

7. The CdTe thin film solar cells – An Overview/ D. Baunet [et al.] // Intern. J. Sol. Energy.–1992.– Vol. 12.–P. 11–14.
8. Achievements and Challenges CdS/CdTe solar cells /Z. Fong[et al.] // Intern. J. of Photoenergy. – 2011. –Article ID 297350.
9. Морфология поверхности пленок теллурида кадмия, полученных методом вакуумного напыления на подложках из кремния и теллурида кадмия / Акобирова А. Т.[и др.] // Журн. Белорус. гос. ун-та. Физика. –2017. –№ 2. – С. 69–75.
10. Фотолюминесценция CdTe, выращенного при значительном отклонении от термодинамического равновесия. / В.С. Багаев[и др.] //Физика и техника полупроводников. – 2012.–№45 – С. 908–925.
11. Photoluminescence studies of CdTe polycrystalline films/ V.V. Tetyorkin // Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics. –2012. – Vol.15.– P. 340–344.
12. Temperature dependence of the band gap energy of crystalline CdTe / G.Fouthal [et al.] //J. Phys. Chem. Solids, 2000. – №61.– С.579–583.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СПЕКАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМИНИЯ

А. И. Альхименко, Г. С. Римский, О. В. Игнатенко, А. Л. Желудкевич

*ГО “Научно-практический центр по материаловедению НАН Беларуси”,
220072, г. Минск, ул. П.Бровки 19, Беларусь
e-mail: alkhimenak@gmail.com*

Работа представляет из себя один из этапов изучения алюминия как в качестве связки кубического нитрида бора так и в качестве основного компонента катализатора реакции перехода $BN_r - BN_k$, в композиционном материале на его основе при высоких давлениях (5,0 ГПа) и температурах (до 2500 °С). Была подготовлена смесь BN_k и алюминия марки АСД-1, в соотношении 99 : 1 масс.%. Из которой синтезированы образцы при давлении 5,0 ГПа и при температуре 500, 1000, 1500, 2000, 2500 °С. Фазовый состав образцов исследовали с помощью дифракции рентгеновских лучей на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М в $CuK\alpha$ – излучении. Анализ показал, что образование фазы Al_2O_3 начинается при температурах от 2000 °С, а недостаточное количество алюминия в смеси приводит к невозможности образования нитрида алюминия.

Ключевые слова: кубический нитрид бора (BN_k); гексагональный нитрид бора (BN_r); алюминий.

SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF SINTERING PROCESSES OF A COMPOSITE MATERIAL BASED ON CUBIC BORON NITRIDE USING ALUMINUM

A. I. Alkhimenak, G. S. Rimskiy, O. V. Ignatenko, A. L. Zhaludkevich

*SSPA “Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus”, Minsk, Belarus
Corresponding author: A. I. Alkhimenak (alkhimenak@gmail.com)*

The work is one of the stages of studying aluminum both as a binder of cubic boron nitride and as the main component of the catalyst for the hBN – cBN transition reaction, in a composite material based on it at high pressures (5 GPa) and temperatures (up to 2500 °C). A mixture of cBN and ASD-1 grade aluminum was prepared in a ratio of 99 : 1 wt.%. From which samples were synthesized at a pressure of 5.0 GPa and at a temperature of 500, 1000, 1500, 2000, 2500 °C. The phase composition of the samples was studied using X-ray diffraction on a DRON-3M X-ray diffractometer in CuK α radiation. The analysis showed that the formation of the Al₂O₃ phase begins at temperatures from 2000 °C, and an insufficient amount of aluminum in the mixture leads to the impossibility of the formation of aluminum nitride.

