

ФТТ-2009

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ
Международной научной конференции
20-23 октября 2009 г., Минск**

Том 3

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ, ТОПОГРАФИЯ И СМАЧИВАЕМОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ГРАФИТА И КРЕМНИЯ, ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ КСЕНОНА

Туровец А.И., Михалкович О.М., Ташлыков И.С.

Белорусский государственный педагогический университет,
220050, г. Минск, Советская 18, 226-48-06, tashl@unibel.by

В данной работе исследуется влияние бомбардировки ионов Xe^+ (энергия $E_{\text{Xe}} = 20$ кэВ) на структуру, элементный состав, топографию и смачиваемость поверхности графита и кремния.

Моделирование экспериментальных спектров РОР с помощью компьютерной программы RUMP выявило наличие в структуре графита примесей кислорода с концентрацией ~ 5 ат.%, кремния ~ 1 ат.%, кальция ~ 0.1 ат.%, и вольфрама ~ 0.02 ат.%. Отметим, значительное содержание водорода (20 – 30 ат.%) в графите. Это может быть следствием растворимости в нем водорода [1].

Таблица – Характеристики образцов исходного графита и имплантированного ионами Xe^+ с различными интегральными потоками

Интегральный поток F , Xe/cm^2	0	$1 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{15}$
Содержание Xe на глубине ~ 20 нм, ат.%	0	0,11	0,12	0,13	0,43
Содержание Xe на глубине ~ 500 нм, ат.%	0	0,030	0,020	0,010	0,005
Полная площадь поверхности сканированного фрагмента, μm^2	434,9	426,5	432,0	430,3	419,5
R_a , нм	226,2	309,7	294,7	257,2	233,5
РКУС, °	70,6	116,2	123,9	119,9	93,2

С помощью программы SRIM 2008 были рассчитаны проективные пробеги ионов Xe^+ в графите и кремнии при ассистирующей энергии 20 кэВ. Они составляет 20 нм и 16,5 нм соответственно. Ионы Xe^+ на данной глубине наблюдается в максимальной концентрации, как в графите, так и в кремнии.

Ксенон в кремнии практически нерастворим и с ростом дозы ионов Xe^+ , наблюдается увеличение его концентрации на глубине, соответствующей проективному пробегу (рис. 1.).

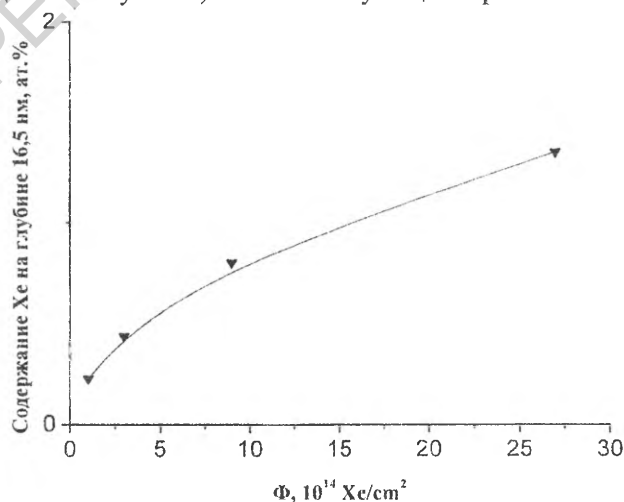


Рисунок 1 – Зависимость содержания ксенона на глубине 16,5 нм в кремнии от интегрального потока ионов Xe^+ .

Однако в отличие от кремния, ксенон в графите растворяется и обнаруживается на глубине ~ 500 нм, что свидетельствует о радиационно-стимулированной диффузии (см. таблицу).

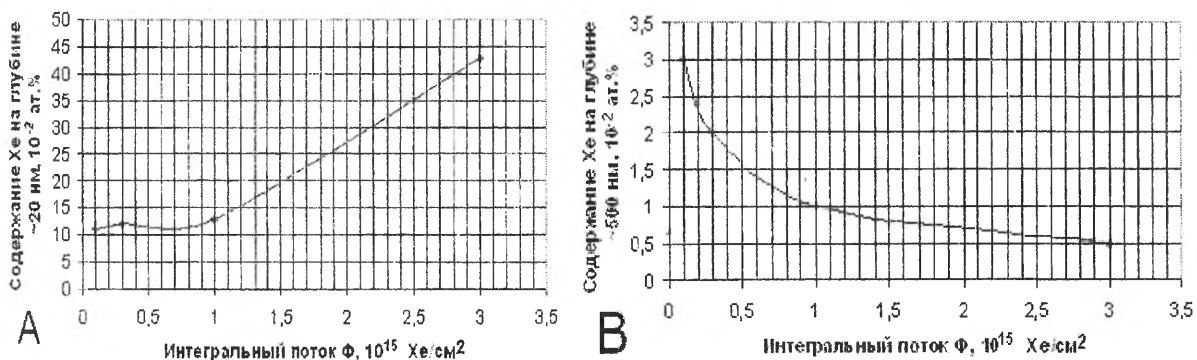


Рисунок 2 – Зависимость максимальной концентрации ксенона (А) и концентрации ксенона на глубине ~ 500 нм в графите (В) от интегрального потока

Необходимо отметить, что элементный состав поверхности всех образцов практически неизменен. Зависимость максимальной концентрации ксенона в графите от интегрального потока приведена на рисунке 2. Содержание ксенона на данной глубине практически неизменно при $\Phi = 1 \cdot 10^{14} - 1 \cdot 10^{15}$ Xe/cm². При дальнейшем увеличении интегрального потока в 3 раза содержание ксенона увеличивается в 4 раза. В то же время содержание ксенона на глубине ~ 500 нм уменьшается с интегральным потоком (рис. 2). По-видимому, наблюдаемый факт обусловлен перераспределением ксенона в структуре графита по мере его накопления.

