

ЭЛЕКТРОНЫ ЦИКЛ ХУРДАСГУУР МИКРОТРОН "МТ-22"-Д ХУРДАССАН ЭЛЕКТРОНЫ ГҮЙДЛИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Д.Баатархүү, Белов.А.Г, Б.Далхсүрэн,
Ш.Гэрбиш, Б.Сэргэлэн, Н.Норов, З.Цагаанхүү.
МУИС, Цөмийн Судалгааны Төв

Түлхүүр үг: Электрон, хурдасгуур, хурдассан электроны
гүйдэл, гамма-квант, нейтрон, бай, сарнил, фокусслалт.

ОРШИЛ

ОХУ-ын Дубна хотын Цөмийн Шинжилгээний Нэгдсэн Институт (ЦШНИ)-д бид хамтран бүтээсэн МУИС-ийн Цөмийн судалгааны төвийн электроны цикл хурдасгуур микротрон МТ-22-ын /1/ үндсэн үзүүлэлт болох электрон хурдасгалт, хурдассан электроны дотоод орбит дээрх түгэлт, эдгээр орбитоос дамжуулах хоолойд фокуслагдан байд тусах гүйдлийн эрчмийг, хурдасгах цахилгаан орны чадлын тогтвортой утганд хурдасгалтын горим, резонатор бүрийн хувьд тодорхойлох, хурдасгах элемент, хурдасгуурын ажиллагааны горимыг тогтоох, хурдасгуурын хоёрдогч цацраг гамма, нейтроны шарлагын төхөөрөмжийг /2,3/ технологийн тохиромжтой горимоор байгуулах үндэслэлийг тогтоох зорилго тавьсан юм..

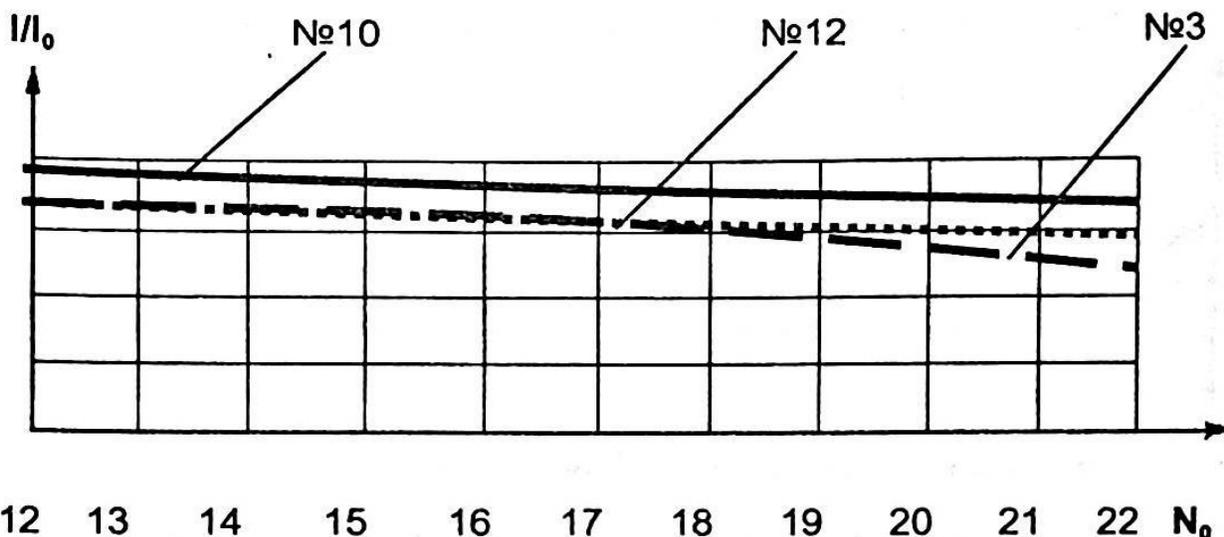
1. ЭЛЕКТРОН ХУРДАСГАЛТ, РЕЗОНАТОРЫН ЭФФЕКТИВ АЖИЛЛАГАА, ДОТООД ОРБИТ ДЭЭРХ ЭЛЕКТРОНЫ ТҮГЭЛТ.

