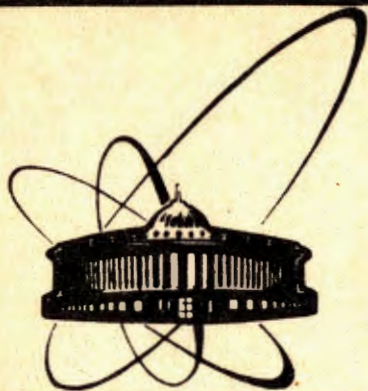


92-222



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P7-92-222

Ю. С. Цыганов, А. Н. Поляков

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ
МЕЖДУ СОСТАВЛЯЮЩИМИ АМПЛИТУДНОГО
СПЕКТРА ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР,
РЕГИСТРИРУЕМЫХ КРЕМНИЕВЫМ ДЕТЕКТОРОМ

1992

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные ядерно-физические установки [1] предполагают широкое применение полупроводниковых детекторов для регистрации продуктов ядерных реакций. Область ядерных реакций, соответствующая образованию продуктов полного слияния с использованием бомбардирующих частиц, таких как O, Ne, Mg, Al, Ar и др., характерна с точки зрения регистрирующей аппаратуры тем, что ядро, полученное по каналу полного слияния, имеет сравнительно небольшую (5-30 МэВ) начальную энергию. Кроме того, условия конкретного эксперимента, такие как обеспечение максимальной достоверности отделения событий прилета от распада в детекторе, требуют применения дополнительных устройств, использующих измерение времени пролета или (и) ΔE -сигнала. Применение любого дополнительного устройства, а также применение поглотителей для уменьшения фона короткобежных частиц типа "target-like" приводит к заметному понижению энергии ядра на входе в полупроводниковый детектор. Следует особо отметить, что интересующая экспериментаторов в первую очередь область ядер с $Z > 100$ отличается заметным вкладом как величины столкновительной составляющей полного дефекта амплитуды, так и ее дисперсии (соответственно [2], [3]).

Целью данной работы является моделирование линий тяжелых ядер в области $Z \sim 100$ с учетом как кинематики реакций, так и электрофизических особенностей взаимодействия тяжелых ионов с поверхностью металл-полупроводник [4]. Кроме того, представляет интерес получение соотношения между основными составляющими амплитудной дисперсии, такими как дисперсия по энергии приходящей частицы и дисперсия полного дефекта амплитуды (PHD).

2. СХЕМА РАСЧЕТА

Предлагаемая ниже схема расчета отражает кинематику реакции и конструкцию детектирующего модуля, применяемого на установке ГНС (см. рис.1).

В таблице 1 приведены основные условия, определяющие форму линии и положение регистрируемых амплитуд тяжелых ядер. Для расчета выбрана реакция $^{22}\text{Ne} + ^{197}\text{Au} = ^{219}\text{Ac} + \text{xn}$.

