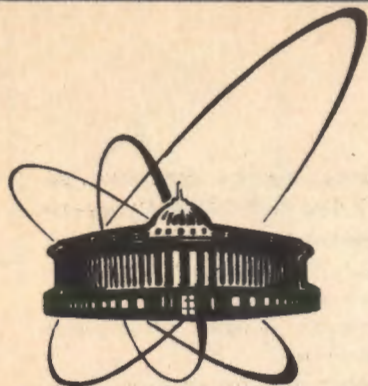


91-565



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P7-91-565

Ю. С. Цыганов

**О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РЕГИСТРАЦИИ
ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР**

1991

Установка ГНС^{1/1} представляет собой газонаполненный сепаратор, работающий на пучке тяжелых ионов циклотрона У-400 ЛЯР ОИЯИ. Продукты реакций полного слияния собираются в фокальной плоскости сепаратора, где расположены полупроводниковые детекторы. Безотносительно к конкретному виду детектирующего устройства, количества детекторов, их размеров, электрофизических характеристик материала, процесс регистрации предусматривает с необходимостью следующие моменты:

— тяжелые ядра, как правило, $M > 200$ имеют энергию на входе в детектор 5÷25 МэВ, что предполагает сравнительно большую величину дефекта амплитуды;

— имплантация ядер происходит на глубину 0,5÷5 мкм;

— величина регистрируемой амплитуды при спонтанном делении имплантированного нуклида зависит от глубины имплантации;

— наличие α -распадчиков внутри детектора приводит к невозможности использования внешних источников для прецизионной калибровки α -трактов;

— взаимодействие с решеткой кремния приводит к большой дисперсии столкновительной компоненты полного дефекта амплитуды, что и определяет, в основном, ширину линии тяжелого ядра.

С целью получения спектрометрической информации в указанных выше условиях был создан анализатор на основе пакета программ^{2/1}.

БЛОК-СХЕМА УСТАНОВКИ

Анализатор, при помощи которого осуществлялась регистрация продуктов ядерных реакций, выполнен на базе РС "Правец-16" или АТ/386. Последний является модификацией^{2/1} и ниже рассматривается именно этот вариант (см. рис. 1а, б). Существенным отличием этих версий является повышение быстродействия примерно в 5 раз (40 мкс вместо 200 мкс на одно полное событие). Функционально анализатор состоит из следующих основных блоков (в соответствии с местом в крейте):

- N = 1 Регистр КР-005. Содержит признаки "Пучок — вне пучка", "Пробой ВЧ", "Старт". Занесение информации сигналом ВП-ПА-24К с N = 4;
- N = 2 АЦП ПА-24К^{2/3/1} 1024 К для записи δE сигнала. Запись и чтение только при наличии сигнала с ППД.
- N = 3 АЦП ПА-24К, 8x1024 К. Кодировщик "грубой шкалы". $35 < E < 220$ МэВ. Для регистрации осколков деления и частиц типа "target-like", "beam-like".
- N = 4 АЦП ПА-24К. 8x1024 К. Кодировщик α -диапазона.

