

05;06;07

Поглощение света твердотельными фрактальными структурами карбида кремния

© И.В. Золотухин, С.А. Грибанов, А.А. Попов

Воронежский государственный технический университет

E-mail: kalinin@nsl.vstu.ac.ru

Поступило в Редакцию 12 июня 2000 г.

Изучалось поглощение света твердотельными фрактальными структурами карбида кремния, полученными в плазме электрического дугового разряда. Обнаружено, что в диапазоне длин волн 360–475 нм фрактальные структуры карбида кремния поглощают свет в 15–30 раз сильнее, чем монокристаллический карбид кремния.

Твердотельные фрактальные структуры, образующиеся в результате процессов самоорганизации нанокластеров в открытых диссипативных системах, являются новым типом вещества в конденсированном состоянии. Известно, что фрактальная структура вещества может быть получена при определенных физических условиях. К сожалению, условия образования фрактальных структур конкретных веществ и их физические свойства изучены слабо и не могут быть описаны существующими теоретическими представлениями. Недавно был осуществлен синтез фрактальных структур углерода [1] путем распыления графита в плазме электрической дуги, и появилась надежда получать таким же способом фрактальные структуры других веществ.

Немногочисленные экспериментальные данные говорят о том, что фрактальные структуры обладают уникальными физическими свойствами. Так, фрактальные структуры некоторых пористых материалов имеют очень развитую внутреннюю поверхность ($500 \text{ m}^2/\text{g}$ и более). В пористых диэлектриках с фрактальной структурой при их бомбардировке электронами возникает вторичный эмиссионный ток, превышающий на три порядка ток первичных электронов [2].

Для получения фрактальной структуры карбида кремния SiC мы воспользовались распылением механической смеси кремния и графита

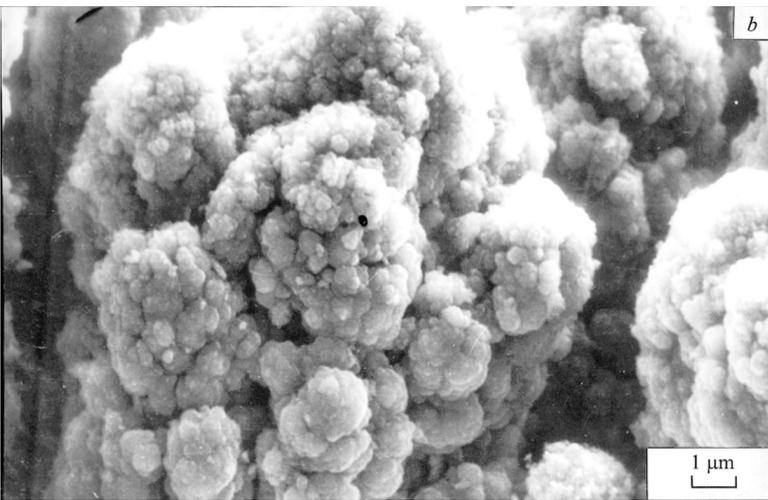
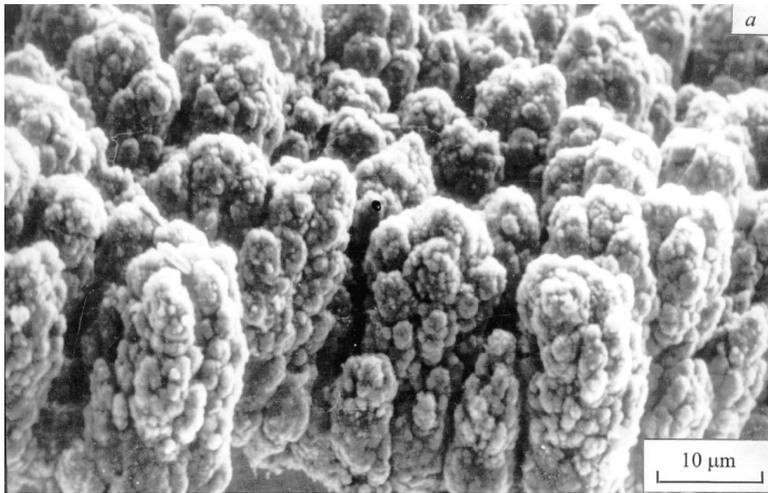


Рис. 1. Поверхностная столбчатая (*a*) и шаровидная (*b*) структура депозита карбида кремния SiC.

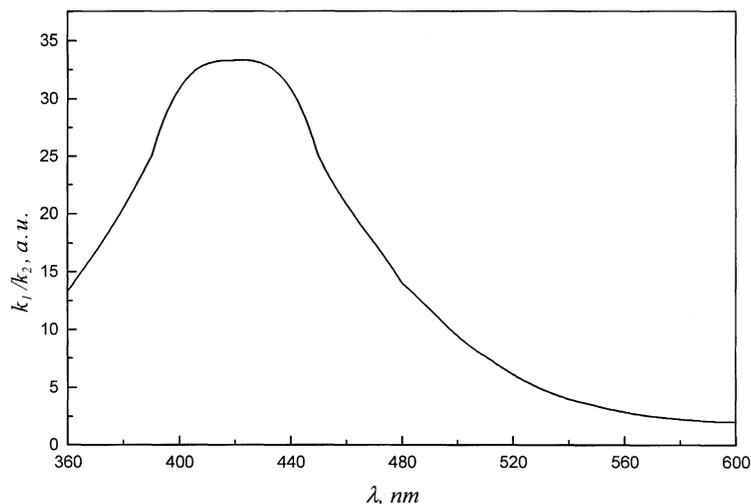


Рис. 2. Изменение отношения k_1/k_2 в диапазоне длин волн 360–600 nm.

та в плазме электрического дугового разряда при плотностях тока 1000–1200 А/см² и напряжениях 15–25 В. Твердотельные фрактальные структуры SiC были получены в виде кольцеобразного осадка (депозита) на графитовом катоде-подложке. Рентгеновский анализ показал, что депозит SiC имеет мелкодисперсную структуру. Поверхностная структура депозита изучалась с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ-300. Поверхность депозита (рис. 1, *a*) имеет вид столбчатых образований диаметром порядка 5–20 μm . Они сформированы из шаровидных глобул со средним размером 0.8–3.0 μm (рис. 1, *b*), состоящих, в свою очередь, из образований подобной же формы, но размером 0.30–0.45 μm , которые сами состоят из сферических кластеров размером 0.03–0.05 μm . Анализ структуры депозитов с помощью сканирующего туннельного микроскопа показал, что последние состоят из округлых и продолговатых кластеров размером 1–5 nm. Таким образом проявляется масштабная и структурная иерархия, что является характерным признаком фрактальных структур. Полученные депозиты представляют собой весьма пористые структуры с сильно развитой внутренней поверхностью (их плотность составляет 50–60% плотности массивных аналогов).

Поглощение света фрактальной и монокристаллической поверхностью SiC изучалось с помощью прибора СДЛ-2 в диапазоне длин волн 360–600 nm. На рис. 2 представлена кривая зависимости отношения коэффициентов поглощения фрактального (k_1) и монокристаллического (k_2) SiC от длины волны падающего излучения. Видно, что на участке длин волн 360–475 nm, т. е. при энергиях фотонов больше ширины запрещенной зоны карбида кремния, фрактальные структуры SiC поглощают электромагнитные волны в 15–30 раз сильнее, чем монокристаллический SiC. В интервале 475–550 nm наблюдается плавное уменьшение поглощения света фрактальными структурами SiC, которое при длинах волн 550–600 nm всего лишь в 2–3 раза больше, чем поглощение света монокристаллическим SiC.

Полученные экспериментальные результаты сопоставимы с имеющимися представлениями по поглощению света на фрактальных агрегатах, образованных из металлических кластеров [3]. При беспорядочном распределении фрактальных агрегатов и независимом взаимодействии каждого из них с электромагнитными волнами коэффициент поглощения фрактальной структуры определялся из выражения

$$k = k_0(R/r)^{3-D}. \quad (1)$$

Здесь k_0 — коэффициент поглощения кластера SiC радиусом r , R — радиус фрактального агрегата, D — фрактальная размерность.

Поверхностная фрактальная размерность наших структур оказалась равной 1.73 ± 0.05 . Соотношение $R/r \approx 10$. Из выражения (1) получаем: k больше k_0 в 18–19 раз, что по порядку величины совпадает с нашими экспериментальными данными.

Таким образом, фрактальная структура SiC является нелинейной оптической средой и может служить в качестве поглотителя в световом диапазоне длин волн.

Список литературы

- [1] Золотухин И.В., Соколов Ю.В. // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23. В. 13. С. 71–74.
- [2] Лорикян М.П. // УФН. 1995. Т. 165. № 11. С. 1323–1333.
- [3] Смирнов Б.М. // УФН. 1997. Т. 167. № 11. С. 1169–1200.