

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ГАШЕНИЕ ФОТОПРОВОДИМОСТИ В ПЛЁНКАХ НЕЛЕГИРОВАННОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

/резюме/

Экспериментально установлено, что в плёнках нелегированного гидрогенизированного аморфного кремния может проявляться аномальная зависимость температурного гашения фотопроводимости (ТГФ) в зависимости от температуры осаждения или оптической деградации. Так, при увеличении температуры полужоки в плёнках, осажденных в интервале от 300°C до 400°C или в плёнке, осажденной при 340°C, после кратковременной деградации наблюдается заметное усиление ТГФ. Этот факт объясняется нами, наряду с известными центрами оборванной связи, возникновением пространственно коррелированных друг с другом или с центрами остаточных примесей, дефектов оборванной связи, играющих роль центров очувствления.

В условиях, когда концентрация центров прилипания для дырок растет быстрее, чем концентрация центров рекомбинации, может происходить наблюдаемое нами усиление ТГФ.

НОМ ЗОХИОЛ

1. Dersch H., Schweitzer L., Stuke J., Phys. Rev. B, 1983, v.28, N.8, p.4678.
2. Morigaki K. J. Non-Cryst. Sol., 1985, 77 & 78, p.583.
3. McMahon T., Grandall R. Phys. Rev. B, 1989, v.39, p.1278.
4. Dersch H., Stuke J., Beichler J. Appl. Phys. Lett., 1981, v.38, p.456.
5. Звягин И.П., Курова И.А., Ормонт Н.Н. Письма в ЖЭТФ, Т.43, Вып. 11, с.528.
6. Vanecek M., Kocka J., Stuehnik J., Triska A. Sol. St. Commun., 1983, v.39, N11, p.1199.
7. Adler D. Solar cells, 1983, v.9, p.133.
8. Батсуурь Д., Бурмаа Б., Алтанцог П., Чадраабал Ш., Казанский А.Г. МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, 1990. №1. 1/102, х.1.

МУИС, ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БИЧИГ № 2(125), 1996

Уран, торийг тодорхойлох γ -спектрометрийн арга

Ш. Гэрбиш, Н. Ганбаатар, Ж. Сэрээтэр

1. Оршил

Ураны хүдрийн олборлолт нь дэлхийн зах зээл дээрх ураны хэрэгцээ ба хангамжаас хамаарна. Ойрын 10-15 жилд байгалийн ураны (U_3O_8) худалдаа аажмаар өсөх бололтой[1]. 1996-2000 онд ураны жилийн хэрэгцээ 35-40 мян. тонн хүрэх төлөвтэй. Цөмийн зэвсэгт хэрэглэхээр нөөцлөсөн хагас сая орчим тонн U_3O_8 -тай тэнцүү хэмжээний өндөр баяжуулалттай уран (ӨВУ)-ыг цөмийн реакторын түлш болгон хувиргах гэж байна. Энэ нь дэлхийн нийт ураны хэрэгцээний 25 %-ыг 25 жилийн турш хангах боломжтой юм. Ураны нийт хэрэгцээг Канад, Австрали, АНУ, Намиби, ӨАБНУ, Орос, Хятад, Узбекистан зэрэг уран их хэмжээгээр үйлдвэрлэн худалддаг орнууд хангах бөгөөд ураны үйлдвэрлэлийн 5 орчим хувь Бразили, Аргентин, Чех, Энэтхэг, Монгол, Пакистан, Испанийн жижиг төвүүдэд ноогдож байна. Ураны зах зээлийн үнэнд ӨВУ-ы үнэ ихээхэн нөлөөлөх төлөвтэй. Оросын ӨВУ-ыг АНУ олборлосон урантайгаа хольж гаргахад 1 кг ураны үнэ 20 \$ болох юм гэж тооцож байна. Харин Европын холбооны улсуудын цөмийн түлшний асуудлыг эрхэлдэг "Евроатом" Орос, Узбекистан, Казахстан зэрэг улсуудаас авах ураны хэмжээ нийт хэрэгцээний 25% байхаар хязгаар тогтоон үнийн доод хэмжээг 29 \$ байхаар тогтоосон байна. Ийнхүү ойрын ирээдүйд дэлхийн зах зээл дээр ураны хангамж тогтвортой, үнэ нь 20-30 \$/кг байх төлөвтэй.