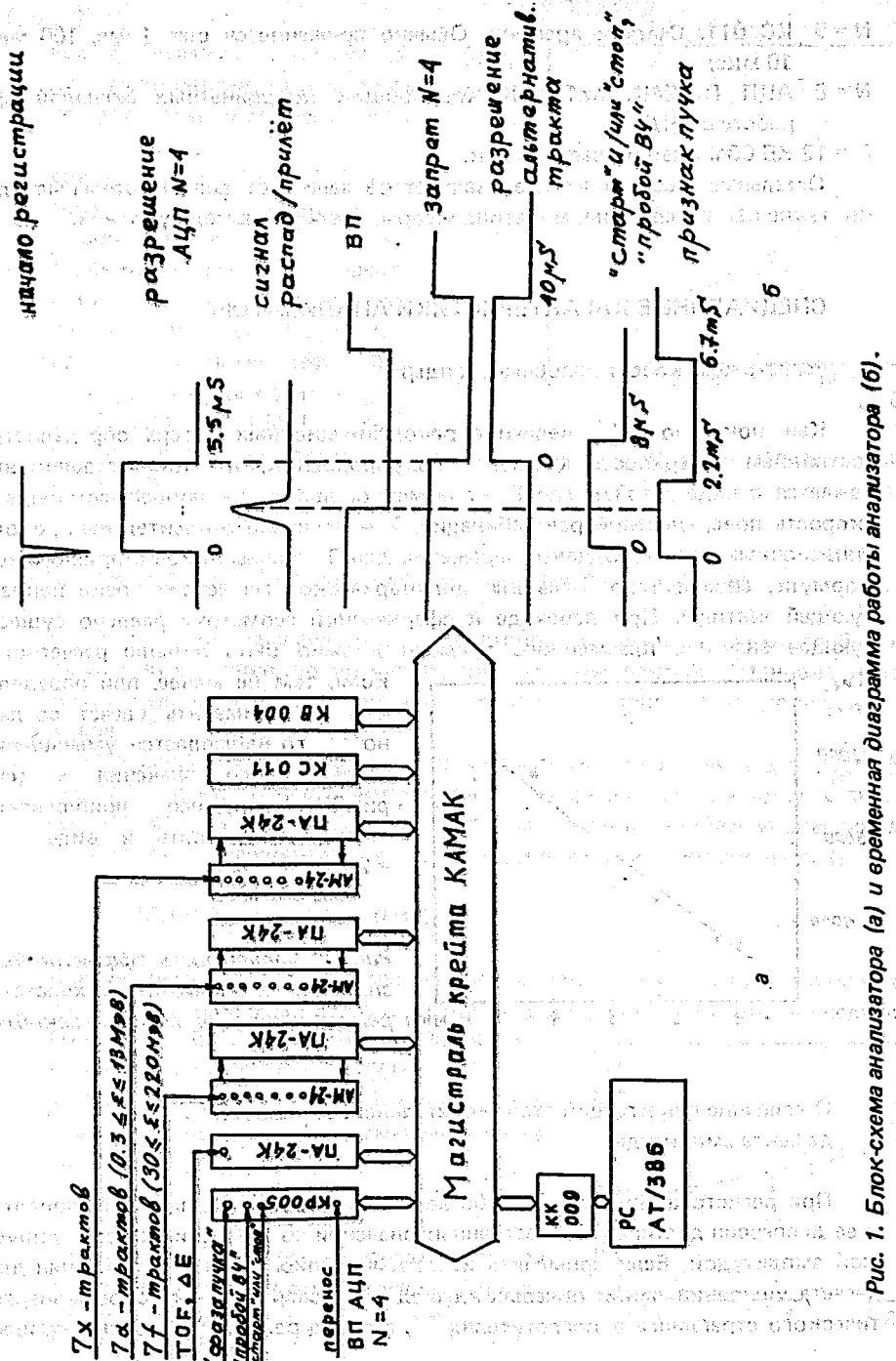


Рис. 1. Блок-схема анализатора (а) и временная диаграмма работы анализатора (б).

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

N = 5 КС 011. Счетчик времени. Обычно применяется шаг 1 мс, 100 мкс, 10 мкс;

N = 8 АЦП ПА-24К. 8x1024 К. Кодировщик координатных сигналов при работе с ПЧД;

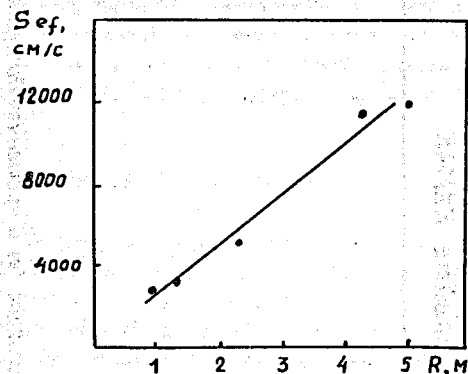
N = 12 КВ 004. Счетчик час:мин:сек.

Остальные места в крейте анализатора занимают вспомогательные блоки, такие как генераторы, мультиплексоры, преобразователи уровней.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛИЗАТОРА

Регистрация короткопробежных ядер

Как показано в ¹⁴, величина рекомбинационных потерь определяется состоянием поверхности металл — полупроводник, что количественно выражается в виде $\lambda = sT/r$, где T — плазменное время, r — пробег частицы, s — скорость поверхностной рекомбинации, λ — величина относительных рекомбинационных потерь. Однако выражение для T , применяемое в приведенной формуле, справедливо лишь для цилиндрической геометрии трека ионизирующей частицы. При переходе к сферической геометрии реально существующее значение плазменного времени должно быть меньше расчетного.



Если, тем не менее, при определении s применять расчет согласно ¹⁵, то наблюдается уменьшение эффективного значения s (см. рис.2). Наилучшее приближение можно представить в виде $s = 2174r^{1.03}$ см/с.