Key words: cubic boron nitride; hexagonal boron nitride; aluminum.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологий и областей применения электроники, всё большее повышение требований к приборам приводит к непрерывному поиску новых материалов для создания высокотехнологичных передовых устройств. Одним из таких материалов, который вызывает интерес у ученых, является кубический нитрид бора и материалы на его основе. Кубический нитрид бора – гетероатомный аналог алмаза, имеет высокую твёрдость, износостойкость, высокое электросопротивление, а термостойкость и химическая инертность у BN_к выше, чем у алмаза. Но несмотря на это кубический нитрид бора остается малоизученным материалом.

Материалы, полученные на основе нитрида бора с добавлением В4С обладают очень высокой термостойкостью и могут использоваться при температурах до 1700 °C, на длительном промежутке времени [1]. При добавлении к нитриду бора значительного количества нитрида алюминия повышаются электроизоляционные свойства материала [2]. По стойкости в парах лития, при температурах 2000 – 2500 °C, материалы из нитрида бора значительно превосходят прочие огнеупорные материалы, такие как оксиды алюминия и циркония [3]. Композиционные материалы на основе нитрида бора используются в качестве сопел эксгаустеров, для термоизоляции плазменные горелок в камерах сгорания реактивных двигателей и в качестве ионных зажигателей, в установках для термоокислительного пиролиза метана [4, 5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

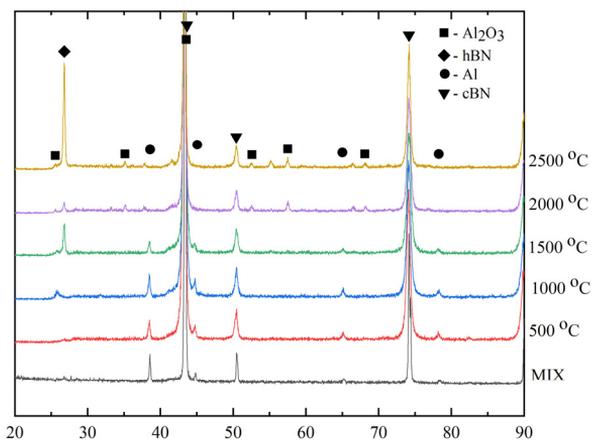
Образцы спекались методом высоких давлений и температур, при котором давление создается в процессе растекания контейнера высокого давления. Высокое давление образуется в процессе сжатия контейнера с образцом в аппарате высокого давления за счет затормаживания растекания запирающими кромками аппарата; температура создается путем пропускания электрического тока через систему нагревательных элементов контейнера, изготовленных из графитсодержащих смесей с большим сопротивлением, позволяющим получить высокую температуру в небольшом объеме за короткий период времени.

Для проведения эксперимента подготавливалась смесь BN_к и алюминия марки АСД-1, в соотношении 99:1 масс.%. Для получения равномерного распределения компонентов в образце, смесь перемешивалась в шаровой планетарной мельнице с добавлением спирта в течение часа. Далее формировались образцы в виде таблеток высотой 5 мм и диаметром 10 мм. Синтез вели при давлении 5,0 ГПа и при температуре 500, 1000, 1500, 2000, 2500 °C.

После синтеза фазовый состав образцов исследовали с помощью дифракции рентгеновских лучей на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М в $\text{CuK}\alpha$ – излучении в диапазоне углов $20^\circ \leq 2\theta \leq 90^\circ$ при комнатной температуре.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перспективность изучения системы Al-BN_k обусловлена возможностью применения алюминия одновременно и как в качестве связки зерен кубического нитрида бора в создании композиционных материалов, так и в качестве элемента катализатора реакции перехода $\text{BN}_r - \text{BN}_k$.