Манай орны ураны олборлолтыг нэмэгдүүлэхтэй холбогдон ураны хайгуул шинжилгээ, баяжуулах үйлдвэрийн процессыг хянах хурдан, нарийн аргыг боловсруулан практикт нэвтрүүлэх нь чухал ач холбогдолтой болж байна. Ураны хүдэр, нүүрс, фосфорит зэрэг дээжид уран, торийн хэмжээг тодорхойлох цөмийн физикийн арга тухайлбал гамма спектрометрийн аргыг боловсруулсан тухай энд өгүүлнэ.

2. Хүдэр, нүүрс, фосфорит, хөрсний дээжинд ураны агуулгыг тодорхойлох

Байгаль дээр урт настай уран-238 ($T_{1/2} = 4.5 \cdot 10^9$ жил), торий-232 ($T_{1/2} = 1.4 \cdot 10^{10}$ жил), уран-235 ($T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$ жил) цацраг идэвхт изотопуудаас эх авсан уран, торийн гурван бүл хэд хэдэн альфа ба бета задралын дүнд хар тугалганы тогтвортой изотопууд үүсгэнэ. Завсрын цацраг идэвхт изотопуудаас гарах γ -цацрагуудыг хагас дамжуулагч германий детектор бүхий γ -спектрометр ашиглан бүртгэдэг. 1-р хүснэгтэд уран ба торийн бүлүүдийн изотопуудын задралд гарах γ -цацрагуудыг үзүүлэв.[2]

1-р хүснэгт

Энерги, кэВ	Эрчим, %	Цацраг идэвхт изотоп	Анхдагч нөм
63.3	43.8	Th-234	(U-238)
92.4	2.7		
92.8	2.7		
1000.7	0.6	Pa-234m	
143.8	10.9	U-235	(U-235)
163.3	5.1		
185.7	57.5		
186.1	3.3	Ra-226	(U-238)
295.2	19.7	Pb-214	
351.9	38.9		
609.3	43.3	Bi-214	
1764.5	17.0		
238.6	44.6	Pb-212	(Th-232)
338.2	11.4	Ac-228	
911.1	27.7		
583.0	85.8	Tl-208	
2614.5	99.8		

Эдгээр γ -цацрагууд нь уран, торийн агуулгыг тодорхойлоход ашиглагдана. Ураны хүдэр, баяжмал, уран агуулсан бусад дээжинд (чулуун нүүрс, фосфорит зэрэг) ураны агуулгыг тодорхойлохдоо ихэвчлэн уран-238-ын задралын изотопуудаас гарах их эрчимтэй 63, 295, 352, 609, 1120, 1764 кэВ энергитэй γ -цацрагуудыг ашигладаг [3,4]. Мөн уран-235-ын задралын харьцангуй сул эрчимтэй 163 кэВ энергитэй γ -цацрагийг ураны агуулгыг тодорхойлоход хэрэглэсэн байдаг [5].

Ураны стандарт хүдрийн ойролцоогоор 10 грамм жинтэй нунтагийг $\phi 35 \times 10$ мм хэмжээтэй полиэтилен саванд жигд нягтруулан хийсэн. Стандарт ба судлах дээжээ детекторын голд нь хамгийн ойрхон зайнд тавьж хэмжсэн. Стандарт хүдрийн хувьд статистик алдааг багасгахын үүднээс хэмжих хугацаа 2-10 цаг байв. Уран тодорхойлох хүдрийн дээжийг ихэвчлэн 1 цаг хэмжсэн болно. Хэмжилтийг МУИС-ийн цөмийн шинжилгээний лаборатори, ФТХ-ийн цөмийн физикийн хавсрага судалгааны секторын 2.0 кэВ (^{60}Co) энергийн ялгах чадвартай цэвэр германий детектор бүхий γ -спектрометр ашиглан явуулав. Хэмжсэн γ -спектрийг ОУАЭА-ийн GANAAS программыг ашиглан боловсруулж, жиших муруйг ашиглан дээжийн ураны агуулгыг тодорхойлно. Хэмжилтийн дүнг Basic хэл дээр бичигдсэн программ ашиглан тооцоолсон. Хүдэр ба бусад дээжийн ураны агуулгыг ^{238}U -ын задралд үүсэх ^{214}Pb , ^{214}Bi изотопуудаас гарах 295, 352, 609, 1120, 1764 кэВ энергитэй γ -шугамуудын эрчмийг стандарт хүдрийн харгалзах γ -