Электрон хурдасгах резонатор нь добротность, холбоосын коэффициент, давтамж зэрэг параметраас гадна, бүтэц зохион байгуулалт, хийц, хэлбэрээс хамааран хурдасгах горимд тохирон ажиллах ажиллагааны эффектив үзүүлэлттэй /4/. Энэ нь хурдасгуур бүрд нэгэн адил камер дахь хурдасгалтын эмзэг мужийн захын 8-10 орбит дээр хурдасгаж байгаа электроны гүйдлийн эрчим, түгэлтийн динамик харьцаагаар резонатор бүрд илэрхийлэгдэнэ.

Нэгдүгээр горимын резонаторт хурдассан электроны эрчим, хоёрдугаар горимын резонаторт хурдассан электроны эрчмээс 4÷6 МкА-аар их байгаа нь эхний орбитын хэлбэр, хурдасгах орон харьцангуй нэгэн төрлийн, хурдасгалтын хамрах

муж өргөн, энерги өсөлтийн алхам бага зэрэг горимын давуу талтай холбоотой /5/. Зураг-1.

12, 10-р резонаторын хувьд гадна талын 10 орбит дээр хурдассан электроны гүйдлийн эрчмийн бууралт шугаман хамааралтай, энэ бууралт орбит бүрд тогтмол 1,5-2% байна.



Зураг 1. Хурдасгах камер дахь дотоод орбит дээр, №10-нэгдүгээр, №12, №3-хоёрдугаар горимын резонаторт хурдассан электроны түгэлт

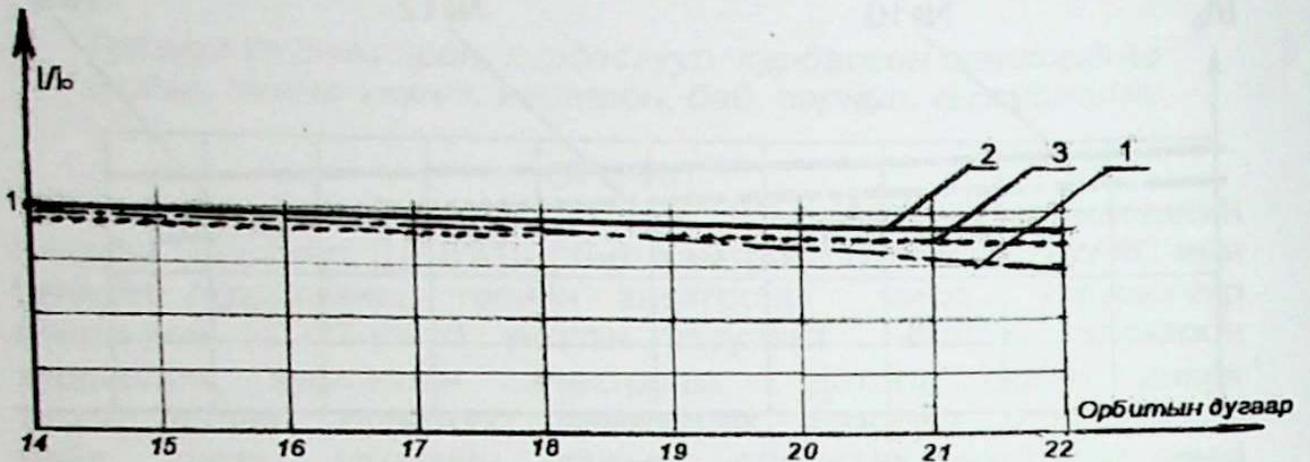
Хоёрдугаар горимын 3, 12-р резонаторт хурдассан электроны гүйдлийн хэмжээ эхний 18 орбитод адил харин 19-22-р орбитод 3-р резонатор дахь гүйдэл 2,5-3,5МкА-аар огцом буурч (зураг-1) байгаа нь уг резонаторын дефект, электроныг фокуслан хурдасгах завсарын тэгш бус хэмийн элэгдэлтэй холбоотой юм /6/.

