

LABORANLAGE ZUR ABSCHIEDUNG VON
HYDROGENISIERTEN
AMORPHEN SILIZIUM

/Resumee/

Eine Laboranlage zur Abscheidung von hydrogenisierten amorphen Silizium (a-Si:H) nach der Plasma-CVD Methode wurde mit Unterstützung von Technischen Universität Dresden (TUD) aufgebaut und an der Mongolischen Staatlichen Universität (MSU) in Betrieb genommen. Die Anlage besteht aus den Hauptteilen Vakuumbdampfungsanlage HBA-1, HF-Generator IG-017, Vorkuumpumpen ZD4, 2DS60, Gassystem und eine Diffusionspumpe verwendet. Die Anlage bietet auch die Möglichkeit die elektrische Kontakte aufzubedampfen. Sie ist sicherheitsgemäss gebaut worden. a-Si:H Proben wurden aus 10%-igen Silan (SiH₄) Gas hergestellt.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

(резюме)

В Монгольском государственном университете при содействии технического университета Дрездена создана лабораторная установка для получения гидрогенизированного аморфного кремния методом разложения силана в тлеющем разряде. Установка состоит из вакуумной распылительной установки HBA-1, высокочастотного генератора IG-017 вакуумной системы и газораспределительной части. Имеется возможность напыления металлических контактов в той же камере сразу после осаждения a-Si:H плёнок. Установка соответствует всем требованиям техники безопасности.

БАГА ЭНЕРГИЙН ХУРДАСГАГЧИЙГ
АШИГЛАХ ЗАРИМ БОЛОМЖ

Г.Хүүхэжүү, И.Чадраабал, Г.Үнэбат

(МУИС, Цөмийн Шинжилгээний Лаборатори)

ОРШИЛ

Эгэл бөөмийн хурдасгагчийг бага ($E \leq 10$ МэВ), дунд ($E \approx 10^2$ МэВ), их ($E > 10^3$ МэВ), хэт их энергийн ($E \geq 10^5$ МэВ) гэж ангилж болно. МУИС-д анх 1960-аад оны дунд үеэр бага энергийн НГ-200 ($E=200$ кэВ) хурдасгагчийг Дубна хот дахь олон улсын Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтээс авч угсран, ажил оруулж $T+D \rightarrow {}^4\text{He}+n+17,6$ МэВ урвалыг ашиглан 14 МэВ энергитэй нейтроны генератор болгон хэрэглэж иржээ [1,2].

Унгар улсад үйлдвэрлэсэн, нилээд боловсронгуй хийцтэй, харьцангуй өндөр үзүүлэлттэй, бага энергийн хоёр дахь хурдасгагч Na-4-ийг 1970-аад оны сүүлчээр МУИС-ийн Цөмийн шинжилгээний лабораторид байрлуулж, мөн 14 МэВ энергитэй нейтроны генератор маягаар ашиглаж байна [3]. Дээрх хоёр төхөөрөмжийн гол техник үзүүлэлтүүдийг 1-р хүснэгтэд жагсаав.

1-р хүснэгт. МУИС-ийн ШШЛ-д байгаа бага энергийн хурдасгагчуудын техник үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлтүүд	НГ-200	Na-4
Хурдсах хүчдэл (кВ)	200	120
Хурдсах ионы гүйдэл (мкА)	30	1000
Нейтрон гаралт (н/с)	10^9	10^{10}
Нейтроны энерги (МэВ)	14	14
Хөргөлт	ус	эргэлдэх бай+ус
Импульсийн горим	мкс	-
Бетон хамгаалалтын зузаан (см)	50	100
Үйлдвэрлэсэн он, улс	1960, ОХУ	1975, Унгар

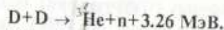
НГ-200 хурдасгагчийг Na-4-тэй ижил зорилгоор 14 МэВ энергитэй нейтроны үүсгүүр болгон хэрэглэхэд ашиг муутай болох нь 1-р хүснэгтээс харагдаж байна. Тухайлбал НГ-200 дээрх нейтрон гаралт 10 дахин бага байгаа юм. Түүнээс гадна бетон хамгаалалтын зузаан 14 МэВ энергитэй нейтронд хүрэлцэхгүй байгааг анхаарах хэрэгтэй.

НГ-200 хурдасгагчийн хүчдэлийг нэмж өөр зорилгод хэрэглэх саналыг 1980 онд дэвшүүлсэн [4] боловч энэ оролдлого тухайн үедээ тодорхой дэмжлэг аваагүй юм. Ийм учраас НГ-200 хурдасгагчийг онцын өөрчлөлт

хийлгүүгээр цаашид өөр зорилгоор ашиглах зарим шинэ боломжийг энэ өгүүлэлд авч үзэв.

