

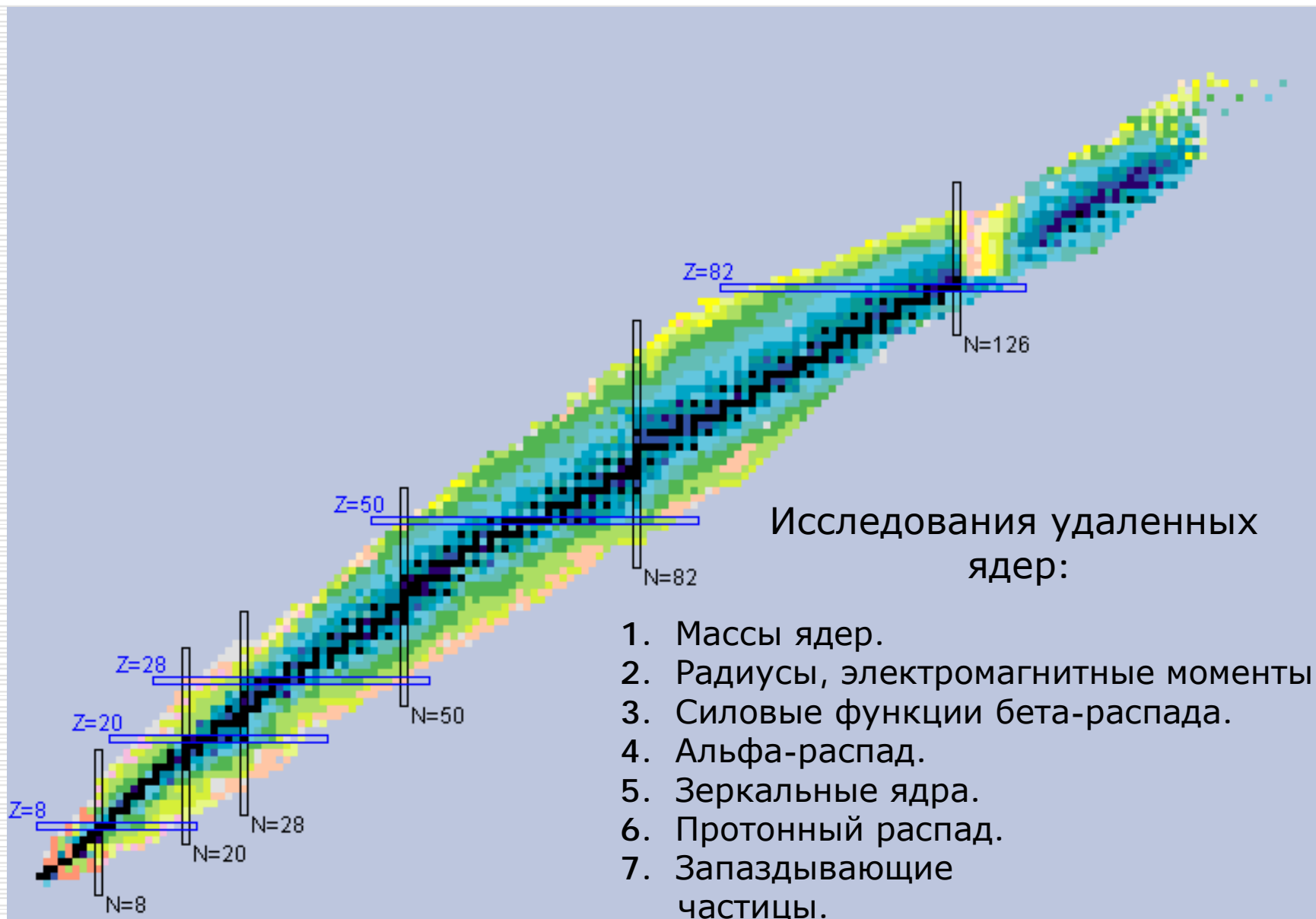
Научная сессия ОФВЭ. 27 - 29 декабря 2004 г.

В. Н. Пантелеев

**Исследование нейтроноизбыточных и
нейтронодефицитных ядер, удаленных от полосы
 β -стабильности, 2004 г.**

1. Введение.
2. Выполнение плана научно-исследовательских работ за 2004 г:
 - а) лазерно-спектроскопические исследования изотопов Gd;
 - б) разработка новых мишенно- ионных устройств для получения изотопов большинства элементов Периодической системы.