2. ХУРДАССАН ЭЛЕКТРОНЫ ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТ, ГАРАЛТ

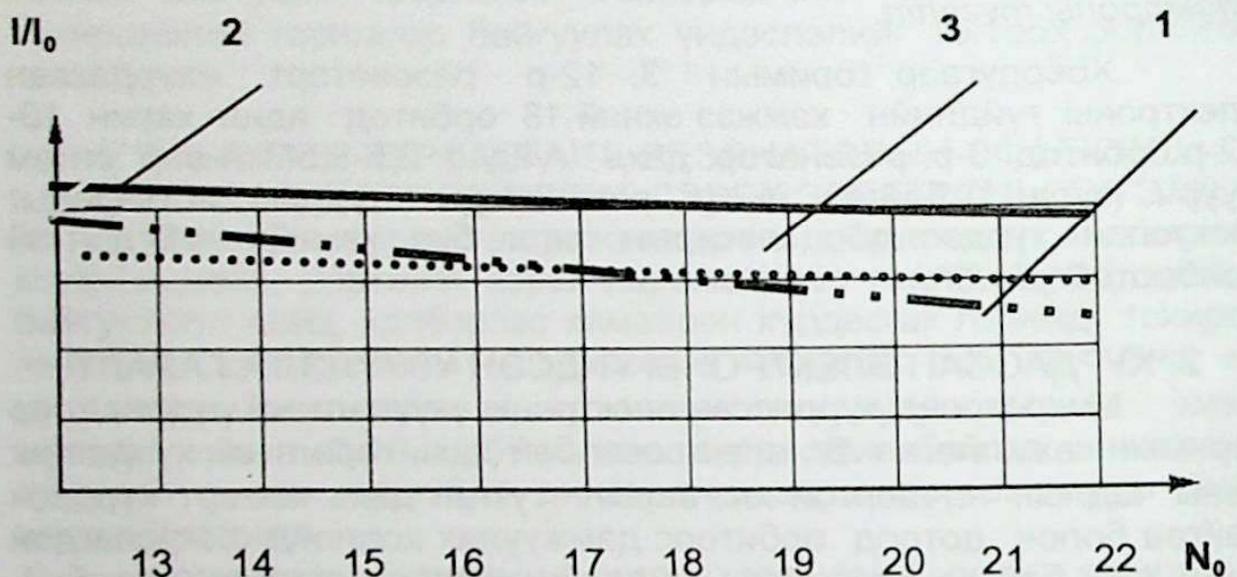
Микротронд хурдассан электроны үзүүлэлт нь үндсэн хоёр горимын ажиллагаа /5/, электроны бай дахь гаралт нь хурдасгах орны чадлын тогтвортой хязгаарын утган дахь камерт хурдасч байгаа болон дотоод орбитоос дамжуулах хоолойд фокуслагдан байд тусч байгаа электроны гүйдлийн хөндлөн огтлолын талбай, сарнил, харьцангуй эрчмийн бууралтын статистик /7/, үзүүлэлтээр тодорхойлогдоно.

Хурдасгалтын нэгдүгээр горимд (резонатор № 10) ЦСД-ны чадлын $I_a \sim 70$ МкА утганд электроны гурван хоолойн

бай дээрх 8–12МэВ энергитэй хурдассан электроны гүйдэл 16- 25 МкА, тусалтын хөндлөн огтлолын талбай 30- 42 мм² байгааг электроны мөр, шингээлтээр тогтоосон. 16-22-р орбитоос байд гарч байгаа хурдассан электроны гүйдлийн хурдасгах орны чадлын нэгэн утган дахь харьцангуй эрчмийг зураг-2 үзүүлэв.