1. 2,5-3,0 МэВ ЭНЕРГИТЭЙ НЕЙТРОНЫ ҮҮСГҮҮР

Дейтерий байг хурдассан дейтоноор бөмбөгдөхөд дараах урвал явагдана [5]:



Тусч буй дейтоны энерги 200 кэВ үед $\theta=0^\circ$ өнцгөөр гарах нейтроны энерги 3 МэВ, $\theta=90^\circ$ өнцгөөр 2,5 МэВ байна. Аравч болгон сонгож авсан металл ялтас дээр хурдассан дейтоныг тусган хуримтлуулах замаар дейтерий байг өөрийн нөхцөлд гарган авч болно. Ийм аргаар НГ-200 хурдасгагчийг 2,5-3,0 МэВ энергитэй, 10^6 и/с орчим гаралттай нейтроны үүсгүүр болгон ашиглаж болно. Энд нэмэлт элдэв төхөөрөмж шаардлагагүй бөгөөд бетон хамгаалалтын зузаан ч хангалттай байх болно. Нейтроны ийм үүсгүүрийг нейтроны тоолуурт тохируулга хийх, дозиметрийн судалгааны хэмжилт явуулах зэрэгт стандарт үүсгүүр болгон хэрэглэх боломжтой. Мөн нейтроны физикийн зарим тулгуур болоод хавсарга судалгаанд ашиглаж болох юм.

2. ИОНЫ ИМПЛАНТАЦ

Хурдассан ионыг хатуу биет дээр тусган суулгаж, тодорхой найрлага, бүтэц бүхий бодис гарган авахыг ионы имплантаци гэдэг [6]. Ионы имплантацийг микроэлектроник, хагас дамжуулагч багажийн үйлдвэрлэл, хатуу биеийн судалгаанд өргөн хэрэглэдэг. Энэ аргаар дурын элементийн атомыг ямар ч материал дээр хүссэн хэмжээгээр суулгаж болдоггоороо бусад уламжлалт аргуудаас давуу талтай. Ихэнхдээ, имплантац хийх ионы энерги $E=10-500$ кэВ байх бөгөөд үүнд харгалзах ионы нэвтрэлтийн гүн нь ионы төрөл, суулгах материалын шинж чанараас хамаарч 0,01-1 мкм байдаг. НГ-200 хурдасгагч дээр ийм имплантац хийх боломжтой. Гагцхүү энд имплантац явуулах вакуумын тусгай камер, янз бүрийн атомын ионжуулагч зэргийг шинээр нэмж тавих шаардлага гарна.

3. РЕЗЕРФОРДЫН ГЭДРЭГ САРИНАЛЫН АНАЛИЗ

Хүнд элементийн M_2 масстай цом дээр M_1 масстай хөнгөн цом тусгахад Кулоны орны түлхэх хүчнээс болоод эргэж ойх үзэгдлийг Резерфордын гэдрэг сарнил гэдэг. Гэдрэг сарнисан бөөмийн энерги E_1 анх туссан E_0 энергитэй харьцуулахад хир зэрэг өөрчлөгдөж байгааг харуулах хэмжигдэхүүнийг кинематик фактор k гэнэ [7]:

$$k = \frac{E_1}{E_0} = \frac{\frac{M_1}{M_2} \cos\theta \pm \sqrt{1 - \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 \sin^2\theta}}{1 + \frac{M_1}{M_2}} \quad (1)$$

Үүний θ — сариналын өнцөг. Ийнхүү саринуулагч бай-цөмийн масс M_2 , сариналын өнцөг θ хоёроор туссан бөөмийн энергийн өөрчлөлт тодорхойлогдож байна. Сариналын өнгийн тодорхой утгыг ($\theta \approx 170^\circ$) сонгож авбал саринасан бөөмийн энерги E_1 зөвхөн M_2 -оор тодорхойлогдоно. Өөрөөр хэлбэл, практикт E_1 -ийг хэмжих замаар M_2 -ыг олж болно гэсэн үг. Энэ замаар (1) томъёог ашиглан дээж дэх элементийн найрлагыг олж болно.

Гэдрэг саринаж тоолуурт бүртгэгдсэн ионы тоог

$$Y = \sigma(\theta) N_s Q \Delta\Omega \quad (2)$$

томъёогоор олж болно. Үүний $\Delta\Omega$ —тоолуурын бүртгэх биет өнцөг, Q —тусч буй ионы тоо, N_s — нэгж гадаргуу дахь бай-цөмийн тоо, $\sigma(\theta)$ —Резерфордын сариналын хөндлөн огтлол бөгөөд үүнийг дараах томъёогоор [7] олно:

$$\sigma(\theta) = \left(\frac{z_1 z_2 e^2}{4E} \right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} \quad (3)$$

Энд z_1 — тусч буй бөөмийн цэнэг, z_2 — бай цөмийн цэнэг, e —электроны цэнэг, E —тусч буй бөөмийн энерги, θ — сариналын өнцөг. Дээрх (2) ба (3) томъёог ашиглан цөмийн цэнэг Z_2 —г тодорхойлж болно. (1) - (3) томъёонуудыг ашиглан тухайн анализын мэдрэх чадварын доод хязгаарыг үнэлж болно.