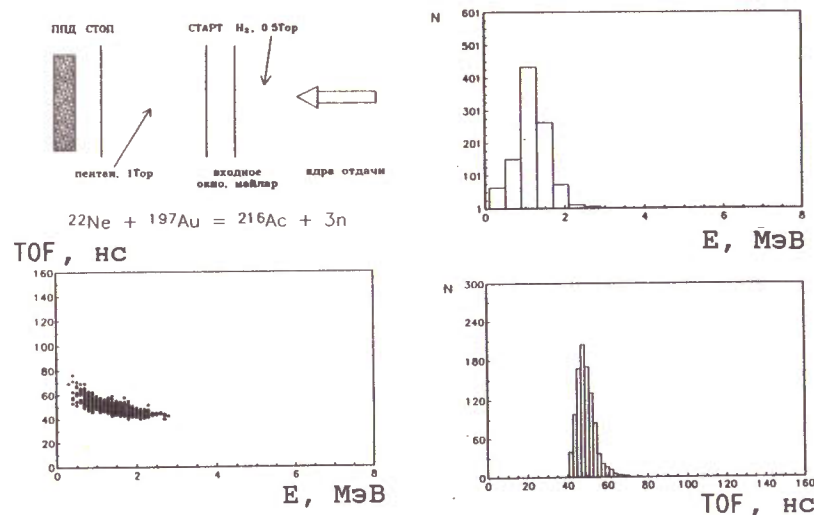


Рис.1. Схема регистрации и расчетный спектр продуктов реакции

Таблица 1

1. Пучок, ^{22}Ne , 90 МэВ, ПШПВ = 2,5%
2. Мишень 50 мкг/см², Au
Уширение линии согласно [5]
Образование продукта на середине мишени
3. Энергетический страглинг в мишени
$$\Delta E = 2,89 \cdot 10^{-2} [\delta E_p Z_p Z_t (Z_p^{113} + Z_t^{113})^{-2} + \delta E_{er} Z_{er} Z_t (Z_{er}^{113} + Z_t^{113})^{-2}]^{112}$$
4. Уширение за счет испарения нейтронов
$$\Delta E = (8 \ln 2)^{1/2} (2/3)^{1/2} (\bar{E}_{er} n_E / A_{er})^{1/2} \text{ (см. рис.2)}$$
5. Потери в водороде согласно [7]
Энергетический страглинг - параметр программы расчета
6. Потери в майларе [7]
Страглинг соответствует п.3 с $Z = 6$, $\delta E_p = 0$



7. Потери в пентане
1,2 МэВ (прямое измерение авторов), с учетом PND.
8. PND (полный дефект амплитуды)
согласно [2] - столкновительная компонента,
 $\lambda = 12\%$ (измерение авторов)
Дисперсии PND рассчитывались согласно [3,10,8] (см. рис.3)
$$R = R_\lambda \frac{\lambda}{1-\lambda}$$

Выше приняты следующие обозначения:
 δE_p - потери частицы в мишени
 δE_{ex} - потери ядра в 1/2 мишени
 Z, A - заряды и массы соответствующих частиц (пучок, мишень, ядро)
 n - количество испаряющихся нейтронов
 ϵ - средняя энергия нейтрона $\epsilon = 2T$
 R - уширение линии за счет рекомбинации
 R_λ - параметр неоднородности кремния
 λ - величина относительных рекомбинационных потерь.

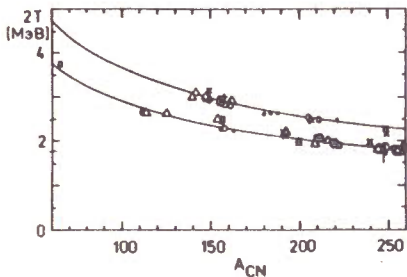


Рис.2. $\epsilon = 2T (3, 4, 5n) = 2$ МэВ. Параметр температуры, см. [6].

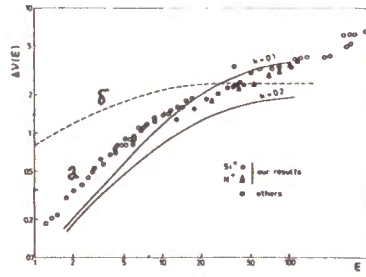


Рис.3. Дисперсия столкновительной компоненты PND.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Приводятся результаты расчета для пучка ^{22}Ne с энергией 90 МэВ. Параметр энергетического страглинга в водороде принимался 45%, что дает наилучшее согласие с реально наблюдаемыми

линиями ядер ^{216}Ac , ^{215}Ra . Заметим, что для целей, поставленных в работе, причина образования энергетической дисперсии не столь существенна. В ходе расчета получены следующие параметры формы линии ^{216}Ac :

Таблица 2

$\langle e \rangle$	σ_e , МэВ	σ_t , нс	асимметрия	ϵ
1,4	0,4	4,7	0,4	0,976 (а) /0,83/ (б)

Полученное значение коэффициента корреляции $\epsilon = 0,83 (0,976)$ позволяет написать итоговое соотношение в виде:

$$\sigma_a^2 = \sigma_e^2 + \sigma_{\text{PND}}^2 - 1,66 \sigma_e \sigma_{\text{PND}}. \quad (5)$$

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании предложенного алгоритма получен амплитудный спектр ядер ^{216}Ac , а также предложена формула для дисперсии амплитудного распределения. Предложенный алгоритм может быть использован как для изучения особенностей взаимодействия тяжелых заряженных частиц с монокристаллами кремния, так и для определения кинематических характеристик проходящих на ППД ядер.

