

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ИРТ-Т ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ
СЛИТКОВ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА**

С.К. Дмитриев, Д.Е. Золотых, И.И. Лебедев

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: skd1@tpu.ru

**OPTIMIZATION OF CONFIGURATION OF THE IRT-T REACTOR CORE FOR IRRADIATION OF
THE LARGE DIAMETER MONOCRYSTALLINE SILICON**

S.K. Dmitriev, D.E. Zolotykh, I.I. Lebedev

Scientific Supervisor: PhD, A.G. Naymushin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: skd1@tpu.ru

***Abstract.** Among all the existing methods of impurity implantation, the highest homogeneity of the electrophysical parameters of silicon is achieved using the technology of neutron transmutation doping (NTD). Therefore, silicon, doped by this technology, is widely used in the world practice to create devices with a minimum scatter of specific electrical resistance: thyristors, charge-coupled devices, radiation detectors, photodetectors. Interest to NTD is due to its two main advantages over conventional metallurgical methods of introducing impurities. This, first, high doping accuracy, since the concentration of impurities introduced at a constant neutron flux is proportional to the time of irradiation, which can be controlled with great accuracy. Secondly, this is a high homogeneity of impurity distribution, which is determined by the random distribution of isotopes and neutron capture cross sections. The creation of technology of NTD of silicon with given properties is a complex problem. To solve it, it is necessary to fulfill the following conditions: to ensure high homogeneity of neutron fluence and optimize the neutron-physical parameters of the irradiation zone to obtain a thermalized neutron spectrum.*

Введение. Исследовательские ядерные реакторы, как инструмент для радиационной обработки материалов, обладают большим потенциалом. Как правило, исследовательские ядерные реакторы характеризуются небольшими размерами активной зоны и большим градиентом величины плотности потока нейтронов. Поэтому для них актуальной является задача определения условий равномерного облучения образцов больших размеров с малой пространственной неоднородностью. Её решение особенно важно для реализации технологий нейтронного трансмутационного легирования слитков кремния. Одним из немногих объектов в РФ, реализующих нейтронное трансмутационное легирование кремния, является исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. На сегодняшний день технология НТЛ на ИРТ-Т освоена на высоком уровне. Процесс облучения слитков кремния организован в экспериментальных каналах, позволяющих облучать образцы размером до 125 мм и достигать объемной неравномерности легирования до 3%. Таким образом, целью настоящей работы является проектирование

и создание нового экспериментального канала, который бы позволил применить технологию НТЛ для образцов кремния до 200 мм без потери предъявляемых к ним требований.

Математическая модель проектируемого канала. Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т является типовым реактором, работающим в составе Национального исследовательского Томского политехнического. Активная зона реактора расположена в бассейне под водой на глубине 6,5 м, которая состоит из ТВС, окруженных бериллиевым отражателем. В центре активной зоны установлены блоки ловушки нейтронов, в которых имеются каналы для размещения экспериментальных устройств диаметром до 40 мм. На рисунке 1 указано расположение экспериментальных каналов в реакторе ИРТ-Т.

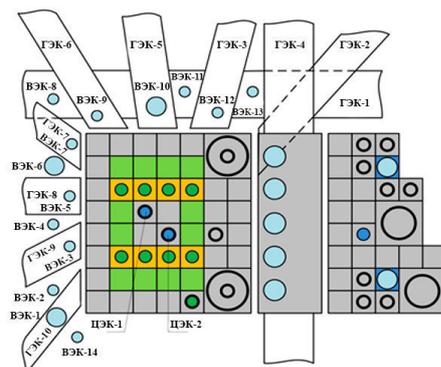


Рис. 1 – Расположение экспериментальных каналов в реакторе ИРТ-Т

После анализа геометрии активной зоны реактора ИРТ-Т принято решение, используя программное средство MCU-PTR, построить в полномасштабной модели реактора [1] новый облучательный объем. Для проведения исходных расчётов построена графитовая призма и все необходимые металлоконструкции для её установки. С учетом предъявляемых требований к размерам кремниевых слитков, были выбраны следующие размеры графитовой призмы: 500x500x680 мм. с зазором 5 мм между активной зоной и призмой [2].

Результаты расчёта. Как правило, управление ядерным реактором в стационарном режиме осуществляет органом автоматического регулирования, который находится ближе всех органов регулирования к новому облучательному объёму. Именно поэтому, было принято решение оценить влияние АР на нейтронное поле в области призмы. На ближайшей к активной зоне грани призмы был сформирован ряд регистрационных зон. Для решения поставленной задачи были произведены расчёты отдельных состояний ядерного реактора при движении АР с интервалом 5 см и свежей загрузкой активной зоны, при этом органы регулирования АЗ и КС-3-*j* были на ВКВ, а органы регулирования КС-1-*j*, КС-2-*j* на высоте 30 см. Результаты расчёта представлены на рисунке 2.