НГ- 200 хурдасгагч дээр протон буюу альфа-бөөмийг хурдасган, Резерфордын гэдрэг сариналын аргаар дээжийн гадаргуу дахь элементийн найрлагад анализ хийх боломжтой [8]. Ийм анализ хийхийн тулд сарнисан бөөмийг бүртгэх Si-Au төрлийн тоолуур, дээж ба тоолуурыг байрлуулах вакуумын камер тавьж өгөх шаардлагатай. Мөн устөрөгч буюу гелийн ионы үүсгүүр хэрэгтэй болно. Резерфордын гэдрэг сариналын аргаар хатуу бие, хагас дамжуулагч материалын гадаргуу ба нимгэн хальсыг судлахад нэн тохиромжтой.

4. ИОН СУВАГЛАХ ҮЗЭГДЛИЙН СУДАЛГАА

Кристалл дээр туссан ионууд торын хавтгайнуудын дундуур сариналгүйгээр тодорхой чиглэлийн дагуу гүн нэвтрэх үзэгдлийг ионы суваглал гэнэ [7]. Ион суваглахын тулд кристалл торын тэнхлэг, тусч буй

ионы чиглэл хоёрын хоорондох өнцөг тодорхой критик утгаас хэтрэхгүй байх хэрэгтэй. Ион суваглах үзэгдлийг ашиглан кристалл бодисын бүтцийг судалж болохоос гадна ионы имплантаци хийх гүнийг ихээхэн нэмэгдүүлж болно. Манай нөхцөлд НГ-200 хурдасгагч дээр ийм судалгаа хийх боломжтой бөгөөд энд алсын удирдлага бүхий гониометртэй вакуумын камер хийж тавих шаардлага гарна. Мөн янз бүрийн ионы үүсгүүрийн системийг шинээр хийх хэрэгтэй болно.

5. ПРОТОН-РЕНТГЕНФЛУОРЕСЦЕНТИЙН АНАЛИЗ

Характеристик рентген туяаны спектр шугамын энерги элемент бүрт өөр байдаг тулгуурлан рентгенфлуоресцентийн анализаар бодисын элементийн найрлагыг судалдаг. Характеристик рентген туяаг рентген цацрагт хоолой, гамма үүсгүүр зэргээр өлөөж болохоос гадна хурдасан ионоор өлөөж болдог [9]. Рентген хоолой буюу гамма үүсгүүртэй ажиллах үед хөнгөн элементийн характеристик рентген туяа муу өлөөгддөг. Харин ионы өлөөлттэй үед хөнгөн элементийн характеристик рентген туяагаар түүний агуулгыг тодорхойлох боломжтой болдог. Гэвч энэ чиглэлийн судалгаанд голдуу МэВ энергитэй протоныг ашиглаж иржээ [9]. НГ-200 хурдасгагч дээр Si-гоолуур бүхий вакуумын камер хийж тавин $E_p \leq 200$ кэВ үед характеристик рентген туяаны өлөөлтийг судалж, протон-рентгенфлуоресцентийн анализ хийх боломжийг хайвал сонирхолтой байна.

NEW USES OF LOW ENERGY ACCELERATOR

Abstract

The possibilities of applications of the 200 keV Cockroft-Walton accelerator for $D-D$ neutron measurements, ion implantation, Rutherford backscattering analysis, ion channeling and proton induced X-ray analysis are discussed.

АШИГЛАСАН НОМ ХЭВЛЭЛ

1. А.П.Кобзев, В.И.Салацкий. Нейтронный генератор. Внутренний отчет Лаборатории Нейтронной Физики ОИЯИ. №17/364, 1960 Дубна.
2. А.Г.Белов, Ю.П.Гангрский, Н.Ганбаатар и др. Модуляция дейтронного пучка нейтронного генератора. В кн: "Нейтронная Физика", часть 4, 1977, Москва, с.257
3. Лаборатория активационного анализа с нейтронным генератором (Описание). МЕТРИМНЕКС, Будапешт.
4. Г.Хүүхэйнхүү. Предложение о реконструкции нейтронного генератора Монгольского государственного университета. Дубна, 1980, (Частное сообщение).
5. Под ред. Дж.Мариона, Дж.Фаулера. Физика быстрых нейтронов. Том 1, 1963, Москва.

6. Ю.С.Рябухин, А.В.Шальнов. Ускоренные пучки и их применение. Атомиздат, 1980, Москва.
7. Л.Фелдман, Д.Майер. Основы анализа поверхности и тонких пленок. Перевод с английского. "Мир", 1989, Москва
8. В.Гиятович, И.Квитек и др. Анализ элементов с помощью упругого рассеяния заряженных частиц с энергией 200 кэВ. В кн: "4-ое совещание по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач" 1982, Дубна, с. 157.
9. В.М.Коляда, А.К.Зайченко, Р.В.Дмитренко. Рентгено-спектральный анализ с ионным возбуждением. Атомиздат, 1978, Москва