KZ** (13) **B** (11) **34269**
(51) *C01B 32/949* (2017.01)
C23C 8/06 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2018/0846.1

(22) 19.11.2018

(45) 22.05.2020, бюл. №20

(72) Скаков Мажын Канапинович; Соколов Игорь Андреевич; Батырбеков Эрлан Гадлетович; Туленбергенов Тимур Рымбекович; Миниязов Арман Жанарбекович

(73) Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» Министерства энергетики Республики Казахстан

(56) KZ 10927 A, 15.11.2001

CN 108707865 A, 26.10.2018

Рахадиллов Б. К. и др. Изменение поверхности вольфрама при облучении плазменным пучком. Вестник Карагандинского университета. Серия «Физика». №3 (83). 30.09.2016 г. Стр. 40-46 US 2002009411 A1, 24.01.2002

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБИДОВ ВОЛЬФРАМА В ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОМ РАЗРЯДЕ**

(57) Рассматриваемый способ предназначен для получения карбидов вольфрама в качестве защитного покрытия облицовки тайлов дивертора вакуумной камеры термоядерного реактора.

Задача, решаемая изобретением, состоит в разработке и внедрении методики образования карбидов вольфрама. Данный способ основан на выборе состава плазмообразующего газа, параметров плазменно-пучкового разряда, температуры и времени облучения образца.

Технический результат от использования изобретения, заключается в проведении исследований, связанных с испытаниями кандидатных и конструкционных материалов термоядерных установок.

(19) KZ (13) B (11) 34269

Изобретение относится к плазменным технологиям получения карбидов вольфрама в качестве защитного покрытия поверхности плазмообращенного материала дивертора термоядерного реактора.

В настоящее время существуют установки, позволяющие проводить исследования по образованию карбидов вольфрама по различным методикам.

Известен способ получения тонкого износостойкого карбидного покрытия восстановлением паров галогенидов в углеродсодержащей атмосфере (патент Англии №1460981).

Недостатком известного способа является ограничение выбора подложек для формирования покрытия вследствие опасности подтравливания материала подложки парами агрессивных галогенидов и продуктов их восстановления.

Известен способ получения карбида вольфрама, включающий получение раствора вольфрамсодержащего материала, растворителя, например этанола, диспергатора и источника углерода, обработку микроволновым излучением для выпарки перекиси водорода и этанола, помещение высушенного порошка в тигель и последующую карбидизацию с использованием микроволнового излучения (Патент CN 101181690, МПК В01J 27/22, 2008 г.).

Недостатком известного способа является высокое содержание продуктов взаимодействия и распада органических веществ в газовой фазе во время процесса получения.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа является способ цементации металлов, включающий нанесение слоя углерода на поверхность металла с последующим облучением его потоком электронов с энергией 8 МэВ при температуре 500-600°C флюенсом 5×10^{17} см⁻² (KZ №10927 от 15.11.2001 бюл.№11).

Недостатком известного способа является высокая энергия электронов, отсутствие рекристаллизационного отжига и сложность процесса, обусловленная нанесением слоя углерода, а затем облучением электронным пучком.

В качестве изобретения предложена технология получения карбидов вольфрама в вакууме для образования защитного покрытия и предотвращения разрушения тайлов дивертора термоядерного реактора.

Задача, решаемая изобретением, состоит в разработке и внедрении методики образования карбидов вольфрама на имитационном стенде с плазменно-пучковой установкой (KZ U2080 от 15.03.2017 бюл. №5). Данная методика основана на выборе параметров плазменно-пучкового разряда (рабочий газ, энергия ионов), температуры образца и времени облучения.

Технический результат от использования изобретения, заключается в проведении исследований, связанных с испытаниями кандидатных и конструкционных материалов термоядерных установок.

