

В электромембранных процессах в качестве управления используются различные комбинации ионообменных мембран, электрического напряжения, частоты и других параметров. Для экспериментальной работы предложена новая структура электромембранной системы, благодаря которой возможно проводить исследования в стационарном и динамическом режимах.

Оптимальный выбор режимов электрических параметров в данной электромембранной системе позволяет существенно повысить селективность разделения изотопов, что делает его применимым к изотопам как легких, так и тяжелых элементов. Изменяя частоту, напряжение и вид тока, удастся перемещать ${}^6\text{Li}$ быстрее, чем изотоп ${}^7\text{Li}$, благодаря его ионной подвижности.

Во время динамической работы системы исходный раствор лития находится в состоянии закрытой циркуляции, обеспечивая извлечение целевого изотопа. В электрохимической системе обогащению изотопа ${}^7\text{Li}$ способствует также извлечение изотопа ${}^6\text{Li}$ в отдельных камерах, что, однако, требует дальнейшей доработки для получения товарного вида. Соотношение изотопов лития, обогащенных электродиализом, в зависимости от частоты, количества мембран и импульсов при постоянном напряжении, измерялось с помощью ИСП-МС (масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой). Масс-спектрометрический метод позволяет качественно и количественно анализировать химические элементы и их изотопы с точностью до нанограмм/литр.

В масс-спектрометре образец прокачивается через перистальтический насос при потоке аргона 0.8-1 л/мин, в результате чего образец распыляется и переходит в плазму. В ИСП-МС при температуре 5000-7000°C газообразный аргон, протекающий со скоростью 15-16 л/мин (чистота 99.998%), является источником ионов, и анализируемый образец ионизируется. Ионы разделяются по соотношению масса/заряд, затем регистрируются интенсивности, которые преобразуются в соответствующие концентрации с помощью аналогового преобразователя [4]. Для изотопного анализа применялся стандартный раствор Li-1000 мг/л «Perkin Elmer».

Для изучения влияния электрических характеристик на разделение изотопов в элементарной ячейке электродиализатора использовался осциллограф, способный записывать сигналы с частотой до 100 МГц и напряжением 10 мкВ, а также генератор импульсов и сигналы усилителя импульсов. Электрические характеристики, зарегистрированные осциллографом, приведены на рис.1: на разделе а) параметры, зарегистрированные на ячейке; на разделе б) параметры, зарегистрированные на сопротивлении. Это сопротивление вводится в цепь для измерения силы тока. Это также позволяет сравнивать форму реального импульса с формой импульсов в ячейке. Таким образом, можно понять закономерности электрохимических процессов в системе.

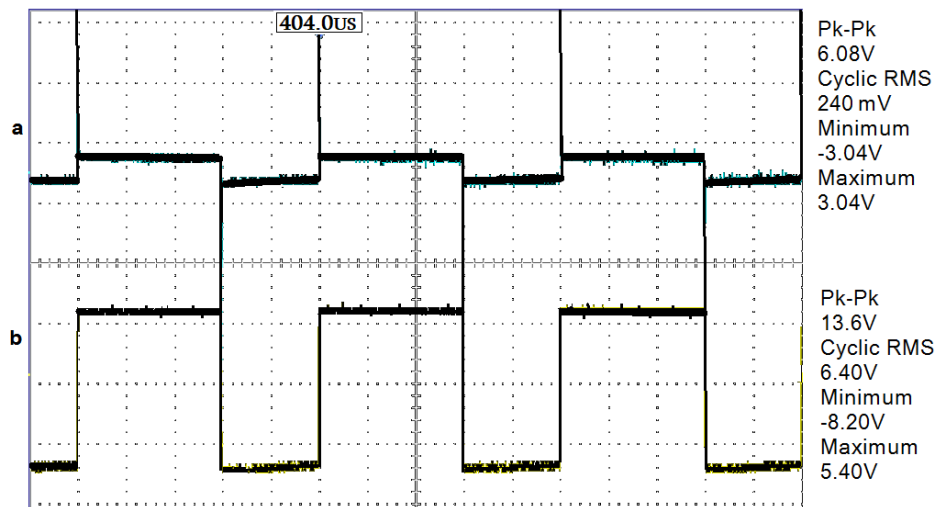


Рис. 1. Сигналы электрических характеристик на дисплее осциллографа и измеренные электрические характеристики (a – на ячейке, b – на сопротивлении).