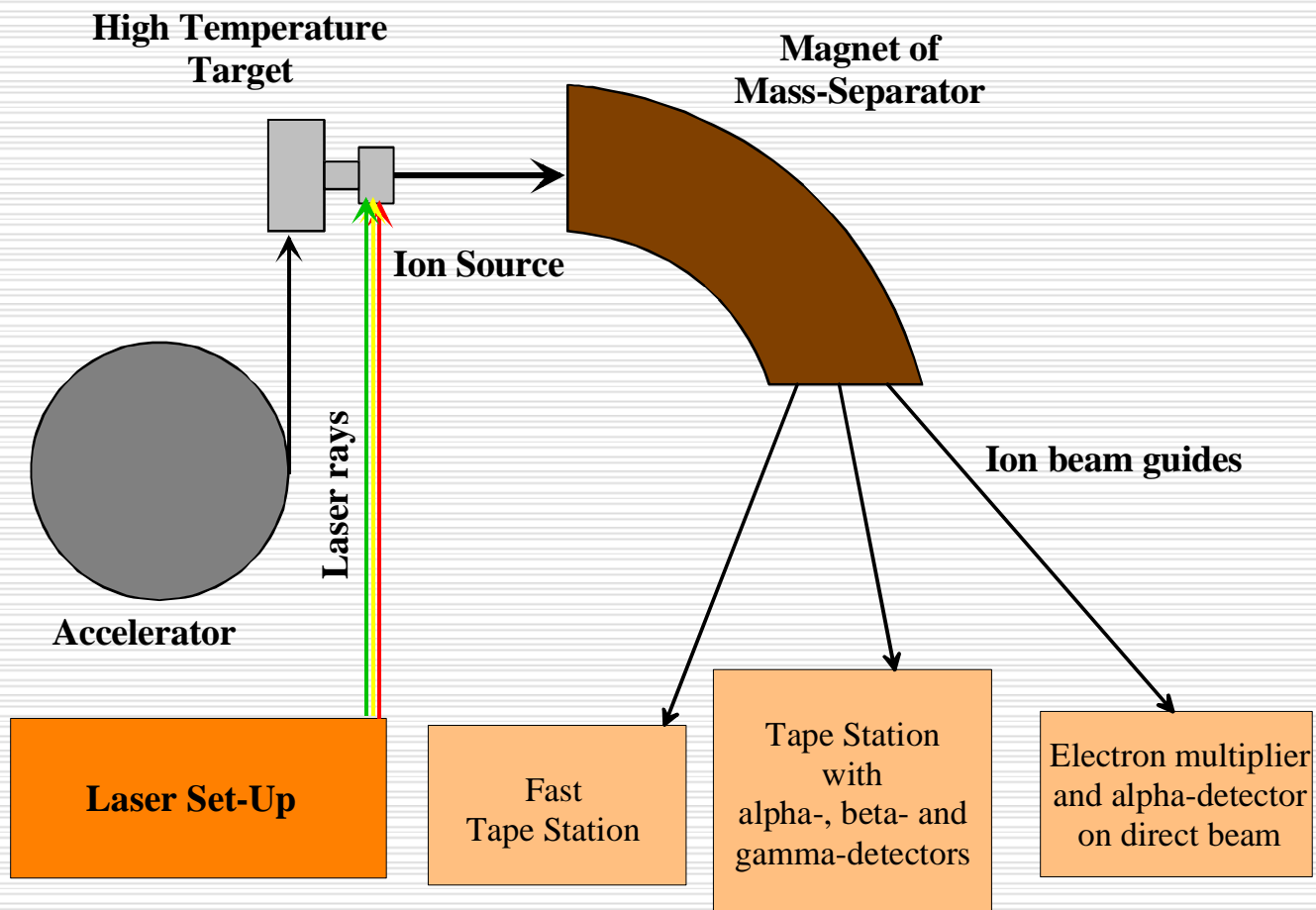
Карта нуклидов



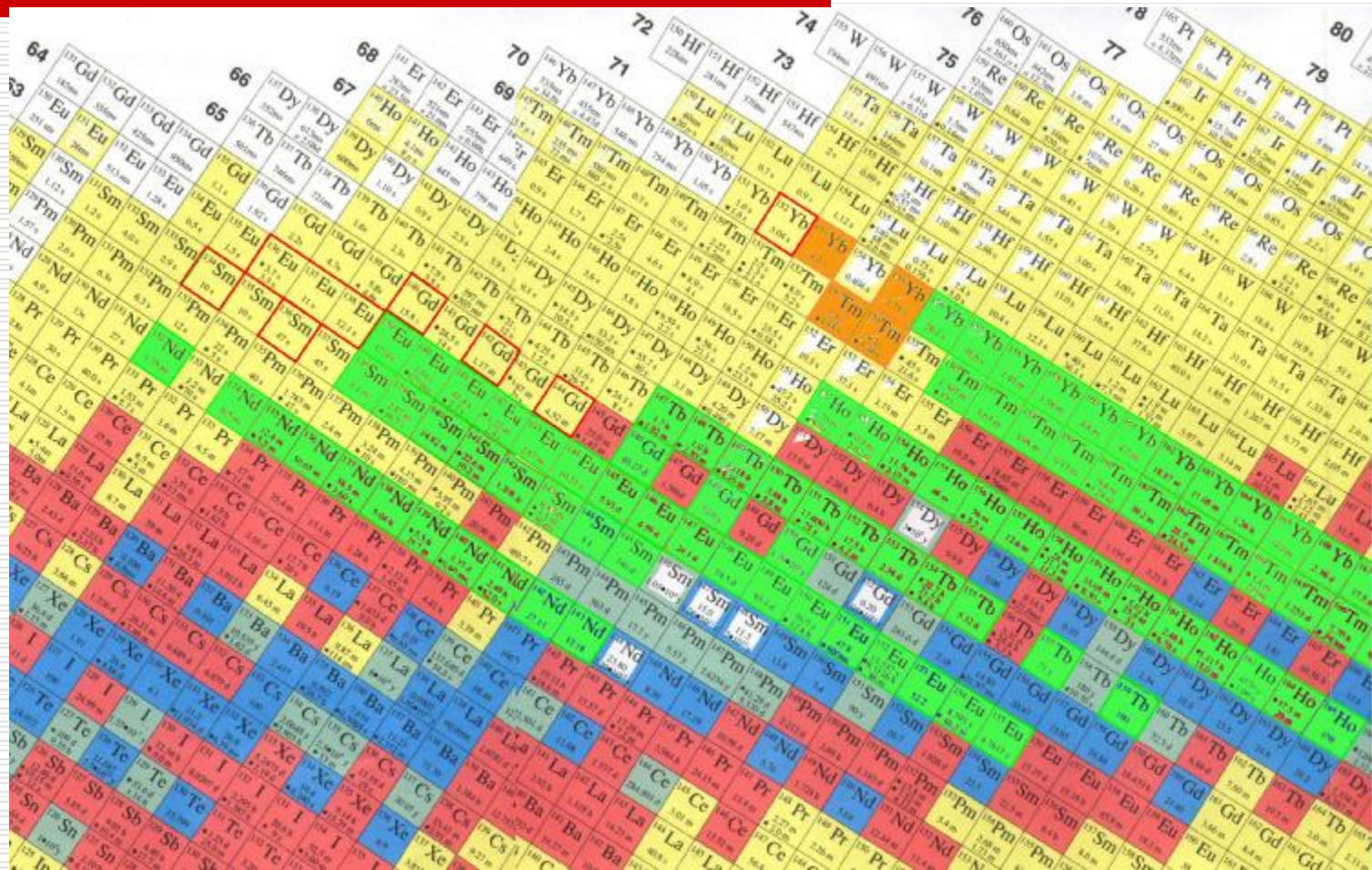
Фабрики нейтронодефицитных и нейтроноизбыточных ядер, удаленных от полосы бета-стабильности