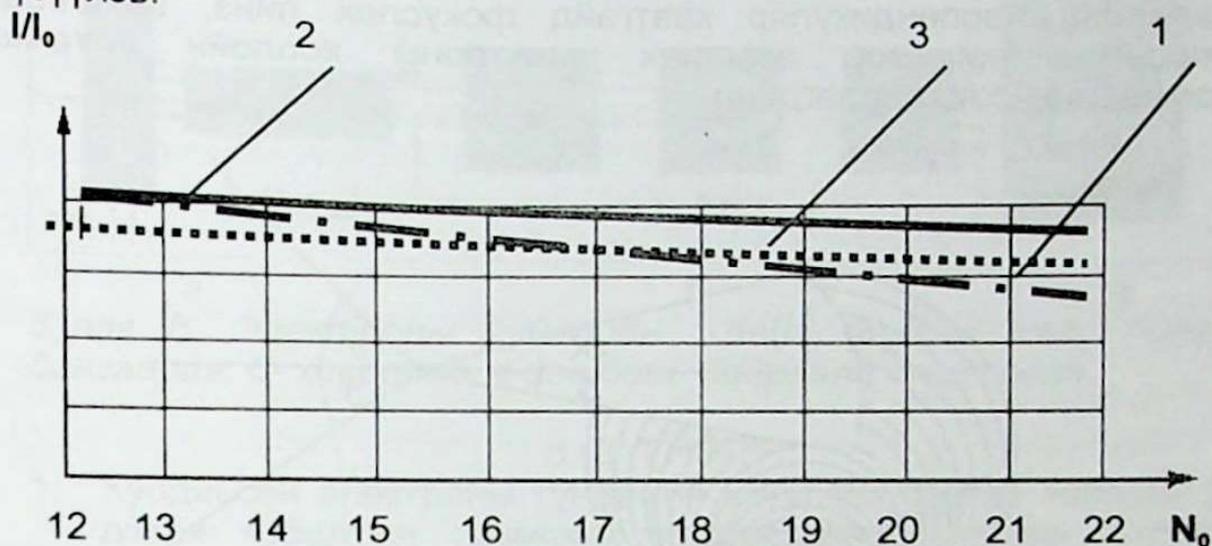


Зураг 2. Нэгдүгээр горимд хурдассан электроны гурван байд 16-гаас дээш орбитоос гарч байгаа гүйдлийн харьцангуй эрчим.



Зураг 3. Хоёрдугаар горимын резонаторт (№12) хурдассан электроны байд гарч байгаа гүйдэлийн харьцангуй эрчим.

Хурдасгалтын хоёрдугаар горимд (резонатор №12, №3,) хурдасгах орны чадлын $I_a \sim 70$ МкА утганд, электроны гурван хоолойн байд дээр 15-22 МэВ энергитэй хурдассан электроны гүйдэл 12-15 МкА, хөндлөн огтлолын талбай $35-50$ мм² хүрч байна. Хурдасгуурын ажиллагааны тогтвортой горимд 15-22-р орбитоос байд гарч байгаа хурдассан электроны гүйдлийн харьцангуй эрчмийг тогтоосон хэмжилтийн дүнг Зураг-3, зураг-4 үзүүлэв.



Зураг 4. Хоёрдугаар горимын резонаторт (№3) хурдассан электроны байд гарч байгаа гүйдлийн харьцангуй эрчим.

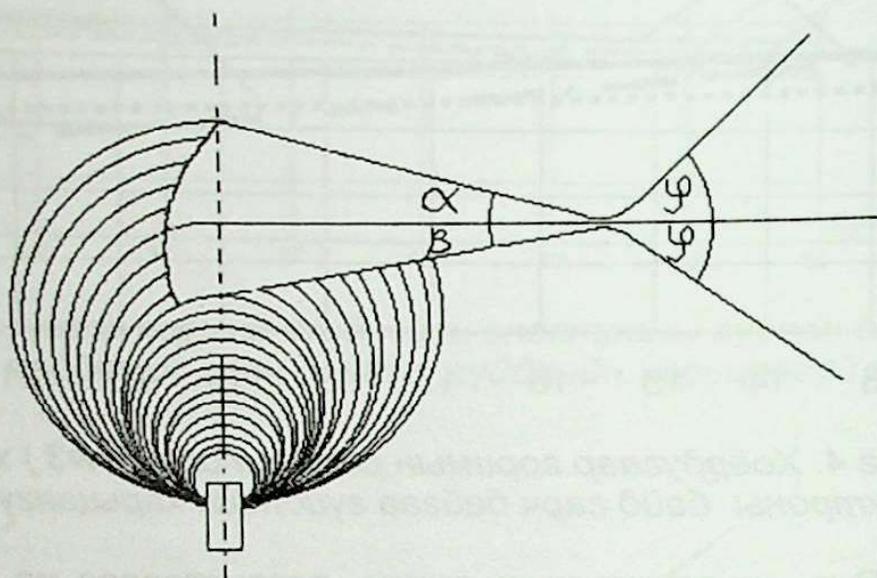
Энд хурдасгалтын горим, резонатороос үл хамааран ЦШНИ-ийн микротроны үзүүлэлттэй адилхан, хурдассан электроны гаралт сарнил нь электроны хоолойд орох хазайлтын өнцгөөс хамаарч байна. Хурдассан электрон гарах үеийн хуваарилах камер дахь хазайлтын схем зураг-5.