Топография поверхности исходного графита и имплантированного ионами Xe⁺ с различными интегральными потоками изображена на рис. 3, её характеристики даны в таблице.

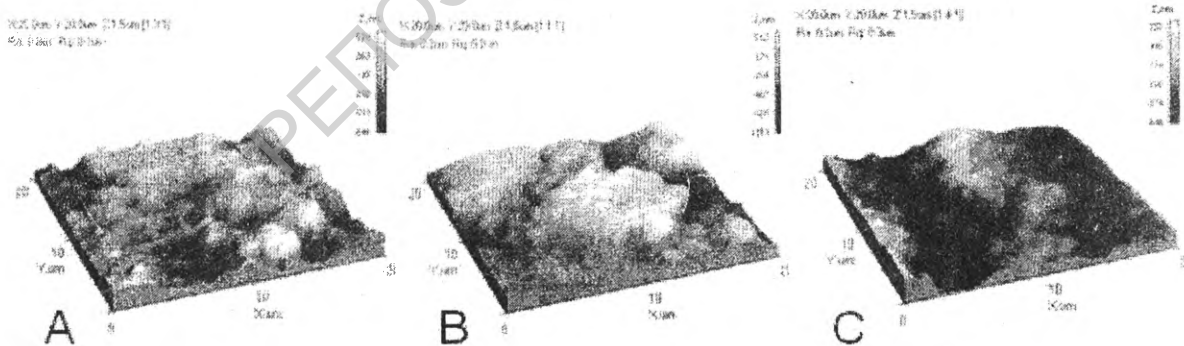


Рисунок 3 – 3-х мерное изображение топографии поверхности: исходного графита (А); графита имплантированного ионами Xe⁺ с интегральным потоком $1 \cdot 10^{14}$ Xe/cm² (В); графита имплантированного ионами Xe⁺ с интегральным потоком $3 \cdot 10^{15}$ Xe/cm² (С)

В приведенных снимках величина проективной площади поверхности сканированного фрагмента постоянна и составляет 401,2 мкм². Величина полной площади поверхности сканированного фрагмента зависит от интегрального потока. Это можно объяснить распылением поверхности графита. Во время облучения исходного графита ионами Xe⁺ с

интегральным потоком $1 \cdot 10^{14}$ Хе/см² происходит процесс распыления естественных неоднородностей, в результате чего поверхность выравнивается. При больших дозах процесс распыления идет более активно. Что, по-видимому, можно объяснить не только большим числом падающих ионов Хе⁺, но и преимущественным накоплением их в приповерхностном слое графита. Большое число точечных дефектов (атом примеси внедрения) ведет к разрыву связей между графитовыми плоскостями и распылению поверхности [2].

Измерено, что средняя шероховатость площадок исходного графита составляет 226,2 нм. После имплантации графита ионами Хе⁺ шероховатость поверхности увеличивается. Его изменение максимально (на 37 %) при интегральном потоке $1 \cdot 10^{14}$ Хе/см² и при увеличении интегрального потока снижается.

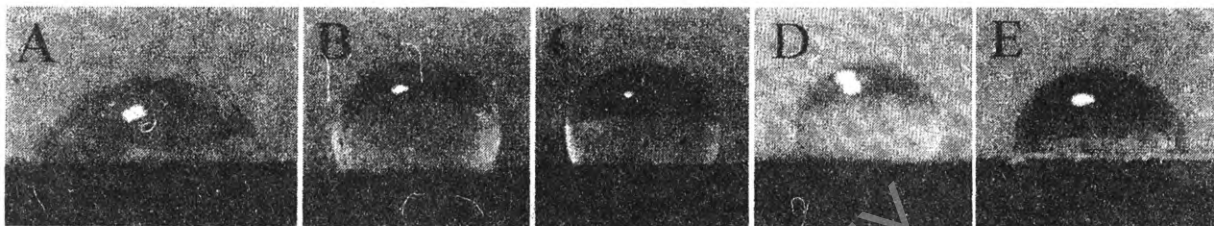


Рисунок 4 – Фотографии капель воды на поверхности образцов исходного графита (А) и имплантированного ионами Хе⁺ с различными интегральными потоками: $1 \cdot 10^{14}$ (В); $3 \cdot 10^{14}$ (С); $1 \cdot 10^{15}$ (D); $3 \cdot 10^{15}$ (Е) Хе/см².

Изменение величины РКУС от величины интегрального потока имеет схожую зависимость с изменением величины шероховатости (таблица). Что, с учетом неизменности элементного состава поверхности, дает возможность сделать вывод о том, что изменение РКУС обусловлено в основном изменением шероховатости поверхности [3].

Литература:

1. Взаимодействие водорода с графитом: Автореф. дис. к.ф.-м.н. / Е.А. Денисов. – С.П.: СПбГУ, 1999. – 6 - 10 с.
2. Е.А. Лигачева, М.Б. Иванов, Н.В. Гаврилов, Д.Р. Емлин, С.Я. Бецофен, А.Е. Лигачев, В.В. Сохорева. Порошковая металлургия и функциональны покрытия **5**, 42 (2008).
3. И.С. Ташлыков, С. М. Барайшук. Порошковая металлургия и функциональны покрытия **1**, 30 (2008).