1. ISOLDE (CERN).
2. ISAC (TRIUMF).
3. ИРИС (Гатчина).

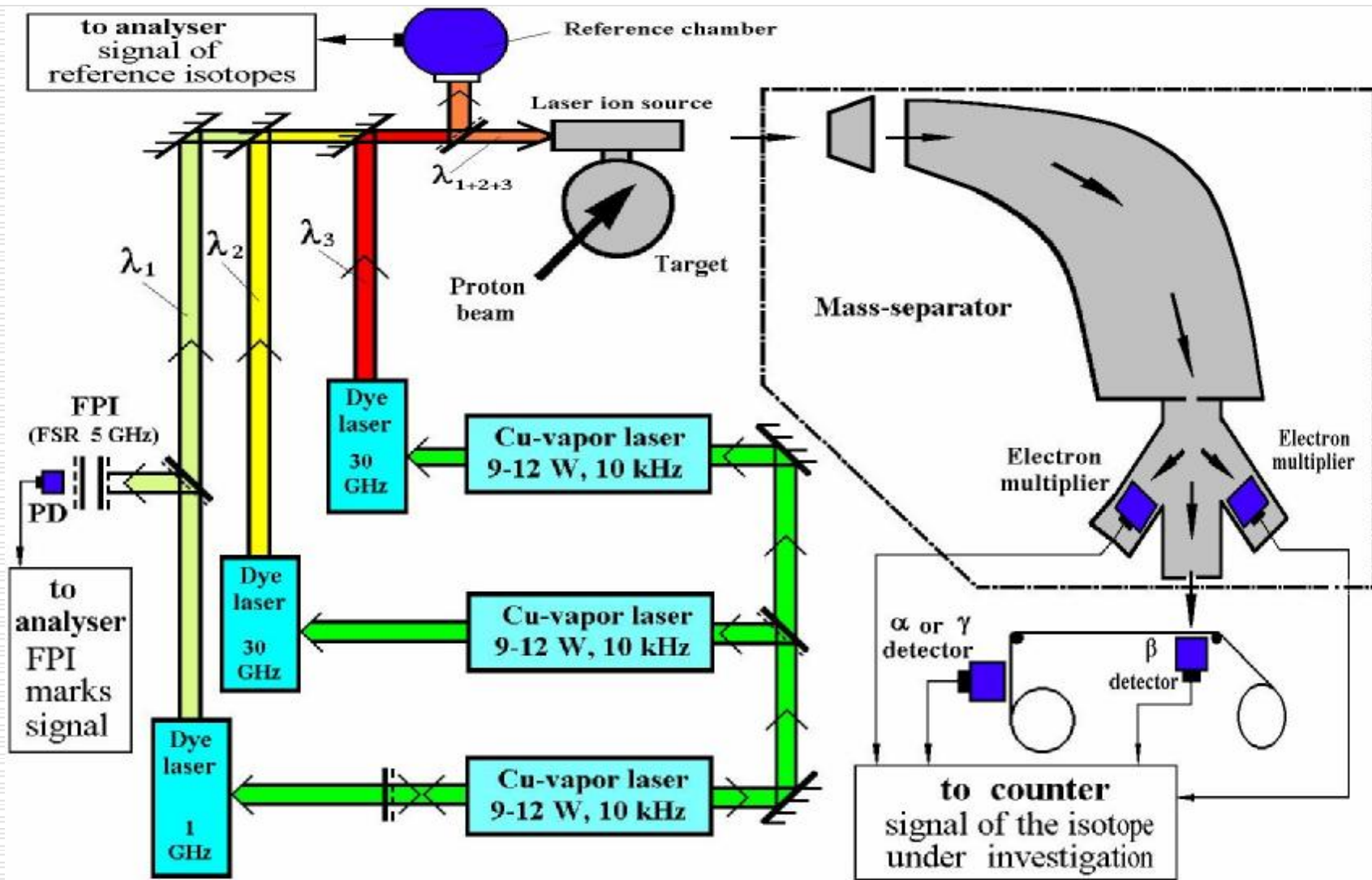
ISOL- система ИРИС (Исследование Радиоактивных Изотопов на Синхроциклотроне)