шугамуудын эрчим буюу пикийн талбайд харьцуулж тодорхойлсон. Жиших муруйг байгуулахдаа агуулга нь 0.0041 %- 4.04 % хүртэл өргөн мужийг хамарсан ураны 12 стандарт хүдрийг ашигласан. Ураны стандартуудын ураны агуулга, 609.3 кэВ энергитэй γ -шугамд харгалзах пикийн нэг цаг хэмжсэн, нэг грамм жинд харгалзах талбайг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв.

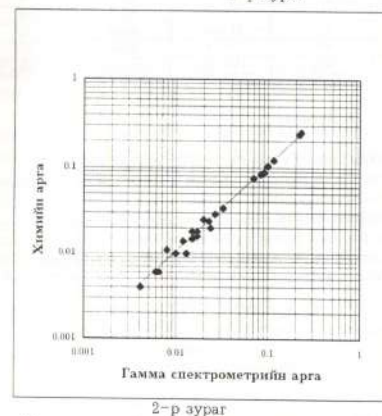
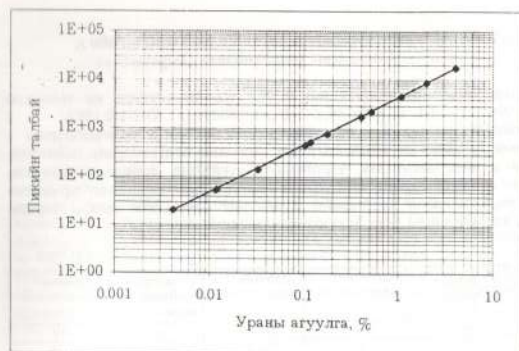
2-р хүснэгт

№	U, %	Хэмжилтийн		Тооцооны		ΔK
		S	ΔS	S'	$\Delta S'$	
1	0.0041	193	0.5	208	6.3	8.3
2	0.0116	569	0.9	538	6.3	6.1
3	0.0119	584	0.50	551	6.3	6.3
4	0.033	1360	1.1	1478	6.4	-8.1
5	0.1040	4707	5.5	4599	6.9	2.4
6	0.119	5320	4.2	5258	10.0	1.2
7	0.177	8160	24.2	7807	15.5	4.5
8	0.403	1765	25	1774	3.5	-0.5
9	0.520	2228	10	2288	4.5	-2.6
10	1.070	4823	20	4706	9.5	2.5
11	1.990	8851	38	8749	19	1.2
12	4.04	17725	90	17759	26	-0.2