Заявленная методика реализована на установке, приведенной на фигуре I. Данная установка включает в себя, электронно-лучевую пушку 1, смонтированную на фланце камеры плазменно-пучкового разряда 2 и камеру взаимодействия 3. Камера плазменно-пучкового разряда снабжена электромагнитной системой фокусировки электронного пучка 4. В камере взаимодействия предусмотрены фланцы, для монтажа, на которых установлены мишенное устройство 5, средство диагностики плазмы - зонд Ленгмюра 6 и окна для визуального контроля эксперимента и температуры мишени.

Исследуемый материал перед началом испытаний устанавливается в кассете мишенного устройства 5. Для каждого исследуемого материала перед экспериментом оцениваются необходимые параметры электронно-лучевой пушки 1 (ток и напряжение), энергия ионов, которая определяется электрическим потенциалом смещения на мишенном устройстве, температура образца, рабочий газ плазмы и время воздействия.

Запускается система вакуумной откачки с целью создания высокого вакуума. Проводится проверка готовности средств измерения температуры (пирометр и термопара) образца. Электронный пучок формируется с использованием электронно-лучевой пушки 1 и системы электромагнитных катушек 4. Далее он транспортируется в камеру взаимодействия 3 на отжигаемый образец 7, расположенный в мишенном устройстве 5. Мощность электронного пучка устанавливается согласно температуре отжига.

Перед проведением образования покрытия на вольфраме необходимо провести рекристаллизационный отжиг образца в вакуумной среде при воздействии электронного пучка. Длительность такого отжига должна составлять около 60 минут при температуре $1200 \pm 50^\circ\text{C}$ и давлении в вакуумной полости не выше 10^{-6} Торр.

После проведения рекристаллизационного отжига электронно-лучевая пушка 1 отключается.

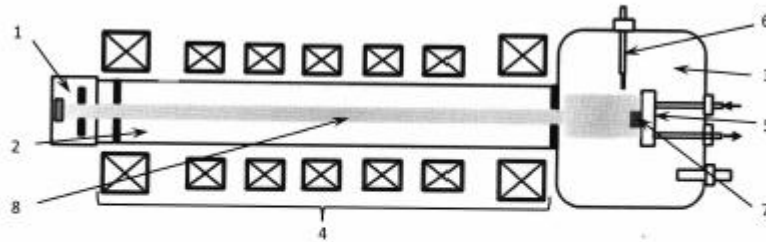
Образование покрытия происходит без изъятия из вакуумного объема образца. В камеру плазменно-пучкового разряда 2 с помощью системы газонапуска подается рабочий газ - метан до давления $\sim 10^{-3}$ Торр. На гальванически развязанное с установкой мишенное устройство 5, с размещенным на нем облучаемым образцом, подается отрицательный потенциал в диапазоне от минус 50 В до минус 1000 В, которым определяется энергия ионов от 50 до 1000 эВ соответственно.

Затем плавно подается ускоряющее напряжение на катод электронно-лучевой пушки 1 для формирования плазменно-пучкового разряда 8, которое ограничивается температурой образца $1400 \pm 50^\circ\text{C}$. Длительность облучения составляет 10 минут. В процессе облучения контролируется температура образца, давление газа в камере взаимодействия и состав рабочего газа масс-спектрометром.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения карбидов вольфрама в плазменно-пучковом разряде, включающий в себя образование углеродных соединений с вольфрамом в вакуумной камере при воздействии плазмы на вольфрам *отличается* тем, что поток

плазмообразующего газа - метана, не содержащего примесей, при высокой температуре попадает на вольфрам и напыляет его поверхность углеродом с последующим образованием карбидов, не допуская при этом окисления поверхности обрабатываемого материала.



1 – электронно-лучевая пушка; 2 – камера плазменно-пучкового разряда; 3 – камера взаимодействия; 4 – электромагнитная система; 5- мишенное устройство; 6 – зонд Ленгмюра; 7 – образец; 8 – плазменно-пучковый разряд.

Фигура I. – Установка для получения карбидов вольфрама