Область исследуемых нуклидов



Методика эксперимента



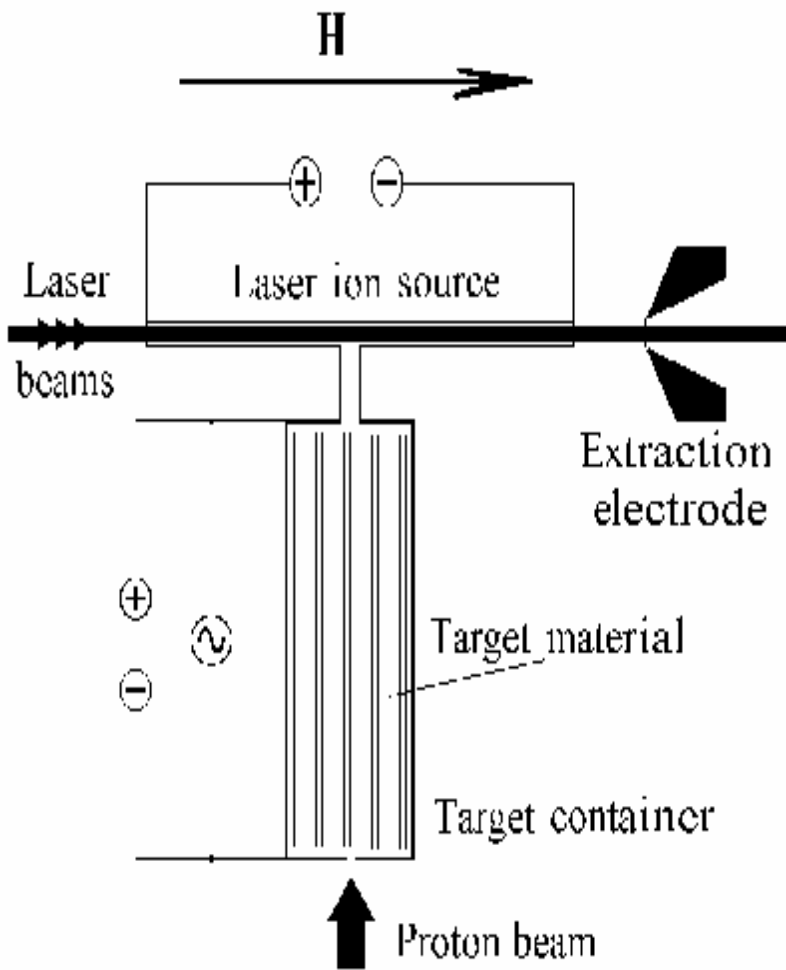
Методика эксперимента

Проведение экспериментов по измерению изотопических сдвигов короткоживущих изотопов редкоземельных элементов, в том числе и Gd, стало возможным благодаря:

- 1. Значительному увеличению эффективности и селективности фотоионизации** (использование впервые резонансной фотоионизационной спектроскопии в лазерном ионном источнике).
 - 2. Увеличению выходов исследуемых ядер более, чем в 30 раз** (использование новой высокотемпературной мишени масс-сепаратора, а также аксиального магнитного поля, приложенного вдоль оси ионного источника).
-

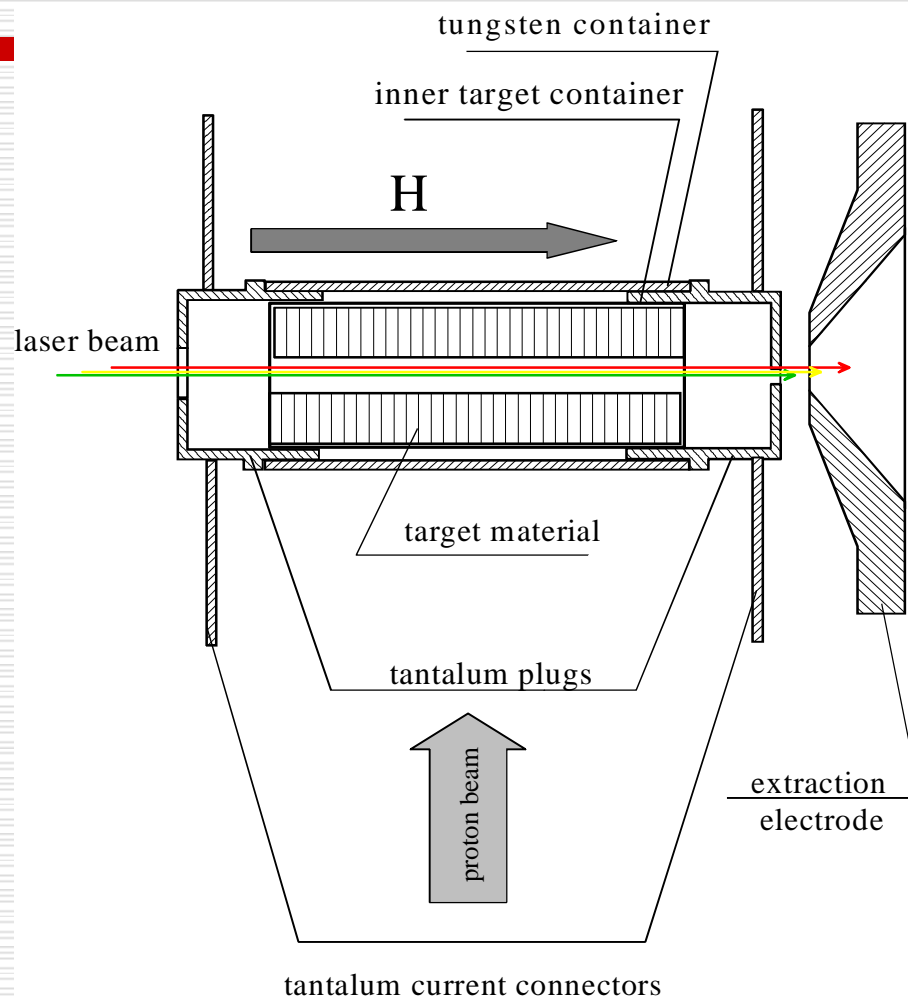
Использование специальной конструкции мишени с лазерным ионным источником:

увеличение селективности в 10 раз

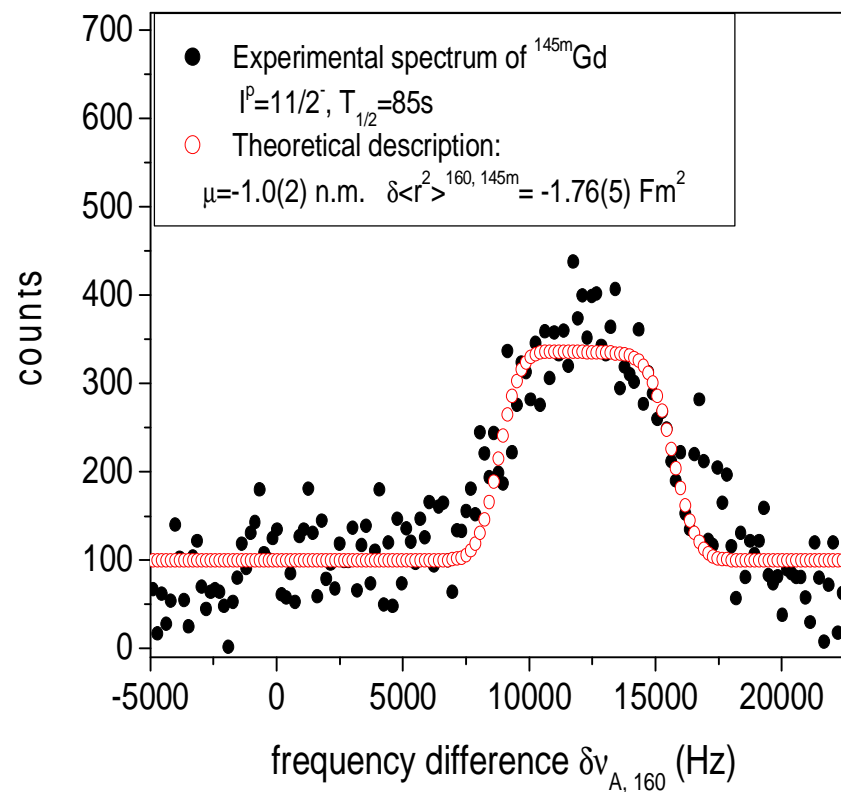
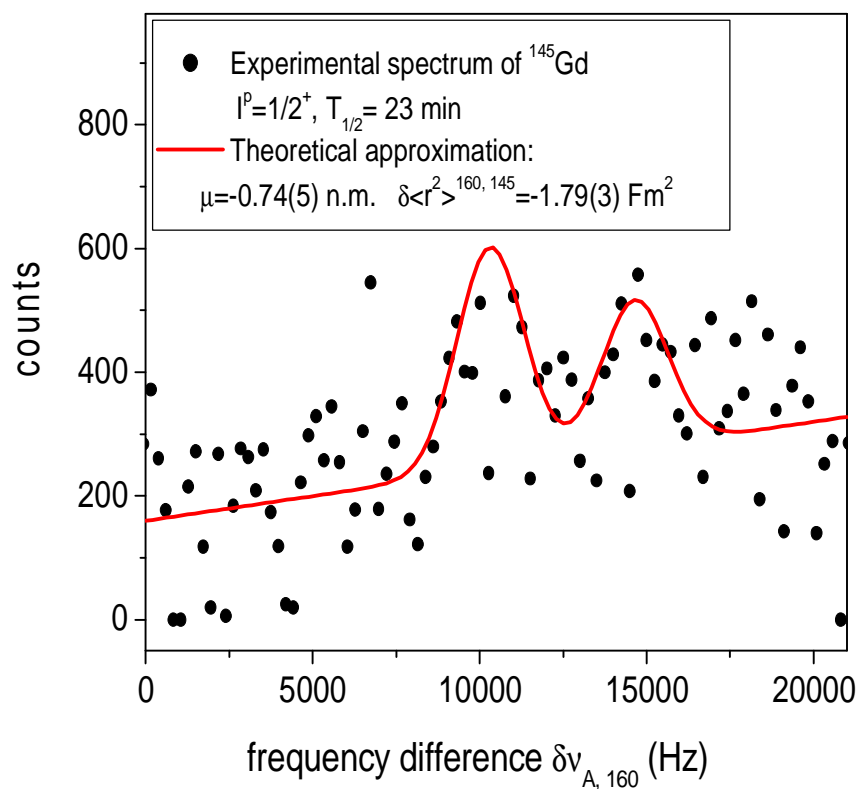


Впервые использована лазерная мишень:

увеличение эффективности в 5 раз



Оптические спектры основного и изомерного состояний изотопа ^{145}Gd



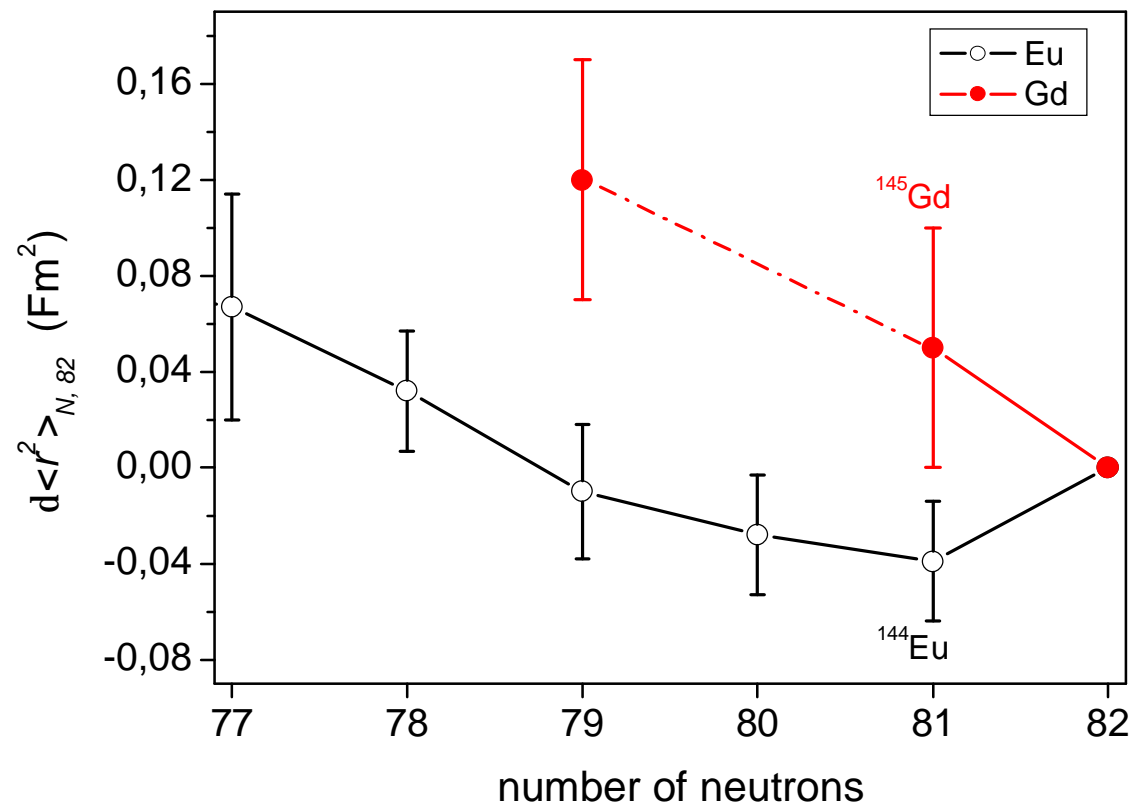
Изотопические сдвиги и константы сверхтонкого расщепления, полученные из оптических спектров