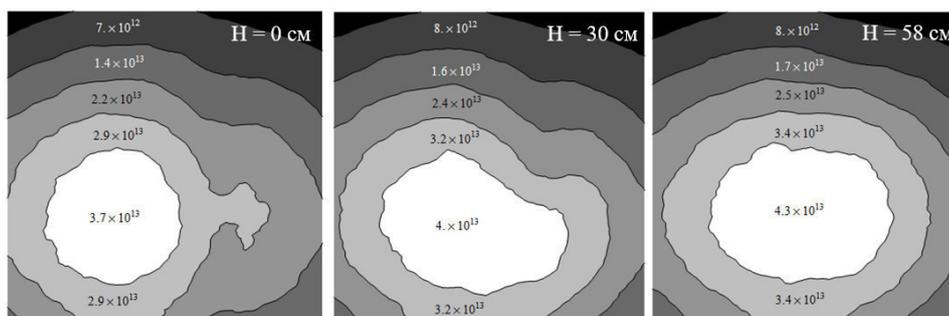


Рис. 2 – Зависимость формы нейтронного поля на поверхности призмы от глубины погружения АР

Проведя анализ зависимости формы нейтронного поля при движении АР и ряд оптимизационных расчётов, принято решение модернизировать модель, добавив экспериментальный канал в область графитовой призмы. С учётом необходимых конструктивных элементов радиус цилиндрического отверстия составляет 117 мм и радиус кремниевого образца 102 мм. Схема расчётной модели представлена на рисунке 3.

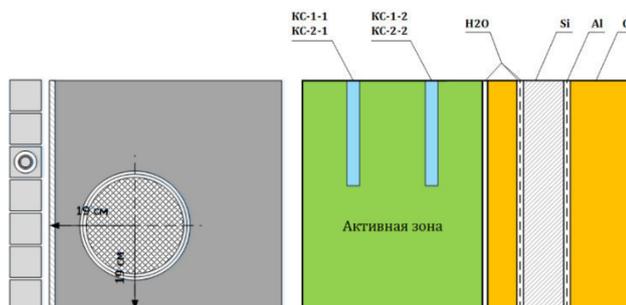


Рис.3 – Схема модели с новым экспериментальным каналом

Результаты расчета влияния создания экспериментального канала и установки кремниевого образца приведены на рисунке 4.

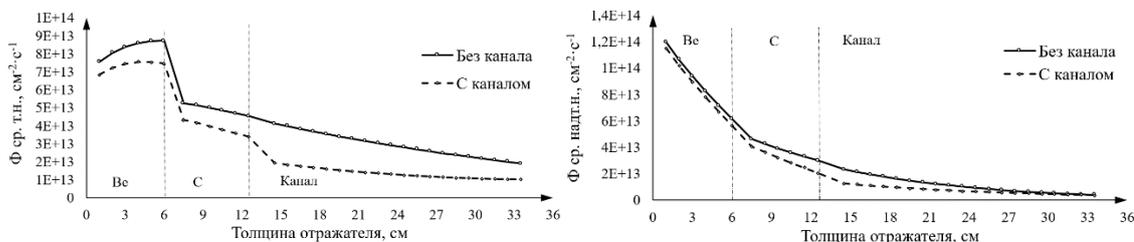


Рис.4 – Профиль распределения надтепловых и тепловых нейтронов в призме

Из полученных результатов видно, что появление канала с образцом кремния в расчётной модели оказывает существенное влияние на распределение нейтронного поля из-за различных замедляющих свойств среды.

Заключение. Во время выполнения работы предложена модель нового экспериментального облучательного объема на реакторе ИРТ-Т, который позволит производить нейтронно-трансмутационное легирование слитков кремния диаметром до 200 мм с высокой точностью легирования. Расширена полномасштабная модель реактора ИРТ-Т в программе MCU-PTR. Произведена оценка влияния органов регулирования на формирование нейтронного поля в области нового облучательного объема. И с учетом этого, было предложено местоположение экспериментального канала в области призмы. Помимо этого, выявлен ряд закономерностей величины плотности потока от режимов движения органов регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Naymushin A. G. , Anikin M. N. , Lebedev I. I. , Busygin A. S. , Dmitriev S. K. , Zolotykh D. E. Features of fuel burnup calculation for IRT-T reactor using MCU-PTR code // Journal of Industrial Pollution Control. - 2016 - Vol. 32 - №. 2. - p. 449-452
2. Дмитриев С.К., Лебедев И.И., Аникин М.Н., Чертков Ю.Б. Моделирование расположения нового облучательного объема для НТЛ кремния в реакторе ИРТ-Т // Сборник тезисов докладов VII Школы-конференции молодых атомщиков сибиря. – 2016. – с 113.