Таблица 1

Изменение коэффициента обогащения изотопов лития в зависимости от параметров процесса

ν , гц	Период подачи напряжения τ_1 , мкс	Обратный период подачи напряжения τ_2 , мкс	Количество мембран	α
1000	800	200	1	1.432
1000	800	200	4	1.428
1000	800	200	8	1.425
1000	800	200	19	1.410
10000	80	20	1	1.422
10000	80	20	4	1.418
10000	80	20	8	1.420
10000	80	20	19	1.413
1000	600	400	1	1.428
1000	600	400	4	1.424
1000	600	400	8	1.426
1000	600	400	19	1.391
10000	60	40	1	1.425
10000	60	40	4	1.423
10000	60	40	8	1.310
10000	60	40	19	1.289

Примечание: α – коэффициент разделения изотопов $\alpha = \frac{n_1'/n_2'}{n_1/n_2}; n_1'/n_2' - {}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$, соотношение изотопов после разделения, n_1/n_2 – соотношение изотопов до разделения.

Кoeffициент разделения соотношения изотопов лития, обогащенных этим методом, в зависимости от частоты импульсов, количества мембран и значений импульса приведен в табл. 2. Как видно из результатов, представленных в таблице, коэффициент обогащения изотопов зависит от количества мембран – при 1000 Гц он больше, чем при 10 000 Гц, но изменения незначительные. Значение коэффициента обогащения изотопа лития, приведенное выше, существенно отличается от значений, полученных другими известными в настоящее время методами, в частности результата $\alpha = 1.148$, полученного в [5], который являлся лучшим показателем, что значительно ниже полученных нами результатов.

Описанный метод отличается высокой эффективностью для разделения изотопов как легких химических элементов (Li, Mg), так и средних и тяжелых элементов (Nd, Pb) [6].

Выводы. В работе определен коэффициент разделения изотопов лития на основе ряда параметров с помощью предложенного нового электро-мембранного метода.

Установлено, что коэффициент обогащения изотопов чувствителен к изменению количества мембран, и в малой степени – при изменении частоты электрического тока.

Предложенный метод отличается от других методов разделения изотопов эффективностью и простотой для использования в промышленных целях.

«Экоатом» ООО

e-mails: gabriel.armine@gmail.com, rafokost@mail.ru,
martoian@yahoo.com

А. В. Габриелян, Р. К. Костанян, Г. А. Мартоян

Разделение изотопов лития электро-мембранным методом

Предложен новый, электро-мембранный, метод обогащения изотопов лития. Представлены результаты процесса обогащения изотопов лития при различных значениях рабочих параметров экспериментальной установки. Соотношение изотопов лития измерено методом масс-спектрометрии с индукционно-связанной плазмой. Предложенный метод отличается высокой производительностью и большим значением коэффициента обогащения изотопов лития.

Ա. Վ. Գաբրիելյան, Ռ. Կ. Կոստանյան, Գ. Ա. Մարտոյան

Լիթիումի իզոտոպների առանձնացումը էլեկտրամեմբրանային եղանակով

Նկարագրված է լիթիումի իզոտոպների հարստացումը նոր՝ էլեկտրամեմբրանային եղանակով: Ներկայացված է էլեկտրադիալիզատորում էլեկտրամեմբրանային եղանակով լիթիումի իզոտոպների հարստացման գործընթացի իրականացումը աշ-

խատանքային պարամետրերի տարբեր արժեքների դեպքում: Լիթիումի իզոտոպների հարաբերությունը չափվել է ինդուկցիոն կապված պլազմայով մաս-սպեկտրաչափական մեթոդով: Առաջարկված մեթոդն առանձնանում է իր արդյունավետությամբ լիթիումի իզոտոպների ստացման այլ մեթոդների համեմատ:

A. V. Gabrielyan, R. K. Kostanyan, G. A. Martoyan

Separation of Lithium Isotopes by the Method of Electromembrane

The new electromembrane method is proposed for enrichment of lithium isotopes. There are presented the results of the enrichment process of lithium isotopes at various values of the operating parameters. The ratio of lithium isotopes was measured by the method of induction-coupled plasma mass spectrometry. The proposed method is characterized by high productivity and high value of the enrichment coefficient of lithium isotopes.

Литература

1. *Norman E. Holden.* – Chemistry International. Newsmagazine for IUPAC. 2010. V. 32(1). P. 12-14.
2. *Calvo E. J.* – Curr. Opin. Electrochem. 2019. V. 15. P.102–108.
3. *Saario T., Tähtinen S., Piippo J.* – Corrosion. 1997. V. 53(9). P. 724-729.
4. *Գաբրիելյան Ա. Վ.* – Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի լրաբեր, 2016, հ. 13, № 1, էջ 164-168:
5. *Martoyan G., Kalugin M., Gabrielyan A. et al.* – In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. V. 112. P. 012035.
6. *Գաբրիելյան Ա. Վ., Մարտոյան Գ. Ա.* – Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի լրաբեր, 2018, հ. 15, № 4, էջ 660-663: