

# Гамма Цацрагийн Үйлчлэлээр Усанболор (SiO<sub>2</sub>)-т Үүсэх Эффектийн Судалгаа

Ч. Цэцэнжаргал<sup>1</sup>, Т. Очирхуяг<sup>1</sup>, Н. Төвжаргал<sup>1</sup>, Д. Баатархүү<sup>2</sup>, Л. Ням-Очир<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим

<sup>2</sup> Монгол Улсын Их Сургууль, Цөмийн Физикийн Судалгааны Төв

Янз бүрийн үнэт чулууны өнгийг өөрчилж хүссэн өнгө хэлбэрт оруулах асуудал үргэлж судлаачдын сонирхлыг татаж байдаг. Бид энэ ажлаар байгалийн хагас үнэт чулуу болох усанболор (SiO<sub>2</sub>)-ийн өнгийг гамма цацрагийн үйлчлэлээр өөрчилж, түүнд үүсэх эффектийг рентген дифракцын арга болон дулааны боловсруулалтаар микро-төвшинд тайлбарлав.

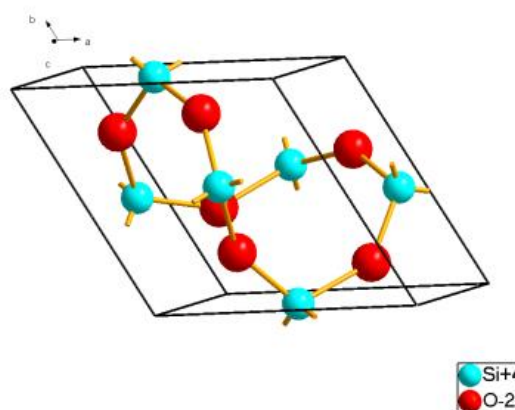
PACS numbers: 61.80.-x, 72.10.Fk

## I. ОРШИЛ

Байгалийн үнэт болон хагас үнэт чулуулгуудыг гоёл чимэглэл, ахуйн зориулалтаар өргөн хэрэглэдэг. Эдгээр чулуулгуудыг гамма цацрагаар шарахад тэдгээр нь өнгөний хувиралд ордог. Энд үүсэж байгаа өнгөний хувирлын үүсэл шалтгааныг тайлбарлах нь чухал ач холбогдолтой. Гамма цацраг хатуу биетэй харилцан үйлчлэхэд тэнд гамма цацрагийн энергиэс хамааран комптоны сарнил, фото-цахилгаан эффект, электрон позитроны хос үүсэх гэх мэт үзэгдэлүүд явагдах боломжтой. Түүнчлэн үнэт чулуулгийн өнгийг өөрчлөхдөө ихэвчлэн түүнийг янз бүрийн элемент, бодисоор хольцлох замаар янз бүрийн өнгө үзэмж чанар бүхий дээж гаргаж авдаг.

Тухайлбал усанболорыг Fe<sup>+3</sup> ионоор хольцлоход үзсэн ягаан өнгөтэй болдог бол Be<sup>+2</sup> ионоор хольцлоход ногоон өнгөтэй болдог. Болор нь байгаль дээр усанболор, утаат болор, сүүн болор гэж нэрлэгдэх хэлбэрүүдээр элбэг тохиолддог эдгээр нь бүтэц найрлагын хувьд ижил боловч кристалжилтаараа ялгаатай байдаг. Бид энэ ажлаар усанболор (SiO<sub>2</sub>)-г гамма цацрагийн үйлчлэлээр үүсэх эффектийг рентген дифракцийн арга болон дулааны боловсруулалтаар судлаж түүнд үүсэж байгаа эффектийг микро-түвшинд тайлбарлах, түүний өнгийг гамма цацрагийн үйлчлэлээр хэрхэн өөрчлөж болох талаар судлах болно.

Бид дээжээ сонгохдоо байгальд өргөн тархацтай байдаг хагас үнэт чулуу болох усанболор (кварц)-ыг сонгож авсан. Энэ чулуу нь гоёл чимэглэлийн зориулалтаар манай орны хувьд өргөн хэрэглэгддэг. Зураг.1 болон хүснэгтэд усанболорын кристал бүтэц болон торын параметр зэргийг үзүүлэв.



Зураг 1: Усанболор (SiO<sub>2</sub>) -ийн кристалл бүтэц

Усан болор (Кварц)-SiO<sub>2</sub>

Симметр	P3221(154)
Торын параметр	a=b=4.913Å c=5.405Å α=β=90 γ=120
Эзэлхүүн	113.03Å <sup>3</sup>

## II. ТУРШИЛТ

*Микротрон МТ-22:* Бид эхлээд судлах дээж болох байгалийн цэвэр усанболороо тэнцүү 2 хэсэгт хуваагаад нэгийг нь МУИС-ийн ЦСТ-ийн Микротрон МТ-22 (Цацрагийн урсгалын нягт  $\Phi_\gamma \approx (7,2 \cdot 10^{11} - 1,2 \cdot 10^{11}) \gamma/cm^2 \cdot c \cdot mkA$ ,  $E_e = 22MэВ$ ,  $I_e = 9mkA$ ). цацраг идэвхт үүсгүүр дээр 22Мэв энергитэй гамма цацрагаар нэг цаг шарсан. Үлдсэн нэгийг нь шарсан дээжтэй харьцуулан судлах зорилгоор ашиглах болно.

**Рентген цацрагийн дифрактометр:** Гамма цацрагаар шарсны дараа дээжид явагдсан микро өөрчлөлтийг судалж бүтцийн өөрчлөлтийг атомын түвшинд тайлбарлах зорилгоор МУИС-ийн Рентген бүтцийн судалгааны лабораторийн PW1800 нунтаг дээжийн рентген дифрактометр (Cu ( $K\alpha_1=1.5406\text{\AA}$ ,  $K\alpha_2=1.54439\text{\AA}$ ) анод, Ni филтэртэй) дээр өмнө хоёр хэсэг болгон бэлдсэн гамма цацрагаар шарсан болон шараагүй хэмжилт хийж Jana2006 програмыг ашиглан Ритвельдийн аргаар[1] хэмжилтийн үр дүнг боловсруулсан.

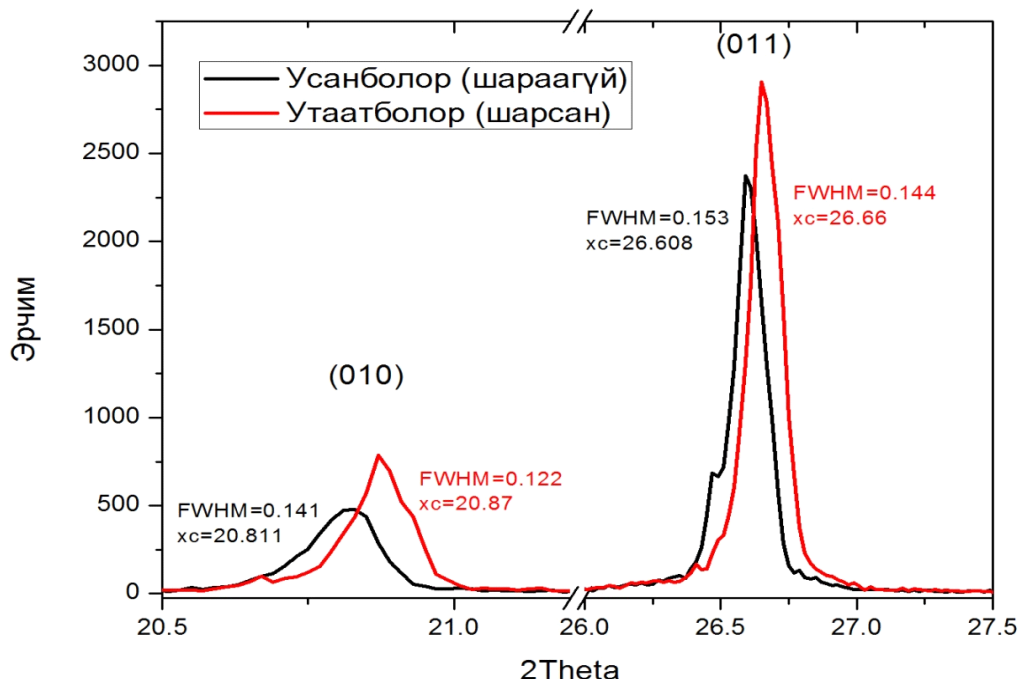
**Дулааны боловсруулалт:** Дээжид хийх дулааны боловсруулалтыг МУИС-ийн Орчны шинжилгээний лабораторын T6200 (Heraeus) хатаах шүүгээнд  $100^\circ\text{C}$  болон  $200^\circ\text{C}$  температурт хатааж туршсан.

### III. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

Сонгож авсан усанболор ( $\text{SiO}_2$ )-ын дээжээ гамма цацрагаар шарсны дараа дээж гүн хар өнгөтэй болж угаат болор болсныг зураг.2-т үзүүлэв. Үүний дараа гамма цацрагаар шарсан дээж болон шараагүй дээж тус бүрийн кристалл бүтцийн өөрчлөлтийг нунтаг дээжийн рентген дифрактометрээр хэмжсэн хэмжилтийн харьцуулсан үр дүнг зураг.3-т үзүүлэв.



Зураг 2: Усан болорын гамма цацрагаар а) шараагүй болон б) шарсны дараах өнгөний хувирал.



Зураг 3: Гамма цацрагаар шарсан болон шараагүй усан болорын рентген дифракцын спектрийг кристаллографийн (010) болон (011) чиглэл дэх эрчмийн өөрчлөлт.

