

## ПЕРВАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ НА РЕАКТОРЕ ВВР-М

**Р.Ф. Коноплёва, С.Р. Новиков**



Авторы первой экспериментальной работы на реакторе ВВР-М **С.Р. Новиков** и **Р.Ф. Коноплёва**, а также проф. **Van Lint V.A.J.** (США) и руководитель реактора ВВР-М **К.А. Коноплёв** (слева направо)

После физического пуска реактора ВВР-М в конце декабря 1959 года в июле 1960 года реактор был подготовлен к выходу на номинальную мощность 10 МВт. Мощность поднималась постепенно, ступенчато, с промежуточными остановками. Сотрудникам Лаборатории «неравновесных электронных процессов в полупроводниках» ФТИ им. А.Ф. Иоффе было предложено провести измерения распределения потока быстрых нейтронов в каналах реактора с помощью полупроводниковых датчиков.

Впервые был использован довольно простой метод, основанный на изменении электропроводности полупроводников при облучении быстрыми нейтронами.

Обычно для относительного измерения потока быстрых нейтронов используется так называемый метод «пороговых индикаторов» с применением фольг из серы, фосфора и алюминия [1, 2], энергетические пороги которых лежат в пределах от 1,5 до 6 МэВ. Наряду с этим может быть использован метод, основанный на изменении электропроводности полупроводников при бомбардировке быстрыми нейтронами.

Как известно, при облучении полупроводников быстрыми нейтронами в них возникают дефекты кристаллической решетки, концентрация которых пропорциональна флюенсу нейтронов. Появление дефектов приводит к изменению концентрации носителей тока, т. е. к изменению электропроводности. Дефекты кристаллической решетки возникают при облучении полупроводников быстрыми нейтронами, энергия которых больше некоторой критической. Величина критической энергии зависит от конкретной кристаллической структуры полупроводника. Для германия, например,  $E_k = 300$  эВ. Дефекты могут создаваться и  $\gamma$ -квантом, однако число дефектов, образованных одним  $\gamma$ -квантом

( $N_\gamma = 1,8 \cdot 10^4$ ) [3], значительно меньше, чем число дефектов, образованных быстрыми нейтронами ( $N_n = 1,6$ ) [4]. Так как в описываемом эксперименте поток  $\gamma$ -квантов (приведенный к 1 МэВ) был одного порядка с потоком быстрых нейтронов, долей дефектов, созданных  $\gamma$ -квантами, можно пренебречь. При этом скорость изменения электропроводности пропорциональна плотности потока быстрых нейтронов, что и было использовано нами для измерения относительного распределения потока быстрых нейтронов в каналах реактора ВВР-М.

Зависимость электропроводности электронного германия от флюенса быстрых нейтронов представлена на рис. 1 [5]. Как видно из рисунка, вначале электропроводность линейно меняется с потоком. Величина флюенса, до которой изменение электропроводности остается линейным, определяется начальным сопротивлением образца и может достигать  $10^{18}$  н/см<sup>2</sup>. При этом скорость изменения электропроводности пропорциональна интенсивности потока быстрых нейтронов.

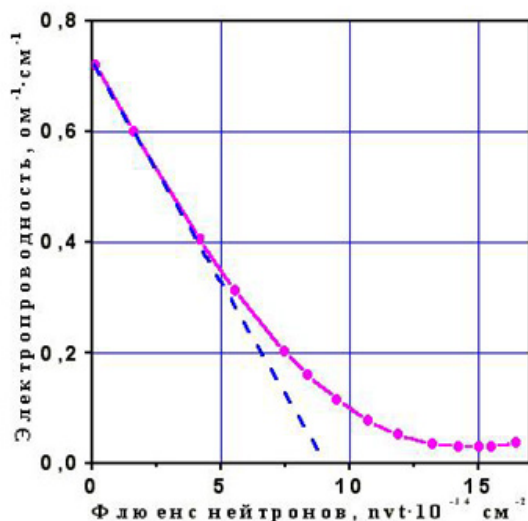


Рис. 1. Зависимость электропроводности электронного германия от флюенса быстрых нейтронов

В качестве датчиков нейтронного потока использовались образцы германия n-типа с удельным сопротивлением 1 ом·см размерами  $10 \times 1 \times 1$  мм.

Образцы, помещенные в кадмиевые чехлы толщиной 0,5 мм, располагались в вертикальном канале отражателя по высоте активной зоны на равном расстоянии друг от друга.

В нашей работе измерения проводились в каналах, где отношение потока тепловых нейтронов к быстрым не превышало 10, и кадмиевый экран толщиной 0,5 мм был достаточен для того, чтобы снизить вклад тепловых нейтронов в изменение электропроводности до величины порядка 10%.

Электропроводность образцов измерялась в процессе облучения по изменению силы тока при постоянном напряжении, приложенном к образцу.