-Хурдассан электрон хоёрдугаар хоолойд ~ 18 -р орбитоос бараг хазайхгүйгээр, захын ба дотор орбитоос бага $\sim \alpha, \sim \beta$, ($\varphi > 2\alpha \approx 2\beta$) өнцгөөр хазайн хоолойн тэнхлэгийн дагуу орж бүрэн фокуслагдах тул байд гарах гаралт харьцангуй 5-8%-оор их, электроны гаргалтын бууралт орбит бүрд бага, шугаман хамааралтай.

-Нэг ба гуравдугаар байд гарч байгаа хурдассан электроны хэмжээ 18-19-өөс дээш орбитоос гуравдугаар байд, 16-17-аас дотор орбитоос нэгдүгээр байд харьцангуй 2-4%-оор орбит бүрд илүү, харин 18-р орбитийн хувьд гаргагдах хэмжээ ижил.

Энэ нь нэгдүгээр хоолойд 18-19-өөс дээш орбитоос, гуравдугаар хоолойд 17-18-ын дотор талын орбитоос электрон харгалзан их $\varphi \Rightarrow (\varphi + \alpha)$, $\varphi \Rightarrow (\varphi + \beta)$, өнцгөөр хазайх үеийн хоолойн тэнхлэгээс тодорхой зайтай орсон захын электрон сул фокуслагдан сарнисантай холбоотой /7/.

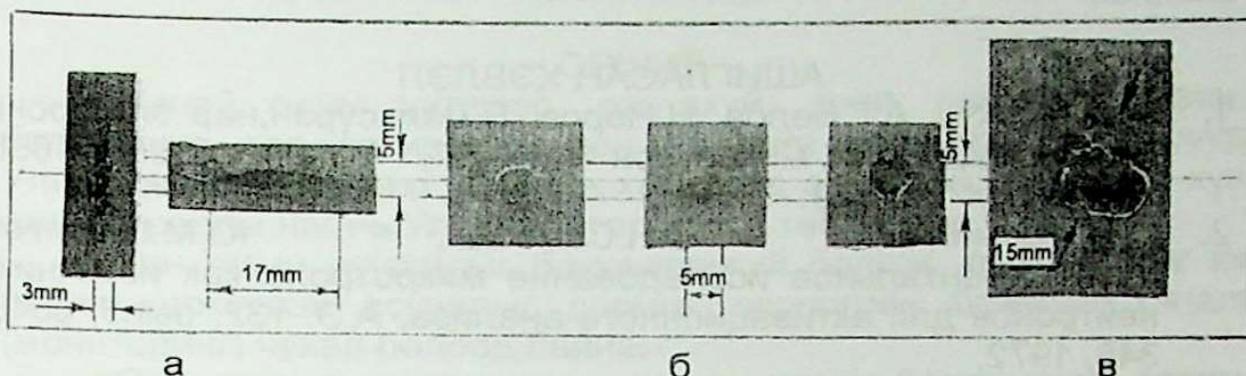
Электроны энэ саринал φ -өнцөгөөс хамаарах ба бага байх утга нь хамгаалалттай гамма-цацрагийн ба фото-нейтроны төхөөрөмж, харилцан перпендикуляр хавтгайд фокуслах линз, цахилгаан соронзны нэг хос ажиллах электроны хоолойн шугаман хэмжээгээр хязгаарлагдана.



Зураг-5. Хурдассан электрон гарах хоолойд хувиарлагдах үеийн хазайлтын схем.