Isotope	Dn_{A-160} , MHz	a , MHz
$^{145\text{m}}\text{Gd}$ (I=11/2)	-12350(320)	-7.5(1.5)
^{145}Gd (I=1/2)	-12550(190)	-58.8(3.8)
$^{143\text{m}}\text{Gd}$ (I=11/2)	-12350(350)	-

Изменения среднеквадратичных зарядовых радиусов и магнитные моменты, вычисленные для измеренных нуклидов

Isotope	$D\langle r^2 \rangle_{A-160}, \text{Fm}^2$	$\mu, \text{n.m.}$
$^{145\text{m}}\text{Gd} (I=11/2)$	-1.76(5)	-1.0(0.2)
$^{145}\text{Gd} (I=1/2)$	-1.79(3)	-0.74(5)
$^{143\text{m}}\text{Gd} (I=11/2)$	-1.69(5)	-

Изотопические изменения среднеквадратичных зарядовых радиусов Gd (Z=64) относительно ^{146}Gd в сравнении с данными для изотопов Eu (Z=63) с тем же числом нейтронов



-
1. Из полученных результатов следует, что, по крайней мере вблизи от $N=82$, стабилизирующее влияние подболочки $Z=64$ никак себя не проявляет.
 2. Магнитные моменты основного состояния и изомера с $N=81$ согласуются с известными из литературы магнитными моментами других ядер с тем же числом нейтронов, что свидетельствует об их одночастичной природе.
-

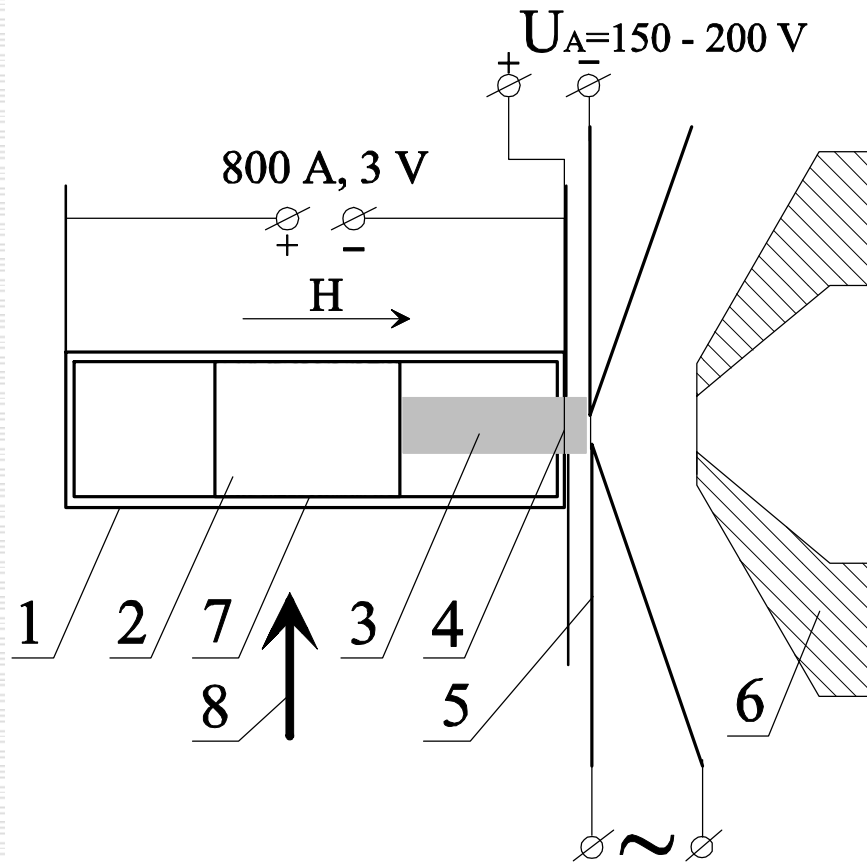
Разработка новых высокоэффективных мишенно-ионных устройств, 2004 г.

Для получения в количествах, достаточных для проведения исследований, как нейтронодефицитных, так и нейтроноизбыточных ядер на установке ИРИС интенсивно ведутся разработки новых эффективных мишенно-ионных устройств.

В последний год разработаны и протестированы в режиме on-line:

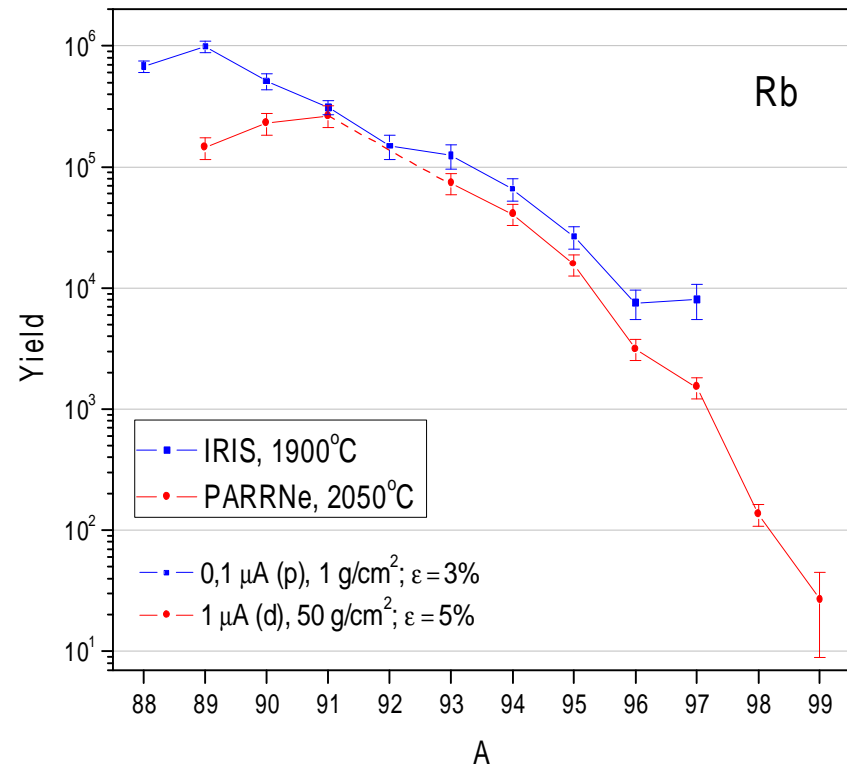
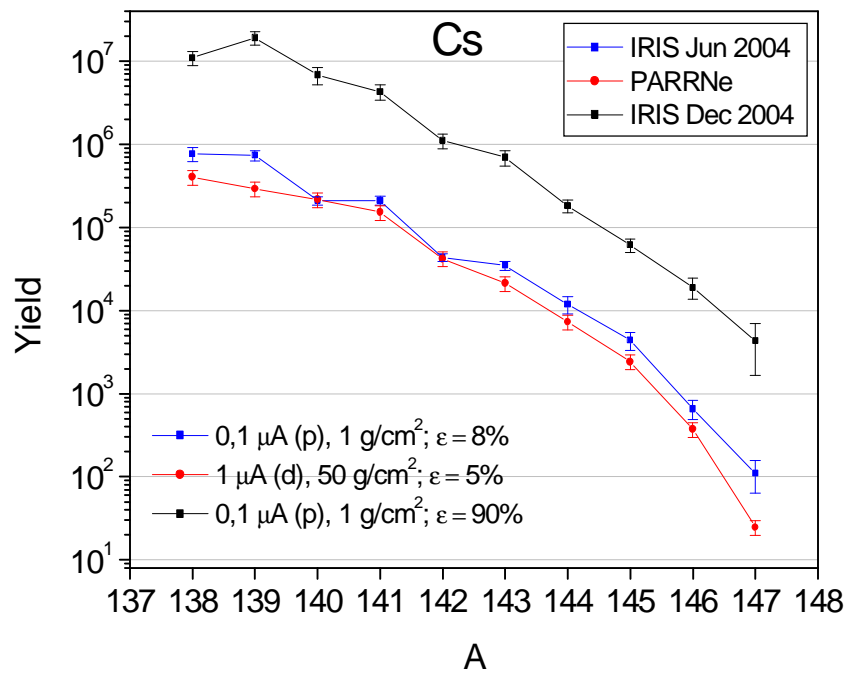
- Совмещенное с ионным источником лазерное мишенное устройство (ионизирующая мишень) для проведения измерений по лазерной спектроскопии нейтроноизбыточных изотопов труднолетучих редкоземельных элементов.
- Продолжались исследования мишени из плотного (11 г/см^3) карбида урана для получения нейтроноизбыточных и нейтронодефицитных нуклидов от Mn до Fr.
- UC мишень, совмещенная с источником электронной бомбардировки, для получения и эффективной ионизации атомов труднолетучих элементов с потенциалами ионизации более 6 эВ.

Ионизирующее мишенно-ионное устройство

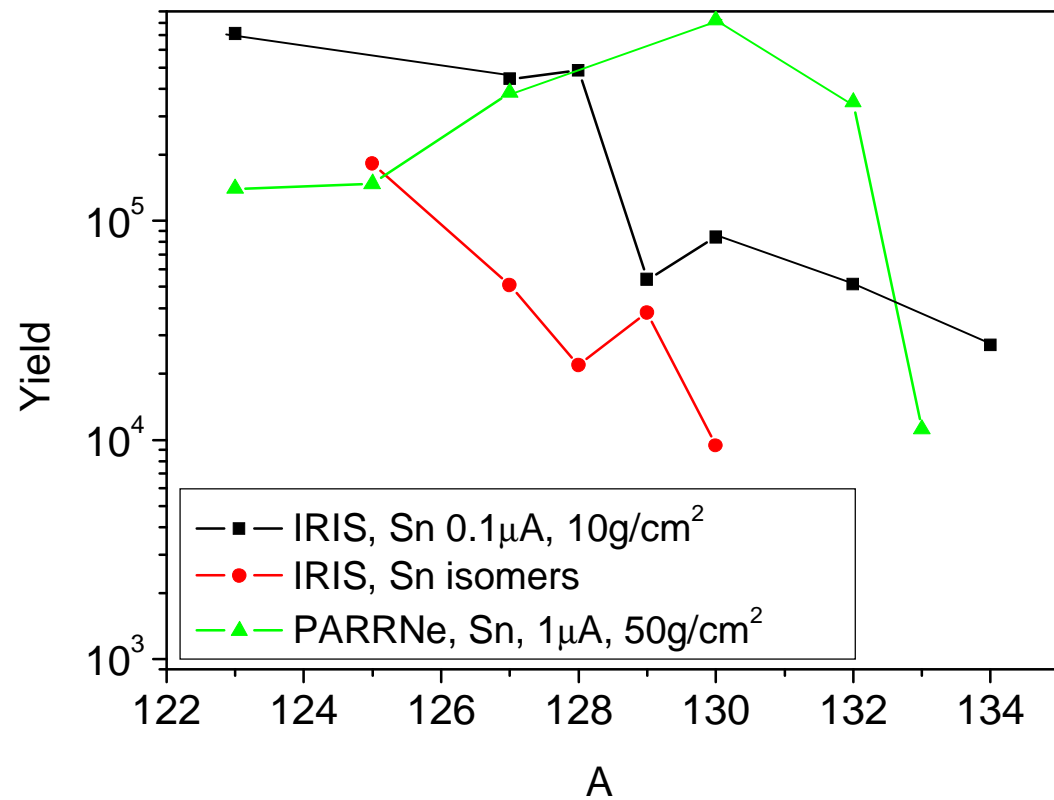


1. Tungsten container.
2. Target material.
3. Electron beam.
4. Grid.
5. Electron emitting cathode.
6. Extraction electrode.
7. Graphite container.
8. Proton beam.