На рис. 2 приведено относительное распределение потока быстрых нейтронов в одном из вертикальных каналов отражателя.

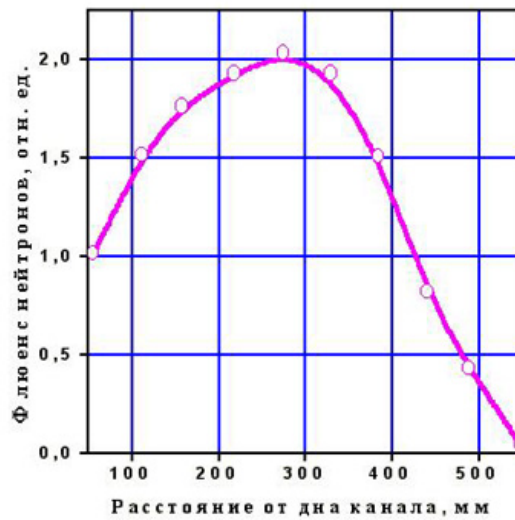


Рис. 2. Относительное распределение флюенса быстрых нейтронов в вертикальном канале отражателя

На рис. 3 дано относительное распределение потока быстрых нейтронов во всех экспериментальных каналах на уровне центра активной зоны.

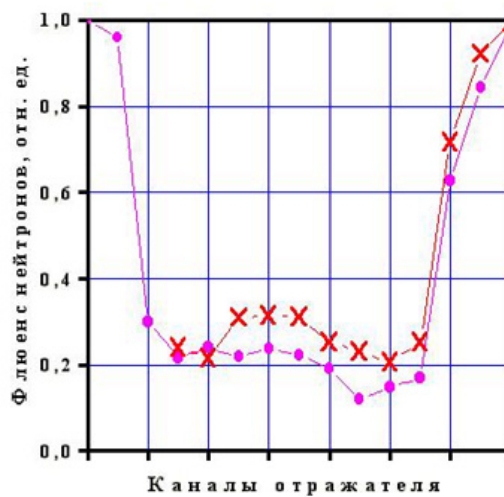


Рис. 3. Относительное распределение флюенса быстрых нейтронов в экспериментальных каналах реактора на уровне центра активной зоны:

- × — измерение по активации золотых фольг;
- — измерение по электропроводности германия

Данное распределение получено для выкладки активной зоны реактора, схематически изображенной на рис. 4. Для сравнения на рис. 3 приведена кривая относительного распределения флюенса резонансных нейтронов, снятых по активации золотых фольг.

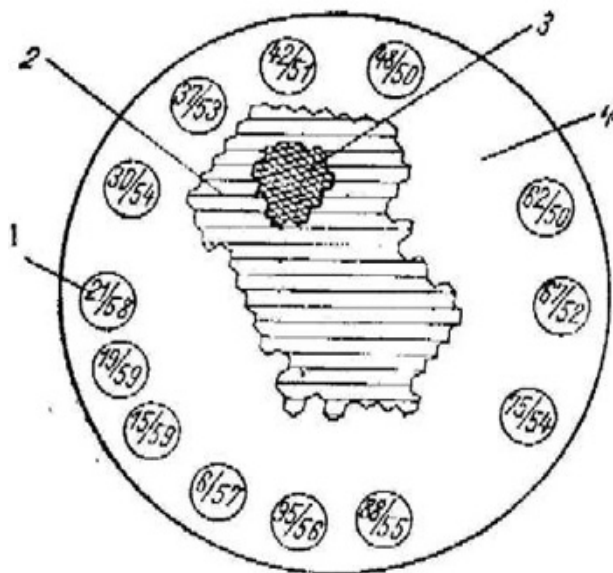


Рис. 4. Схема расположения каналов:  
1 – вертикальный канал; 2 – активная зона;  
3 – водная полость; 4 – бериллиевый отражатель

Таким образом, данный метод позволил достаточно просто измерять относительное распределение потока быстрых нейтронов с энергией выше 300 эВ.

Эта первая экспериментальная работа, выполненная на реакторе ВВР-М в июле 1960 г., была опубликована в декабрьском журнале «Атомная энергия» в 1961 году [6].

## Литература

1. Е. Александрович, М. Бартенбах. Атомная энергия **8**, вып. 5, 1960, с. 451.
2. В.А. Дулин, В.П. Машкович и др. Атомная энергия **9**, вып. 4, 1960, с. 318.
3. Н.А. Витовский, Т.В. Машовец, С.М. Рывкин. Физика твердого тела **1(9)**, 1959, с. 1381.
4. I.W. Cleland, J.N. Crawford, J.C. Pigg. Phys. Rev. **98(6)**, 1955, с. 1742.
5. К. Ларк-Горовиц. Успехи физ. наук **50(1)**, 1953, с. 51.
6. Р.Ф. Коноплева, С.Р. Новиков. Атомная энергия **11**, вып. 6, 1961, с. 546.