Зураг.3-аас үзэхэд энд рентген цацрагийн эрчмийн өөрчлөлтөөс гадна пикийн максимумын шилжилт ажиглагдаж байна.

Тэгш.(1) –ээс үзэхэд цацрагийн эрчим нь тухайн кристаллын бүтцийн фактортай шууд хамааралтай, бүтцийн фактор нь атомын

координат болон торын хавтгайтай шууд хамааралтай болох нь харагдаж байна. Иймээс

энэ торын хавтгай болон атомын координат өөрчлөгдөж байна гэж үзэж болох юм.

$$I \approx F^2; \quad F_{hkl} = \sum_{i=1}^n f_i T \exp[2\pi i (hx_i + ky_i + lz_i)] \quad (1)$$

Үүнийг бид Jana2006 программ ашиглан Ритвельдийн сайжруулалтын арга хэрэглэн торын параметруудийн өөрчлөлтийг тодорхойлсныг хүснэгт 2-т үзүүлэв.

Торын параметр	Усанболор	Утаат болор
a=b	4.9103Å	4.9097Å
c	5.4044Å	5.3997Å
V	112.8Å <sup>3</sup>	112.7Å <sup>3</sup>

Манай дээжээ шарсан Гамма цацраг 22МэВ энергитэй бөгөөд энэ тохиолдолд гамма цацраг бодистой харилцан үйлчлэхдээ knock-on буюу кинетик энергиэ шууд шилжүүлж атомуудыг шилжүүлэх процесс эсвэл radiolysis буюу электронуудыг өдөөх, холбоосыг таслах процесс явагдах боломжтой. Үүний дүнд нүх, интерстиционал болон валенс эффектүүд үүсэх боломжтой.

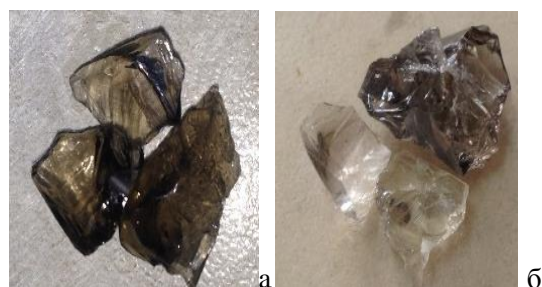
Ийм эффектүүдийг кристаллын F-center буюу өнгөний төв ч гэж нэрлэдэг. Өнгөний төвүүд их хэмжээгээр үүссэнээр тухайн кристаллын өнгө хувирах боломжтой. Өнгөний төвийн тоо нь доорх томьёоны дагуу идэвхжлийн энергиэс буюу өдөөж байгаа цацрагийн энергиэс хамаарна.

$$N_v = N \exp\left(\frac{Q_v}{kT}\right) \quad (2)$$

Хэрэв гамма цацрагийн үйлчлэлээр цэгэн болон шугаман дефект үүсэж байгаа бол дээжийг өндөр температурт тодорхой

хугацаагаар халааж дулааны боловсруулалтад оруулахад уг эффектүүд эдгэж дээж анхны өнгө, хэлбэртэй орох боломжтой.

Иймээс бид үүнийг шалгах зорилгоор шарсан дээжээ хатаах шүүгээнд 100°C –т 3 цаг, 200°C температурт 20 цаг халааж туршсан. Дээж халаалтын явцад өнгө нь аажмаар өөрчлөгдөж хагас тунгалаг болоод дараа нь тунгалаг болж анхны хэлбэртэй орж байгааг харуулав.



Зураг 4: Гамма цацрагаар шарж утаат болор болгосон дээж: а) Шарсны дараа 100°C-м 3 цаг халаасны дараа, б) Шарсны дараа 200°C-м 24 цаг халаасны дараа,

#### IV. ДҮГНЭЛТ

Усанболор (кварц)-ийг гамма цацрагаар үйлчлэхэд түүний өнгө өөрчлөгдөн утаатболор болон хувирч байна. Энэхүү өнгө хэмжилтийн үр дүн болон дулааны боловсруулалт зэргээс үзэхэд кристаллд цэгэн болон шугаман дефект үүсэж байгаатай холбоотой болохыг тогтоов. Усанболорын өнгийг тунгалгаас гүн хар хүртэл дулааны боловсруулалтын горимоор удирдаж болох нь харагдаж байна.

- [1] Л.Баяржаргал, Д.Сангаа, Д.Баатархүү, МУИС-ийн ЭШБ №179(10), 2003, 99-105
- [2] Б.Бумаа, А.Бадмаараг, Д.Баатархүү, Д.Сангаа, ШУА-ийн ФТХ-ийн ЭШБ №36
- [3] Rietveld H.M., Acta Cryst. 1967. V.22. P.151.
- [4] Jana2006 User's manual

