

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ СПЛАВОВ НА РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕГИРУЮЩЕЙ ПРИМЕСИ ПРИ НЕЙТРОННО-ТРАНСМУТАЦИОННОМ ЛЕГИРОВАНИИ КРЕМНИЯ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ РЕАКТОРА ИРТ-Т

Смольников Н.В., Лебедев И.И., Аникин М.Н.

Научный руководитель: Наймушин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: nvs38@tpu.ru

В настоящее время существует три основных способов легирования кремния для производства полупроводниковых приборов: ионная имплантация, термодиффузия и нейтронно-трансмутационное. Ионная имплантация позволяет вводить практически любую примесь и контролировать ее концентрацию и профиль распределения. Однако, в процессе легирования могут возникать точечные дефекты структуры. Термодиффузионное легирование, в свою очередь, осуществляется за счет процесса диффузии легирующего компонента при высокой температуре (1100-1300 °С) в течение длительного времени, что приводит к генерации значительного количества дефектов. Нейтронно-трансмутационное легирование (НТЛ) в отличие от вышеприведенных способов позволяет получать слитки с высокооднородным распределением легирующей примеси во всем объеме. На реакторе ИРТ-Т осуществляется нейтронно-трансмутационное легирование кремния в горизонтальном экспериментальном канале диаметром 150 мм со средней плотностью потока тепловых нейтронов $4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. При этом концентрация введенной примеси определяется формулой 1 [1].

$$N = \left(\frac{\sqrt{\pi}}{2}\right) \cdot \varphi \cdot t \cdot \sum_{i=1}^n N_i \cdot \sigma_o^i \quad (1)$$

Здесь N_i — концентрация изотопа, участвующего в ядерной трансмутации, $\text{яд} \cdot \text{см}^{-3}$; σ_o^i — соответствующее для него сечение поглощения теплового нейтрона, см^{-2} ; φ — плотность потока нейтронов, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, t — время облучения, с; $\sqrt{\pi}/2$ — получается из усреднения по спектру Максвелла нейтронного потока.

К 2020 году на реакторе ИРТ-Т планируется размещение вертикального экспериментального канала в графитовой призме со средней плотностью потока тепловых нейтронов $1,4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ для легирования слитков кремния большого диаметра (до 204 мм). Помимо использования канала для слитков большого диаметра планируется легирование в канале нескольких слитков меньшего диаметра, способ размещения которых приведен на рисунке 1.

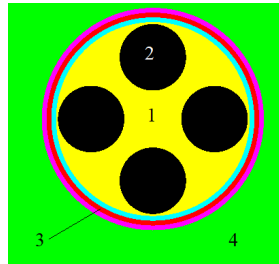


Рисунок 1 – Размещение слитков кремния диаметром 65 мм в ВЭКе реактора ИРТ-Т:

1–вода; 2–кремний; 3–алюминиевая оболочка; 4– графит;

В связи с тем, что вода поглощает большое количество тепловых нейтронов, что приведет к неравномерному легированию слитков, поэтому планируется рассмотрение варианта с заменой воды на высокопроводящие металлы или их сплавы для увеличения числа тепловых нейтронов. Для проведения исследования, в качестве металлов, обладающих высокой теплопроводностью, были выбраны медь, алюминий, и их сплавы, содержащие не менее 80% основного металла.

Исследование проводилось с использованием программы MCU, в которой была создана модель активной зоны реактора со всеми экспериментальными каналами, полностью соответствующая текущей активной зоне реактора ИРТ-Т. В модели реактора производился нейтронно-физический расчет с заменой воды на материалы, указанные выше, после чего осуществлялось сравнение полученных результатов и определение наиболее подходящего материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meese J.M. (Ed.) Neutron Transmutation Doping in Semiconductors. New York: Plenum, 1979. (Пер.: Нейтронное трансмутационное легирование полупроводников. М.: Мир, 1982. С. 264).