Авторы считают приятным долгом поблагодарить профессора Ю.Ц.Оганесяна за постоянный интерес к проблеме регистрации тяжелых ионов, А.Н.Мезенцева, В.К.Утенкова и В.Ф.Кушнирука за помощь в работе и ценные замечания.

В заключение один из авторов (Ю.С.Цыганов) хочет отметить, что в его предыдущей работе (сообщение ОИЯИ Р7-91-565, Дубна, 1991) относительно регистрации спонтанного деления имплантированных ядер приведено соотношение $\chi = 0,45 + 0,045R$ причем точка, соответствующая $Z = 104$, была исключена из процесса фитирования данных, поскольку статья, где было описано получение этого изотопа, не содержала достаточной информации о режиме работы детектора. Однако в ходе продолжительной беседы с автором работы доктором Хесбергером такая информация была предоставлена. С учетом этого $\chi = (0,39 \pm 0,08) + (0,06 \pm 0,02)R$. Заметим, что приведенное соотношение будет уточняться и далее по мере накопления экспериментальных данных на кинематических сепараторах ЛЯР.

Авторы выражают благодарность доктору Хесбергеру за предоставленную информацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оганесян Ю.Ц. и др. - В сб.: Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов. - Д7-90-142, Дубна, 1990, с.44.
2. Wilkins B.D. et al. - Nucl. Instr. and Meth., 1971, 92, p.381.
3. Grobb J.J. et al. - Phys. Rev. B, 1975, v.11, №9, p.3273.
4. Kushniruk W.F. et al. - Scientific Report, E7-91-75, Dubna, 1991, p.195.
5. Dahlinger M. et al. - Nucl. Instr. and Meth., 1984, 219, p.513.
6. Сагайдак Р.Н. - Сообщение ОИЯИ P7-89-551, Дубна, 1989.
7. Northcliffe L.C., Shilling R.F. - Nuclear Data Tables A7, 1970, p.233-463.
8. Александров А.А. и др. - Методы современной ядерной физики в исследованиях процессов и продуктов деления. - М.: Энергоиздат, 1983, с.33-38.
9. Haines E.L., Whitehead A.B. - The Rev. of Scient. Instr., 1966, v.3, №2, p.190.

Цыганов Ю.С., Поляков А.Н. P7-92-222
Расчет коэффициента корреляции
между составляющими амплитудного спектра
тяжелых ядер, регистрируемых кремниевым детектором

Исследован процесс взаимодействия между тяжелыми ядрами и поверхностью металл-полупроводник для модельной реакции $^{22}\text{Ne} + ^{197}\text{Au} = ^{216}\text{Ac} + 3n$. Вычислен коэффициент корреляции для составляющих амплитудного спектра. Предложена формула для амплитудной дисперсии. Все вычисления выполнены для детектирующего модуля установки ГНС ЛЯР.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакции ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Tsyganov Yu.S., Polyakov A.N. P7-92-222
Calculation of the Correlation
Coefficient for the Amplitude Spectrum
Components in a Silicon Detector

The process of interaction between heavy recoils and a metal-semiconductor interface was investigated for model reaction $^{22}\text{Ne} + ^{197}\text{Au} = ^{216}\text{Ac} + 3n$. The correlation coefficient for the components of the amplitude spectrum in a silicon surface barrier detector was calculated. The formulae for an actual amplitude dispersion was suggested. All the calculations were performed for detecting module of gas filled magnetic separator of FLNR.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992