Электроны хоолойд харилцан перпендикуляр хавтгайд фокуслах линзийн дан болон хос ажиллагаа, тохиргооноос хурдассан электроны гүйдэлийн фокусралт, сарнилын хамаарлыг байд тусч байгаа мөрийн хөндлөн огтлолоор үзүүлэв зураг-6.

Хурдасгуурын эффектив ажиллагаа электроны сарнил хамгийн бага байхаас хамаарах ба байд резонаторт хурдассан электроны 60-80% гаргагдана. Дотоод ба гаргах системийг электрон хурдасгахаас өмнө буюу эрчим бага үед тохируулж, сүүлд нь унтраах дараалал баримтална.



Зураг 6. Электроны гүйдлийн байд туссан мөр. Линз а-дангаараа, б- хосоороо, в-зөв биш байрлалд ажилласан.

3. ДҮГНЭЛТ

1. Хурдассан электроны гүйдлийн үзүүлэлт гурван хоолойн бай дээрх гаралтын хэмжээг, хурдасгалтын хоёр горимд, хурдасгуурын тогтвортой ажиллагааны эмзэг их энергийн (гадаад орбитоос гарах) мужид тодорхойлов.
2. Хурдассан электроны байд гарах энэ гаралт нь хурдасгуурын хоёрдогч цацрагийн төхөөрөмжийг, ашиглалтын технологийн горимын дагуу электроны энерги эрчмээс хамааруулан туршилт судалгаанд нэн тохиромжтой, мөн хурдасгуурын эд ангийн идэвхжил, электроны алдагдал бага дараах хэлбэрээр байгуулах үндэслэл бүрдүүлж байна.

- Голын хоёрдугаар хоолойн бай дээр дулааны ба резонансны энергитэй нейтроноор дээж шарах зориулалтын суваг бүхий, уран-238 U^{238} дээр (γ, n) урвалаар нейтрон үүсгэн удаашруулагч фото-нейтроны төхөөрөмжийг ЦШНИ-ийн жишиг, электроны гаралтын эрчмийг үндэслэн байгуулах.

- Нэгдүгээр бай дээр 16-17 МэВ-ээс бага энергитэй, гуравдугаар байд 22МэВ хүртэл энергитэй тасралтгүй спектртой гамма-квантын болон 0,5, 1 Мэв энергийн алхамтай моно-энергитэй электроны шарлагын хамгаалалт бүхий шугамыг байгуулах.

3. Хурдасгуурын болон резонаторын эффектив ажиллагааг үнэлэх боломж бүрдсэн.

Abstract

Determined "electron acceleration ability" in 2 mode of acceleration which is one of basic quantity of electron cyclic accelerator microtron at nuclear research center of NUM. Also determined output of electrons from 14-22-th orbit to target of 3 channel.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

1. Д.Баатархүү, А.Г.Белов, Н.Норов, Б.Далхсүрэн, нар электроны цикл хурдасгуур микротрон "МТ-22", МУИС, ЭШБ, 1998, №4(137), х 109-119.
2. В.К.Бровынцин, В.Н.Самосюк, Ю.М.Ципенюк. Экспериментальное исследование микротрона как источника нейтронов для активационного анализа, А.Э. т32, вып5, с343-348, 1972.
3. А.Г.Белов, П.Г.Бондаренко, Ч.Шимане, М.Вогнар, Сообщения ОИЯИ, Дубна, Р9-82,-301.
4. Харьюзов Р.В, ОИЯИ, 9-3750, Автореферат, Разработка исследования СВЧ системы силноточного микротрона на 30 МэВ Дувна, 1978.
5. С.П.Капица, В.Н.Мелехин, Микротрон, "Наука", Москва, 1969.
6. Ф.В.Радианов, В.П.Степанчук и др, Об одном режиме ускорения в микротроне, ЖТФ, 1971, т41, №5, с999-1001.
7. Е.Л.Косарев, Экспериментальное исследование устойчивости ускорения электронного пучка в микротроне, ЖТФ, 1971, т19, №7, с1452-1461.
8. Арцимович, Лев Андреевич и др, Фокусировка в поперечных электрических и магнитных полях. Сильная фокусировка, Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях, с90-103, "Наука", Москва, 1978.