

06.2;12

©1993

ДАТЧИК ФЛЮЕНСА НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА

*Ю.А.Быковский, К.Н.Зайцев,
П.Д.Кервалишвили, И.Н.Николаев,
А.А.Портнов, С.О.Шаламберидзе*

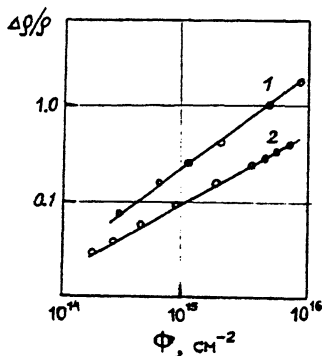
Карбид бора (B_4C) благодаря своим уникальным физическим свойствам является перспективным материалом для многих технических применений. В частности, напрашивается идея создания датчика флюенса нейтронных потоков, принцип действия которого состоит в изменении электросопротивления образца B_4C за счет примесных атомов лития, образующихся в результате ядерной реакции ($^{10}B(p, \alpha)^7Li$).

Влиянию нейтронного облучения на свойства B_4C посвящено много исследований [1,2], однако в них в основном изучались механические и структурные свойства. Данных о влиянии нейтронного облучения на электрические свойства B_4C практически нет. В настоящей работе предпринята попытка восполнить этот пробел. С точки зрения создания датчика флюенса нейтронов особый интерес представляет B_4C в виде тонких пленок.

Нами были приготовлены пленки B_4C методом лазерного напыления [3], при этом для увеличения сечения ядерной реакции $^{10}B(p, \alpha)^7Li$ использовался бор, обогащенный изотопом ^{10}B до 90%. Пленки B_4C осаждались на сапфировые подложки. В зависимости от условий осаждения пленки имели аморфную, поликристаллическую или ориентированную структуру. Толщина пленок составляла около 0.3 мкм. Для измерения электросопротивления пленок в процессе облучения на них предварительно наносились контакты из никеля.

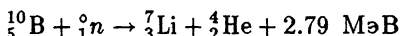
Облучение пленок проводилось в вертикальных каналах реактора ИРТ Московского инженерно-физического института. В первой серии экспериментов пленки B_4C облучались потоком тепловых нейтронов в сухом канале реактора. Плотность потока тепловых нейтронов составляла $2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, при этом фон быстрых нейтронов составлял $10^9 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Во второй серии экспериментов пленки B_4C при облучении помещались в кадмиевые ампулы для защиты от тепловых нейтронов, при этом плотность потока быстрых нейтронов составляла $5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Во время облучения температура образцов не превышала 100° C .

На рисунке представлены зависимости изменения относительно удельного электросопротивления, $\Delta\rho/\rho$, ориентированных пленок B_4C от флюенса быстрых (кривая 1) и тепловых (кривая 2) нейтронов. Как видно из рисунка, в интервале достигнутых флюенсов $10^{14} - 10^{16} \text{ см}^{-2}$ эта зависимость линейная, причем влияние облучения на $\Delta\rho/\rho$ для быстрых нейтронов значительно больше, чем для тепловых.



Зависимость изменения относительного электросопротивления ($\Delta\rho/\rho$) от флюенса при облучении ориентированных пленок карбида бора быстрыми (1) и тепловыми (2) нейтронами.

Проведем численные оценки для качественного объяснения наблюдаемых эффектов. При облучении тепловыми нейтронами за счет реакции



протекают три процесса: 1) образование примесных атомов лития в полупроводнике B_4C , 2) образование дефектов в кристаллической решетке B_4C за счет внутренней бомбардировки атомов α -частицами с энергией 2.79 МэВ, 3) образование дефектов за счет остаточного фона быстрых нейтронов. Используя формулы, приведенные в [4], с учетом геометрических параметров облученных пленок были получены следующие оценки: число образовавшихся атомов Li, $N_1 = 4 \cdot 10^{12}$; число дефектов (смещенных атомов) за счет бомбардировки α -частицами, $N_2 = 5 \cdot 10^{11}$; число дефектов от фона быстрых нейтронов, $N_3 = 7 \cdot 10^{10}$. Поскольку атомы Li в B_4C являются донорными примесями с малой энергией ионизации, то их появление должно уменьшать электросопротивление пленки. В свою очередь возникновение радиационных дефектов в пленке должно увеличивать электросопротивление пленки. Поскольку в эксперименте $\Delta\rho/\rho$ возрастает с ростом флюенса, то основной эффект связан, по-видимому, с появлением дефектов.

При облучении быстрыми нейтронами, согласно [4], число радиационных дефектов в наших образцах составляет $N_4 = 4 \cdot 10^{12}$, а число образовавшихся атомов Li составляет $N_5 = 7 \cdot 10^7$. Так как $N_4 \gg N_5$, то влиянием донорных примесей вообще можно пренебречь. Тогда увеличение электросопротивления в данном случае можно качественно объяснить появлением дефектов в кристаллической решетке B_4C . Таким образом, наблюдаемое увеличение электросопротивления в обоих случаях можно качественно объяснить появлением дефектов в кристаллической решетке B_4C (как при облучении тепловыми, так и при облучении быстрыми нейтронами).

Расчет количественной связи между числом дефектов и величиной $\Delta\rho/\rho$ в настоящий момент является весьма трудной задачей,

для решения которой необходимо предварительно установить тип дефектов и характер рассеяния носителей тока на этих дефектах. Другими словами, вычислить величину $\Delta\rho/\rho$ по данным проведенных нами опытов не представляется возможным. Тем не менее обнаруженную линейную зависимость $\Delta\rho/\rho$ от флюенса нейтронного потока можно уже сейчас использовать для создания тонкопленочного датчика флюенса нейтронов. Поскольку наблюдаемые изменения $\Delta\rho/\rho$ достаточно велики (и надежно измеримы), то на основе такого датчика можно создать весьма простой прибор для измерений интенсивности нейтронных потоков в широком интервале флюенса.

Авторы выражают благодарность А.В.Бобровскому за участие в проведении экспериментов и Н.Н.Дегтяренко за обсуждение результатов.

Список литературы

- [1] *Jostons A., Dubose C.K.* // J. Nuclear Materials. 1972. V. 44. P. 91-95.
- [2] *Pitner A.L.* // Trans ANS. 1971. N 14. P. 46-48;
- [3] *Kervalishvili P.D., Bykovski Y.A., Nikolaev I.N., Shalamberidze S.O.* Techn. digest 3rd International symposium on trend and new application in thin films. Strasburg, France, 1991. P. 272.
- [4] *Семенитин А.Н.* Образование радиационных дефектов в твердых телах. М.: МИФИ, 1987. 64 с.

Московский
инженерно-физический
институт

Поступило в Редакцию
20 июня 1993 г.

