

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЭЛЕКТРОНИКИ

И. И. Азарко¹, О. В. Игнатенко², И. А. Карпович¹,
В. Б. Оджаев¹, Н. А. Шемпель², О. Н. Янковский¹

¹Белорусский государственный университет,

²ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Исследование и широкое использование на практике сверхтвердых материалов базируются на их рекордно высоких характеристиках и уникальных физических свойствах. Особенно актуальна на сегодняшний день разработка физико-технологических процессов кристаллизации и спекания синтетических кристаллов алмаза и кубического нитрида бора заданного дефектно–примесного состава. Основные технологии получения сверхтвердых материалов можно разделить по следующим направлениям: синтез алмазов и кубического нитрида бора с использованием аппаратуры высокого давления и осаждение тонких пленок алмаза и кубического нитрида бора [1–4]. Проводящиеся исследования направлены на получение знаний о квазихимических реакциях в твердом теле и изучение широкого спектра факторов, влияющих на формирование кристаллов, таких как температура, давление, состав реакционной шихты, уровень разупорядочения, наличие остаточных примесей, образование и рост собственных дефектов в структурах. Установление взаимосвязи электро-спиновой системы кристаллической матрицы с макроскопическими свойствами кристаллов, а также особенности влияния металлических и неметаллических наночастиц на релаксационные процессы электронов в кристаллической решетке, в том числе бинарной матрицы также необходимо учитывать для управления свойствами не только самих сверхтвердых материалов, но изделий на их основе.

Отдельное место занимают вопросы создания качественно нового класса сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора (cBN), армированных нанотрубками/нано волокнами и цементированных ультрадисперсными алмазами. Это требует разработки методологических подходов своевременной диагностики свойств вышеуказанных материалов и рекомендаций по возможности производства электро-технических изделий на их основе. Ультрадисперсные алмазы, вводимые в шихту для синтеза КНБ, не только являются хорошими катализаторами, существенно снижающими параметры синтеза (с 1600 до 650–800 °С), но и являются цементирующей и пластифицирующей связкой между растущими кристаллами сверхтвердой матрицы [5], а введение нанотрубок не только снижает параметры синтеза КНБ, но и позволяет получать новые материалы, в которых зерна связаны прочными нановолокнами на расстояниях, значительно превосходящих размеры самого зерна [6].

ГО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению» и Белгосуниверситет на протяжении ряда лет совместно проводят исследования, направленные на совершенствование синтеза и диагностики качества широкого класса сверхтвердых материалов. Апробированы составы BN-Li₃N в качестве базовой реакционной шихты для выращивания кристаллов кубического нитрида бора различных фракций. Показано, что использование бора в реакционной шихте азотсодержащих систем приводит к упрочнению кристаллов кубического нитрида бора и позволяет

изготавливать инструмент с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Механохимическая активация шихты снижает энергию активации процесса образования кубического нитрида бора, что лежит в основе разработок ресурсосберегающих технологий получения данного сверхтвердого материала. Установленные пределы термической стабильности позволяют получать и эффективно использовать композиционные материалы в различных отраслях промышленности. Для установления корреляционной взаимосвязи между условиями синтеза или последующей обработки с уровнем структурного совершенства и примесно-дефектным составом нитридов бора и углеродсодержащих материалов различного аллотропного состава применялись различные спектроскопические и рентгено-структурные методы исследования. Совершенство структуры исходного материала существенно влияет на процессы фазовых превращений при высоких давлениях и температурах, во многом определяя степень и скорость фазового превращения и структуру образующейся плотной фазы. Например, в работе [7] показано, что в случае не полностью трехмерно-упорядоченной структуры более совершенные области претерпевают преобразование в вюртцитную, менее совершенные в кубическую модификацию нитрида бора, посредством мартенситного и диффузионного механизмов фазового перехода.

Отдельную проблему составляют исследования лазерного воздействия на синтезированные микрокристаллы кубического нитрида бора и синтетического алмаза с выявлением особенностей и закономерностей трансформации структуры и состава сверхтвердых материалов.

Использование уникальных свойств новых аллотропных модификаций углерода, наряду с преимуществами бинарной матрицы кубического нитрида бора позволит открыть новые сферы применения сверхтвердых материалов не только в обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, но и рассмотреть возможность формирования функциональных элементов микроэлектроники, работающих в агрессивных средах при длительном воздействии высоких температур и радиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прихна А. И. // Физ. и техн. высок. давлений. 1995. Т. 5. № 3. С. 24.
2. Tsuda Osamu, Yamada Yukiko, Fujii Tsuyoshi, Yoshida Toyonobu // J. Vac. Sci. and Technol. A. 1995. V. 13. № 6. P. 2843.
3. Yan Pengxun, Yang Si-ze. // Phys. status solidi A. 1995. V. 151. № 1. P. 191.
4. Mirkarimi P. B., Medlin D. L., McCarty K. F., Dibble D. C., Clift W. M., Knapp J. A., Barbour J. C. // J. Appl. Phys. 1997. V. 82. № 4. P. 1617.
5. Старченко И. М., Хлебцевич В. А. Патент РБ №U531 «Термостойкий инструмент из сверхтвердого материала», Приоритет от 10.07.2001 г.;
6. Старченко И. М., Жданок С. А., Буяков И. Ф. Заявка на патент U 20050377 «Армированный нанотрубками/нановолокнами термостойкий инструмент из сверхтвердого материала». Приоритет 23.06.2005.
7. Azarko I. Processes of cubic boron nitride crystallization in B-N-Mg-O system / I. Azarko, O. Ignatenko, E. Kozlova, V. Odzaev et al. // Przegląd Elektrotechniczny. 2008. V. R. 84. № 3. P. 162.