Рентгенограммы образцов состава 1 % Al и 99 % BN_k спеченных при давлении 5 ГПа и температурах 500, 1000, 1500, 2000, 2500 °C (рентгенограмма с обозначением MIX – исследование исходной смеси)

Образовывающихся оксидов алюминия, особенно это ярко выражено при температурах выше 2000 °C, отсутствие образования нитрида алюминия обусловлено низким содержанием алюминия в смеси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования полученных образцов, можно сделать следующие выводы:

1. Образование оксидов алюминия начинается в образцах, спеченных при 2000 °C и выше.
2. Отсутствует агломерация алюминия на краях реакционной зоны.
3. Недостаточное количество алюминия в смеси приводит к невозможности образования нитрида алюминия – катализатора реакции перехода $\text{BN}_r - \text{BN}_k$.
4. Исследование указывает на вероятное получение композиционного материала на основе кубического нитрида бора используя алюминий как в качестве катализатора для получения кубического нитрида бора, так и в качестве связующего компонента синтезированных зерен кубического нитрида бора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Болгар, А.С. Исследование высокотемпературных свойств материалов на основе карбида и нитрида бора. / В.Ф. Литвиненко, Б.В. Шаровский и др. // Карбиды и сплавы на их основе. – 1976. – С.185–189.

2. Полубояринов, Д.Н. Исследование некоторых вопросов технологии керамики на основе VN и AlN. / И. Г. Кузнецова, Е. П. Садковский и др. // Методы получения, свойства и применения нитридов. – 1972. – С. 135–141.
3. Полубояринов, Д.Н. Испытание высокоогнеупорных изоляционных материалов в парах лития при высоких температурах в вакууме. / В.А. Башкатов, Г.А. Серова и др. // Огнеупоры. – 1964.– № 2. – С.82–89.
4. Дубовик, Т. В. Материалы на основе нитридов для поджигателей игнитронов. / Т. Г. Куценко, Т. И. Серебрякова. // Методы получения, свойства и применения нитридов. – 1972. – С.182–186.
5. Самсонов, Г. В. Получение и методы анализа нитридов. / О. П. Кулик, В. С. Полищук. // Киев: Наук думка. – 1978. – С. 320.

ДИАГНОСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ Ti И V ДЛЯ СЕНСОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**С. М. Барайшук¹, Г. Б. Мельникова², Д. А. Голосов³,
А. А. Шевченко¹, В. К. Долгий¹**

¹⁾ *Белорусский государственный аграрный технический университет, пр. Независимости, 99, 220023 Минск, Беларусь, e-mail: baraishuksm@gmail.com*

²⁾ *Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка ул. Советская, 18, 220030 Минск, Беларусь, e-mail: galachkax@gmail.com*

³⁾ *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, e-mail: dmgolosov@mail.ru*

Проведены исследования топографии пленок оксида ванадия осажденных на Si₃N₄/Si с предварительным осаждением Ti тыльного электрода и без него. Показано, что процессы формирования зеренной структуры наблюдаются при температурах более 300 °С. В результате отжига пленок в атмосфере кислорода при температурах 400 °С формируются покрытия идентичные по структуре с шероховатостью 0,2 нм по площадке 100 мкм², которая практически не зависит от состава подложки. Это указывает на возможность, использовать Ti покрытия для формирования тыльных контактов сенсорных элементов, а всю структуру VO/Ti/Si₃N₄/Si в качестве термочувствительного элемента.

Ключевые слова: сенсоры, тонкие пленки, топография поверхности, магнетронное распыление, тыльные контакты.

DIAGNOSTICS OF THE SURFACE OF FILMS BASED ON Ti AND V FOR SENSOR ELEMENTS

S. M. Baraishuk¹, G. B. Melnikova², D. A. Golosov³, A. A. Shevchenok¹, V. K. Dolgiy¹

¹⁾ *Belarusian State Agrarian Technical University, Nezavisimosti av. 99, 220023 Minsk, Belarus*

²⁾ *Belarusian State Pedagogical University named after M. Tanka, st. Sovetskaya, 18, 220030 Minsk, Belarus*

³⁾ *Belarusian state university of informatics and radioelectronics, 220013, P. Brovki 6, Minsk, Belarus
Corresponding author: S. M. Baraishuk (baraishuksm@gmail.com)*