



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2743/82

7/6-82

18-82-171

В.А.Шеголев

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАКТОРОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ

1982

В настоящее время процессы микрофльтрации и ультрафльтрации жидких и газовых сред с использованием мембран находят все большее распространение. Мембранная технология широко применяется при очистке среды от микровзвесей, при сепарации и концентрации микробиологических объектов и белков, при анализе микроколичеств различных веществ, при опреснении воды и др. Для эффективной реализации указанных процессов к мембранам предъявляются такие требования, как высокая производительность, малая дисперсия диаметров пор, химическая стойкость, возможность регенерации и др. Из известных типов мембранных материалов наиболее полно этим требованиям отвечают фильтры, выпускаемые американской фирмой "Nuclepore" /ядерные фильтры/.

Для их изготовления используется способность различных неметаллических материалов фиксировать в своей матрице треки энергичных тяжелых частиц. При специальной химической обработке вдоль треков образуются однородные сквозные каналы, имеющие узкое распределение по диаметрам. Величина диаметра задается длительностью и интенсивностью химического травления и может меняться в пределах от 150 Å до 12 мкм. Число пор на единицу площади задается интенсивностью потока частиц и продолжительностью облучения^{/2,3/}. В качестве источника энергичных тяжелых частиц используется урановая мишень, эмиттирующая осколки деления в потоке тепловых нейтронов атомного реактора. Вдоль мишени протягивается лента из полимерной пленки, являющейся основой мембранного материала. Толщина пленки не должна превосходить пробег осколков в материале, т.е. величину около 10 мкм.

Подобный способ изготовления ядерных фильтров разработан в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, где в качестве источника энергичных частиц используется циклотрон тяжелых ионов У-300, имеющий высокую интенсивность пучков монохроматических ионов аргона, криптона, ксенона /5- 8·10¹² ион/с/. Данный способ имеет ряд достоинств, в частности, высокую производительность при облучении пленки, малую дисперсию диаметров получаемых пор благодаря монохроматичности пучка ионов, отсутствие активации материалов. Однако в связи с тем, что мощные ускорители тяжелых ионов являются уникальными установками, использующимися пока в основном для научных исследований, проблема

их применения для массового производства ядерных фильтров для народного хозяйства является весьма сложной. В то же время потребности в ядерных фильтрах постоянно растут и расширяется область их применения. В этом плане использование реакторов, как более распространенных и доступных установок, представляется весьма целесообразным.

Например, при плотности нейтронного потока 10^{12} нейтр./см²с при толщине слоя урановой мишени из ²³⁵U 0,2-0,4 мг/см², эффективности коллимации 10^{-2} /для создания направленного потока осколков деления/ 1 см² урановой мишени излучает $3-6 \cdot 10^6$ осколков/с. При площади мишени 0,1 м² интенсивность используемого потока осколков деления составит $3-6 \cdot 10^9$ осколков/с.

Возможности производства ядерных фильтров с помощью типовых реакторов, имеющих в странах-участницах ОИЯИ, показаны в таблице. Из данных таблицы следует, что использование реакторов может обеспечить относительно высокую производительность облучения пленки.

Дисперсия диаметров пор, одна из основных характеристик мембранного материала, для ядерных фильтров, изготовленных с помощью осколков деления, составляет 20% из-за относительно широкого массового и энергетического распределения этих осколков. Дисперсия возрастает при диаметрах пор, меньших 0,1 мкм. Однако исследования, в которых использовался в качестве источника нейтронов микротрон МТ-17, показали, что качество фильтров в диапазоне диаметров пор 0,5-10 мкм мало отличается от качества фильтров, изготовленных с помощью ионов ксенона с энергией 130 МэВ.

