

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЭКЗОТИЧЕСКИХ НАНО- И МЕЗОАЛМАЗОВ ПЕНТАГОНАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ*

Ф.Н. Томили^{1,2}, В.А. Помогаев^{3,4}, Ю.А. Мельчакова³, П.В. Артюшенко²,
А.А. Шубин^{5,6,7}, А.М. Володин⁷, И.Л. Зильберберг^{5,6}, П.В. Аврамов⁴

¹ Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, г. Красноярск, Россия

² Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

⁴ Кёнбукский национальный университет, г. Тэгу, Республика Корея

⁵ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

⁶ Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

⁷ ФИЦ «Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН», г. Новосибирск, Россия

Представлен обзор исследований структур экзотических нано-, мезо- и микроалмазов додекаэдрической и икосаэдрической симметрии (*N/MDPS*). Уникальная сложная атомная и электронная структура *N/MDPS*, обусловленная высокой додекаэдрической или икосаэдрической симметрией, приводит к многообещающим транспортным и механическим свойствам, весьма перспективным для фотонных, квантовых и наномеханических приложений. Для объяснения природы алмазов были предложены теоретические модели, основанные на образовании двойниковых структур, состоящих из 5 и 20 симметрично эквивалентных тетраэдрических и призматических фрагментов границентрированной кубической решетки с образованием звездообразных и икосаэдрических кластеров. Было показано, что данные двойниковые нано- и мезоалмазы ограничены в размерах за счет накопления некомпенсированных структурных напряжений, возникающих из-за отклонения углов от идеального 72° между алмазными гранями $\langle 111 \rangle$ в тетраэдрических фрагментах границентрированной кубической решетки до 70.5° между пятью симметрично эквивалентными двойниковыми фрагментами.

Ключевые слова: додекаэдрическая симметрия, икосаэдрическая симметрия, двойниковые алмазы, мезочастицы.

Введение

В настоящее время структура кубических нано-, мезо- и микроалмазов монокристаллической морфологии [1] хорошо изучена экспериментальными и теоретическими методами [2, 3]. Тем не менее, наряду с кубическими алмазными кристаллами, в углеродной саже обнаруживаются и экзотические двойниковые нано- и мезочастицы с более сложными формами, а именно с икосаэдрической, пентагонально-бипирамидальной симметриями, звездообразные, с выпуклыми и вогнутыми вершинами. Рассматриваемые частицы, нано- и мезоалмазы пентагональной симметрии (*N/MDPS*) объединяет то, что все они обладают, как минимум, одной осью симметрии пятого порядка [4–7]. Изображения ряда таких структур, полученных методом электронной микроскопии, приведены на рис. 1 – 5. Чаще всего такие двойниковые мезоалмазы, которые обладают пентагональной симметрией с практически идеальными одинарными sp^3 -связями углерод-углерод, синтезируются методом CVD в углеродной плазме, содержащей смесь газов CH_4 и H_2 в соотношении 1/100 или 1/50 при давлении около 50 Торр и температуре $650^\circ C$ на $\{1,0,0\}$ или $\{1,1,1\}$ поверхностях монокристаллического кремния [1, 7].

В ряде публикаций [4–8], в которых обсуждался синтез и структура *N/MDPS*, образование нано- и мезокристаллов с пентагональной симметрией происходит за счет процессов двойниковогоания, которые происходят во время образования дефектов упаковки кристаллической структуры во время роста на $\{1,1,1\}$ поверхностях подложки (в основном – кристаллическом кремнии) с изменяющимися направлениями кристаллографических осей [5]. В частности, было показано [3, 9], что образование двух дефектов упаковки приводит к образованию нано- и мезокристаллов додекаэдрической симметрии, а формирование трех дефектов порождает рост икосаэдрических нано- и мезоалмазов.

Цель данной работы – анализ структур кубических нано-, мезо- и микроалмазов монокристаллической морфологии с высокой симметрией, исследованных различными экспериментальными и теоретическими методами.

* Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 0721-2020-0033).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>