

**НАНЕСЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ КАРБИДА ТИТАНА НА МЕДНЫЕ ПЛОСКИЕ ПОДЛОЖКИ**А.В. Даваа, А.Ф. Макарова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.А. Сивков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: arsenaldavaa@tpu.ru

**APPLICATION OF NANOSTRUCTURED TITANIUM CARBIDE COATING TO COPPER FLAT-SURFACE SUBSTRATES**A.V. Davaa, A.F. Makarova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.A. Sivkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30,634050

E-mail: arsenaldavaa@mail.ru

*This paper considers the possibility of obtaining nanostructured titanium carbide on the surface of the copper substrate using a coaxial accelerator. Therefore, experiment was carried out by means of coaxial magnetoplasma accelerator (СМПА). A discharge hypersonic jet titanium-carbon plasma is carried out of the accelerating channel and deposition on the surface of the substrate, which located at some distance from the end of the accelerating channel. XRD, TEM and SEM methods have been used for investigation of the phases and coating surface. Our results of the different analyses emphasize that the titanium carbide coating has nanostructure and a content of the titanium carbide phase is about 100%*

Важным и перспективным настоящее время является использование наноструктурированных покрытий на поверхности материалов. Большая перспектива связана с тем, что наноструктурированное покрытие дает уникальные возможности улучшать физические и повышать эксплуатационные характеристики материала в несколько раз при относительно невысоких затратах [1]. На сегодня широкое применение наноструктурированных покрытий во многом ограничивается качеством этих покрытий.

Особый интерес представляет покрытие карбида титана на меди, так как медь является широко применяемым материалом в электронном приборостроении. В связи с тем, что при высоких температурах она активно испаряется, в ряде случаев возникает необходимость использования на ней защитного покрытия [2].

С целью получения покрытия карбида титана на медной подложке с помощью коаксиального магнетоплазменного ускорителя был проведен опыт. Конструкция КМПУ [3], примененного в этом опыте, более подробно приведена в работе [4]. Исходный реагент порошок карбида титана со средним размером частиц до 40 мкм в количестве 1,3 г закладывался в канал формирования плазменной структуры. Электропитание ускорителя осуществлялось от емкостного накопителя при зарядном напряжении  $U_{зар}=3$  кВ и емкости конденсаторов  $C=6$  мФ. Таким образом, была подведена энергия  $W=27$  кДж.

В результате было получено равномерное покрытие темно-серого цвета на медной подложке. Также

был собран порошок черного цвета массой 0,15 г.

С помощью рентгеноструктурного анализа определили фазовый состав покрытия. На рисунке 1 приведена рентгеновская дифрактограмма покрытия подложки, полученная с помощью рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD7000 (Cu-K<sub>α</sub>).

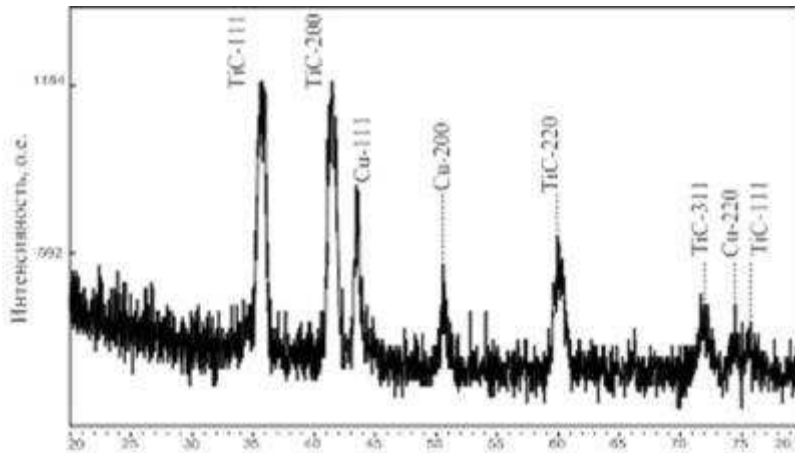


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма подложки после воздействия плазменной струи

сингонией TiC {SG F4/m-3 2/m} и меди Cu {SG F4/m-3 2/m}. Доминирующей фазой покрытия является карбид титана с содержанием в 99,8 %. Средний размер областей когерентного рассеивания для TiC составляет 26 нм, а для Cu – 16 нм.