Разработка новых высокоэффективных мишенно-ионных устройств, 2004 г.



Comparison of the Sn isotope yields measured at IRIS and PARRNe facilities



Разработка новых высокоэффективных мишенно-ионных устройств

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110	111	112						

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

produced from UC targets
 can be produced from UC targets

additional research and development needed
 cannot be produced from UC targets

Сотрудничество

Российские лаборатории:

- Институт спектроскопии РАН,

Зарубежные лаборатории:

- CERN, лаборатория ISOLDE, Швейцария.
- GANIL, проект SPIRAL-II, Франция.
- LNL (Legnaro), проект SPES, Италия.
- LNS (Catania), проект EXIT, Италия.
- Orsay (Paris), проект ALTO, Франция.

- EURISOL (International collaboration).

TRIUMF (Canada) - выразил желание участвовать в разработке и исследовании UC мишеней высокой плотности .

Аннотация основных результатов 2004 года:

- На установке ИРИС методом резонансной ионизационной спектроскопии в лазерном ионном источнике проведены измерения изотопических сдвигов и стс для изотопов $^{145,145m,143m}\text{Gd}$. Определены изотопические изменения зарядовых радиусов и магнитные моменты для этих изотопов.
- На основе мишенного вещества из карбида урана высокой плотности (11 г/см^3) разработаны мишенно-ионные устройства, позволяющие получать удаленные нейтроноизбыточные изотопы большого числа элементов (от Mn до Fr) Периодической системы.
- Получено финансирование по проекту МНТЦ № 2965 «Разработка высокотемпературных УС мишенно-ионных устройств для получения изотопов, удаленных от полосы стабильности».

План научных исследований на 2005 год

- В 2005 году на ИРИСе планируется продолжение исследований области ядер с $70 < N < 82$ и Z вблизи от $Z=64$. С использованием нового лазерного мишенно-ионного устройства будут проведены on-line тесты по получению изотопов Yb и Sm. Ожидается, что особенности сверхтонкой структуры этих элементов позволят помимо изменений зарядовых радиусов измерить и магнитные моменты.
 - На ISOLDE будет закончена обработка результатов и подготовлена к печати статья по Pb и проведены первые пробные эксперименты для соседних изотопов Bi и Tl.
 - В 2005 году будут проведены долговременные (по 3 месяца) off-line тесты мишенного устройства с плотным UC в качестве мишенного вещества в диапазоне температур 2000-2150°C. Также будет проведен on-line эксперимент на установке ИРИС по оптимизации выходов изотопов Rb, Cs, In, Ag и Sn из разработанных мишеней.
 - Начало работ по проекту МНТЦ № 2965.
 - Начало работ по модернизации лазерной установки.
-

Список публикаций за 2004 г.

1. A.E. Barzakh, D.V. Fedorov, A.M. Ionan, V.S. Ivanov, F.V. Moroz, K.A. Mezilev, S.Yu. Orlov, V.N. Panteleev, Yu.M. Volkov, **Changes in the mean square charge radii of neutron deficient europium isotopes measured by the laser ion source resonance ionization spectroscopy**, Eur. Phys. J. A 22, 69-74 (2004).
 2. A. Andrighetto, A.E. Barzakh, D.V. Fedorov, V.S. Ivanov, G. Lhersonneau, F.V. Moroz, S.Yu. Orlov, V.N. Panteleev, M.D. Seliverstov, I.M. Strachnov, L. Stroe, L.B. Tecchio, Yu. M. Volkov and X.F. Wang, **Proton - and neutron-induced fission on uranium carbide target**, Eur. Phys. J. A 19, 341-345 (2004).
 3. A. Andrighetto, O. Bajeat, A.E. Barzakh, S. Essabaa, D.V. Fedorov, A.M. Ionan, V.S. Ivanov, R. Leroy, G. Lhersonneau, K.A. Mezilev, F.V. Moroz, S.Yu. Orlov, V.N. Panteleev, L. Stroe, L.B. Tecchio, A. Villari, Yu.M. Volkov, X.F. Wang, **On-line Production of Rb and Cs isotopes from Uranium Carbide Targets**, , статья принята в EJPA.
 4. V.N. Panteleev, **Recent Ion Source Developments for Production of Radioactive Beams**, Rev. Sci. Instrum., Vol. 75, No. 5, 1602-1606 (2004).
 5. V.N. Panteleev, A.E. Barzakh, D.V. Fedorov, A.M. Ionan, V.S. Ivanov, F.V. Moroz, S.Yu. Orlov, Yu.M. Volkov, **The enhancement of Ionization Efficiency of Surface and Laser Ion Sources by Axial Magnet Field Application**, Rev. Sci. Instrum., Vol. 75, No. 5, 1585-1587, (2004).
 6. V.N. Panteleev, A.E. Barzakh, D.V. Fedorov, V.S. Ivanov, F.V. Moroz, S.Yu. Orlov, M.d. Seliverstov and Yu.M. Volkov, **High temperature electron beam ion source for on-line production of isotopes of refractory elements**, Rev. Sci. Instrum., Vol. 75, No. 5, 1634-1636, (2004).
-