Уг хүснэгтийн 4, 5-р баганад хамгийн бага квадратын аргаар пикийн талбайг бодож гаргасан утгыг, сүүлийн баганад жиших муруйнаас олсон ураны агуулга ба стандартын аттестатчилсан утга хоёрын алгааг хувиар үзүүлэв. 2-р хүснэгтээс үзвэл 0.1%-иас дээш ураны агуулга бүхий дээжийн хувьд гарч болох алдаа 1-2% байна. Харин 0.1%-иас доош ураны агуулгатай дээжинд алдаа 6-8% хүрч байна. Эндээс жиших муруйг ураны агуулгын 0.004-0.1%, 0.1-0.5%, 0.5-4% 3 мужид хувааж ураны агуулгыг тодорхойлбол алдаа багасна. Хэд хэдэн (5-6) γ -шугамыг аналитик шугам болгон ашиглаж ураны агуулгыг найдвартай тодорхойлж болно. Тухайлбал 295, 352, 609, 1120, 1764 кэВ энергитэй шугамуудыг ашигласан болно. Энэ тохиолдолд дундаж агуулгыг олохдоо γ -шугам тус бүрд байгуулсан жиших муруйн тусламжтайгаар шинжлэх дээж дэх ураны агуулгыг тодорхойлоод дараа нь тэдгээрийн утгыг дундчилж, эсвэл γ -шугам тус бүрийн оролцоог тооцсон нэг жиших муруйг байгуулах хоёр хувилбар байж болно. 3-р хүснэгтэд γ -шугамуудын эрчим буюу пикийн талбайн (1.07 % ураны агуулгатай 42-3 стандартын γ -шугамуудын эрчимд хуваасан) харьцангуй утгуудыг үзүүлэв. Энэ хүснэгтийн сүүлчийн баганад стандарт бүрт пикуудийн талбайн харьцангуй дундаж утгыг харуулав. Энэ харьцангуй дундаж утгуудыг 42-3 стандартын хувьд хэмжсэн пикийн талбайгаар үржүүлэн ураны агуулгад харгалзах жиших муруйг байгуулсан.

Стандарт хүдэрүүдийн ураны агуулгаас хамааруулан 609.3 кэВ энергитэй γ -шугамд харгалзах пикийн талбайг хамгийн бага квадратын аргаар зурсан жиших муруйг 1-р зурагт харуулав.

Д/д	Гамма-спектр	Ураны агуулга, %	255.2, кэВ	351.9, кэВ	Гамма-спектр	609.3, кэВ	1120.3, кэВ	1764.5, кэВ	Дундаж утга
1	DL-1	0.0041	0.0039±0.0003	0.0040±0.0002	0.0042±0.0002	0.0043±0.0007	0.0035±0.0005	0.016±0.004	0.0040±0.003
2	DL-1A	0.0116	0.0116±0.0004	0.0117±0.0003	0.0120±0.0003	0.0111±0.001	0.0119±0.0008	0.0116±0.004	0.0116±0.004
3	S-12	0.0119	0.0116±0.0003	0.0120±0.0002	0.0119±0.0002	0.0122±0.0006	0.0113±0.0006	0.0118±0.0004	0.0118±0.0004
4	S-13	0.033	0.0282±0.0005	0.0279±0.0004	0.0287±0.0004	0.0288±0.0012	0.0288±0.0012	0.0284±0.0004	0.0284±0.0004
5	74-A	0.104	0.098±0.001	0.097±0.001	0.098±0.001	0.0969±0.003	0.100±0.002	0.098±0.001	0.098±0.001
6	S-8	0.119	0.116±0.002	0.111±0.001	0.110±0.001	0.110±0.003	0.107±0.006	0.110±0.003	0.110±0.003
7	DM-1	0.17	0.173±0.01	0.172±0.001	0.172±0.001	0.170±0.003	0.175±0.003	0.172±0.002	0.172±0.002
8	S-7	0.303	0.363±0.003	0.362±0.003	0.366±0.002	0.360±0.006	0.364±0.007	0.363±0.002	0.363±0.002
9	42-A	0.32	0.445±0.003	0.448±0.004	0.446±0.002	0.449±0.006	0.451±0.006	0.448±0.002	0.448±0.002
10	42-B	1.006	1.006±0.005	1.000±0.007	1.000±0.0043	1.000±0.012	1.000±0.011	1.000±0.003	1.000±0.003
11	42-C	1.906	1.964±0.009	1.958±0.014	1.955±0.0096	1.942±0.021	1.961±0.019	1.956±0.009	1.956±0.009
12	42-D	3.16	3.16±0.03	3.66±0.03	3.80±0.02	3.90±0.04	3.99±0.05	3.79±0.03	3.79±0.03



Ураны хүдрийн дээжид ураны агуулгыг γ -спектр метрийн аргаар тодорхойлсон дүнг химийн аргаар тодорхойлсонтой жишиж 2-р зурагт үзүүлэв.