Эксплуатация устройств для облучения пленки в реакторе несколько усложняется из-за активации осколками деления мишенного узла и коллиматора, выделяющего направленный поток осколков. Накопленная осколочная радиоактивность при облучении 100 мг ²³⁵U в течение 100 дней на реакторе с потоком нейтронов 10^{12} 1/см²с составит 0,5 р/ч на расстоянии 1м после 10-дневного остывания. При необходимых мерах безопасности работа с мишенным узлом не представляет опасности для обслуживающего персонала. Активацию пленки осколками деления, которые испытали рассеяние или частичное поглощение энергии на краях коллиматора и вследствие потери энергии внедрялись в материал пленки, можно снизить до допустимого уровня, применяя специальную конструкцию коллиматора. Для предупреждения активации пленки в нейтронном потоке необходимо применение пленки из химически чистого материала, не содержащего примеси элементов, на которых возникают долгоживущие активности. Например, в ряде случаев

Таблица

Тип реактора	Плотность нейтронного потока в тепловой колонне нейтрон N пор/см ² , сек	Производительность облучения пленки для фильтров с параметрами:			
		A	B	B	Г
	d мкм	1,1	0,35	0,1	0,035
	P	10%	10%	10%	10%
Типовой экспериментальный реактор мощностью 5-10Мвт	10^{12} S см ² /сек	150	15	1,5	0,15
	v см/сек	10	1,0	0,1	0,01
	R м ² /100дн.	$2,5 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^2$
Реактор "АРГУС"	10^{11} S см ² /сек	15	1,5	0,15	0,015
	v см/сек	1,0	0,1	0,01	0,001
	R м ² /100дн.	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	15

Примечание к таблице: N - число пор на единицу площади фильтра, d - диаметр одиночных пор, P - поверхностная пористость, S - производительность облучения пленки, V - скорость протяжки ленты с шириной 150 мм, R - выход облучаемой пленки при 100-дневной работе реактора /среднегодовая продолжительность/. Данные, приведенные в таблице, получены с мишенью, имеющей площадь 0,1 м² и толщину слоя ²³⁵U 0,1 мг/см².

к лавсановой пленке добавляют окись титана. Это приводит к возникновению β-активных продуктов ⁵¹Ti (T_{1/2}=5,8 мин) и ⁴⁵Ti (T_{1/2}=3,1 час) соответственно в реакциях ⁵⁰Ti(n, γ) и ⁴⁶Ti(n, 2n).

В целом приведенные соображения позволяют считать, что использование реакторов для производства ядерных фильтров является перспективным. Это подтверждается и положительным опытом фирмы "NUCLEPORE", имеющей широкий сбыт своей продукции.

Автор считает своим приятным долгом выразить признательность академику Г.Н.Флерову за большой стимулирующий интерес,

проявленный при обсуждении и анализе этого материала. Автор благодарит также Со Дон Сик и Ли Чан Су за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Filtration. Catalog Lab. 50 Ed. Pleasanton Californi.
2. Price P.B., Walker R.M. Patent USA, No. 3303085.
3. Jonston R.V., Porter C.R. Patent USA, No. 3529157.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 марта 1982 года.

Щеголев В.А. Возможности использования реакторов для изготовления ядерных фильтров 18-82-171

Анализируются возможности изготовления ядерных фильтров с использованием осколков деления. Показано, что применение реакторов советского производства с плотностью потока нейтронов 10^{12} нейтрон/см²с в тепловой колонне позволяет осуществить массовое производство ядерных фильтров с различными техническими характеристиками в объеме до $2,5 \cdot 10^4$ м²/год. Рассматриваются некоторые особенности методики, связанные с активацией используемых материалов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Shchegolev V.A. On Possibilities of Using Reactors for Nuclear Filter Fabrication 18-82-171

The facilities for nuclear fabrication filter by using fission fragments are analysed. It is shown that the use of nuclear reactors with 10^{12} n/cm²s flux in the heat column makes possible a wide production of nuclear filter with a different technical characteristics to amount of $2,5 \cdot 10^4$ m²/year. Some peculiarities of the method connected with a radioactivity of used materials are considered.

The investigation has been performed at the Laboratory of the Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.