Таблица 1. Данные рентгеноструктурного анализа фазового состава

Фаза, простр. группа	Содерж, % масс	ОКР, нм	Параметр решетки расчет/ PDF
			a
TiC F4/m-3 2/m	99,8	26,0	4,3280/4,3491
Cu F4/m-3 2/m	0,2	16,0	3,6150/3,5969

С целью более подробного исследования поверхность покрытия была изучена с помощью растровой электронной микроскопии. Изображение поверхности, сделанная с помощью микроскопа Hitachi TM 3000, представлена на рисунке 2.

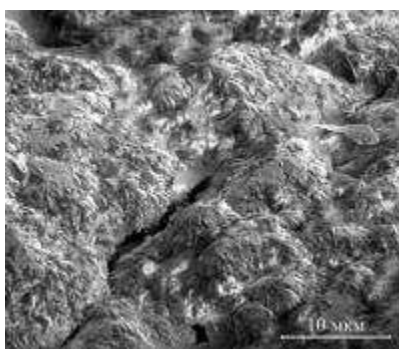


Рис. 2. SEM-изображение поверхности пленки

Как видно на рисунке (рис.2), покрытие имеет неровную поверхность, имеются бугорки и трещины размерами от 2 мкм до 10 мкм. Также наблюдается, что поверхность имеет зернистую структуру.

На рисунке 3а представлено светопольное изображение образца, полученное с помощью просвечивающей электронной микроскопии (TEM). На этом изображении хорошо видна зернистая структура покрытия, размер зерен составляет около 200 нм. Для определения толщины покрытия и её сцепления с основанием было проведено исследование профильного среза покрытия (рисунок 3б). Толщина покрытия составляет около 15-20 мкм. По границе раздела подложки и покрытия видим, что покрытие имеет хорошее сцепление с основанием. Об этом мы можем судить благодаря области взаимного перемешивания, т.е. при соударении выносимого материала из ускорительного канала и подложки, в силу высокой температуры, произошло плавление поверхности подложки и перемешивание материалов.

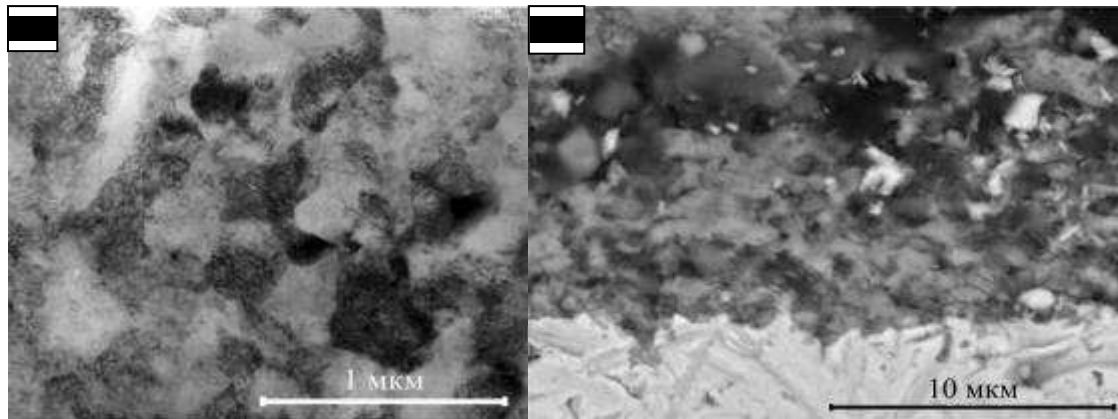


Рис. 3. а) Светопольное ТЕМ-изображение покрытия; б) Изображение профильного среза покрытия

В ходе проделанной работы была доказана принципиальная возможность нанесения нанодисперсного карбида титана на медную подложку с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя. Данный вывод был сделан на основе анализа покрытия методом рентгеновской дифрактометрии, растровой электронной микроскопии и просвечивающей электронной микроскопии. Далее в ходе дальнейшего исследования была определена толщина покрытия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые материалы / Под ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
2. Быстров Ю.А., Ветров Н.З., Лисенков А.А. Плазмохимический синтез карбида титана на медных подложках // Письма в ЖТФ. – 2011. – Т. 37. – № 15. – С. 33–39.
3. Пат. 2150652 РФ. 7F41В 6100. Коаксиальный ускоритель / Сивков А. А. Заявлено 24. 02. 1999; Опубл. 10. 060 2000.
4. Даваа А.В., Макарова А.Ф. О возможности нанесения наноструктурированных покрытий на основе титана с помощью коаксиального ускорителя // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: Труды XIV Международного студенческого научно-технического семинара: в 2-х томах – Томск, 2012 г. – Т. 1 – С. 170–173.