3. Хүдэр, нүүрс, фосфорит, хөрсний дээжинд торийн агуулгыг тодорхойлох

Ураны стандарт хүдрүүдийн дотор торийн агуулга нь тодорхой NIM-1(0.0069%), DL-1A(0.0076%), DL-1(0.0083%), DH-1(0.104%) 4 стандартын тусламжтайгаар торийн агуулгыг тодорхойлсон. Эдгээр 4 стандартын турвынх нь торийн агуулга ойролцоо байгаа учир 0.007-0.1% агуулгын мужид дээж дэх торийг 1-р хүснэгтэд дурьдсан аналитик шугамын эрчимийг хоёр стандартын харгалзсан шугамын эрчимтэй жишиж тодорхойлоод тэдгээрийн дундачийг олно. Энэ аргаар торийн агуулгыг тодорхойлсон дүнг 4-р хүснэгтэд үзүүлэв.

4-р хүснэгт

Дээжийн нэр	γ-спектро-метрийн арга	Химийн арга	Дээжийн нэр	γ-спектро-метрийн арга	Химийн арга
7G-1	40±5	50	7G-10	-	10
7G-2	14±2	10	7G-15	76±7	120
7G-3	20±3	40	7G-23	25±3	20
7G-5	51±5	70	7G-26	25±3	20
7G-6	17±2	20	11G-5	68±6	70
7G-8	48±5	50	11G-9	34±4	30
7G-9	25±3	20	11G-13	25±3	30

4. Дүгнэлт

- Гамма спектрометрийн аргаар ураны агуулгын өргөн (0.004%-4%) мужид ураны хүдэр, бусад дээжинд ураныг 2-10%-ын нарийвчлалтай тодорхойлох арга зүй боловсруулав.
- Торийн агуулгын (0.0069%-0.104%) мужид торийг 15% -ын нарийвчлалтай тодорхойлох боломжтойг харууллаа.
- Уран, торийн агуулга ихсэхэд хэмжилтийн нарийвчлал ихсэж шинжилгээнд зарцуулах хугацаа богиносно.

A Method for Determination of Uranium and Thorium Contents in Geological Samples using Gamma Spectrometry

Sh. Gerbish, N. Ganbaatar and J. Sereeter

A comparative method for determination of uranium and thorium contents in the uranium ores and the samples such as coal and phosphorite using gamma spectrometry was described. In this comparative method used 12 uranium standard ores with uranium contents from 0.0041 to 4.04%. The working calibration curve has been established to determine the uranium contents with an accuracy of 2-8 % depending on percentage of uranium in the samples. For determination of thorium contents was used 4 standards with known thorium contents from 0.007 to 0.1%. These methods for determination of uranium and thorium were tested on the numerous samples and compared with chemical analysis results.

Ашигласан ном, өгүүлэл

- Ж.Стейн. Мировой рынок урана. Перспектива. Атомная техника за рубежом, №12, 1994, с.28-30
- Measurements of Radionuclides in Food and the Environment. IAEA Technical Reports Series No295, Vienna, 1989, pp.122-144.
- Н.Ганбаатар, Ж.Галзориг, Ш.Гербш, Ж.Сэрээтэр
Ураны хүдэр дэх ураны агуулгыг гамма-спектрометрийн аргаар тодорхойлох.
Эрдэм шинжилгээний их семинарын хураангуй №1, МУИС, Улаанбаатар, 1996, х.12-13
- Ш.Гербш, Б.Далхсүрэн, В.П.Перельгин и др.
Способы инструментального определения содержания урана и тория с использованием микрофона.
Препринт ОИЯИ 18-90-427, Дубна, 1990
- M.Bickel, W.Nagel and F.Qulk
High precision determination of Uranium in ore by Gamma-ray Spectrometry.
J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry, vol.209, No1, 1996, pp.113-121