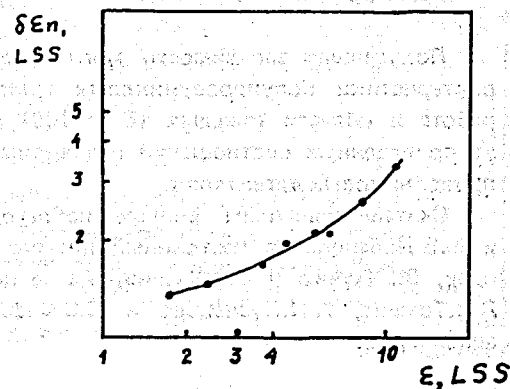
Рис. 2. Зависимость эффективного значения скорости поверхностной рекомбинации от пробега рекойла.

О величине флуктуаций столкновительной компоненты дефекта амплитуды

При регистрации ядер с $Z \sim 100$ величина столкновительной компоненты и ее дисперсия достигают существенных значений по сравнению с регистрируемой амплитудой. Если применить известные эмпирические соотношения для расчета уширения линии тяжелых ядер за счет испарения нейтронов и энергетического страглинга в поглотителях ¹⁶, а вклад рекомбинационных процес-

Рис. 3. Параметризация дисперсии столкновительного дефекта при регистрации тяжелых ядер.

сов учесть как $R = R_\lambda \lambda / (1 - \lambda)$ согласно ¹⁷, положив $R_\lambda = 30\%$, то величина дисперсии столкновительного дефекта становится определяемой величиной. На рис. 3 представлены полученные результаты в виде зависимости: $\delta\epsilon_n = 1,2 \exp(0,1\epsilon)$, $LSS; 1 < \epsilon < 12$, $\delta\epsilon_n$ от ϵ , где $\delta\epsilon_n$ — искомая величина, ϵ — энергия на входе в детектор в единицах LSS.



Регистрация спонтанного деления имплантированных ядер

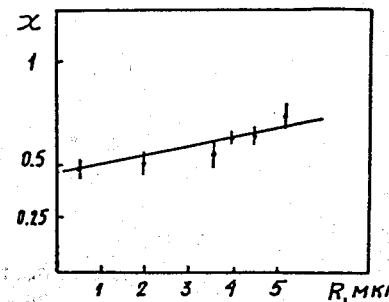
В этом случае зависимость регистрируемой амплитуды от глубины имплантации является, по-видимому, тривиальным фактом. Установление количественных соотношений обычно предполагает применение модельных подходов ^{18,9}.

Используя введенную в ¹⁹ характеристическую величину $\chi = C_p / \langle TKE \rangle$, где C_p — центр тяжести амплитудного распределения осколков с энергией больше 50 МэВ, а $\langle TKE \rangle$ — средняя суммарная кинетическая энергия, можно представить зависимость $\chi = f(r)$ в виде линейной функции (рис. 4):

$$\chi = (0,045 + 0,015)r + (0,45 + 0,05).$$

Следует отметить, что за исключением последней точки (получена в работе ¹⁸, из процесса минимизации исключена) условия работы детекторов следующие: $60 < V < 95$ В, $\langle V \rangle = 85$ В, $2000 < \rho < 4000$ Ом·см, $\langle \rho \rangle = 2500$, $\langle s \rangle = 11000$ см/с. Здесь ρ — удельное сопротивление п-кремния, V — смещение на детекторе.

Рис. 4. Калибровочная зависимость для регистрации спонтанного деления имплантированных ядер.



ВЫВОДЫ

Полученные зависимости могут рассматриваться как специальные характеристики полупроводниковых многодетекторных спектрометров при работе в области тяжелых ($Z \sim 100$) ионов. Для применения последнего из приведенных соотношений необходимо учитывать условия работы полупроводниковых детекторов.

Считаю приятным долгом поблагодарить профессора Ю.Ц.Оганесяна и Ю.В.Лобанова за постоянный интерес к вопросам регистрации тяжелых ядер, В.Е.Жучко и В.Ф.Кушнирука за помощь при обработке результатов, В.И.Томина, А.Н.Кузнецова и Б.В.Фефилова за качественную настройку аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оганесян Ю.Ц. и др. — В сб.: *Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов. ОИЯИ, Д7-89-531, Дубна, 1989, с.145.*
2. Жучко В.Е., Цыганов Ю.С. — *Сообщение ОИЯИ, Р7-89-451, Дубна, 1989.*
3. Кузнецов А.Н., Субботин В.Г. — *Сообщение ОИЯИ, 13-83-67, Дубна, 1983.*
4. Kushniruk V.F., Charitonov Yu.P., Tsiganov Yu.S. In: *Scientific Report 1988-1990, E7-91-75, Dubna, 1991.*
5. Seibt W., Sundstrom K.E., Tove P.A. — *Nucl. Instr. and Meth., 1973, 113, p.317.*
6. Dahlinger M. et al. — *Nucl. Instr. and Meth., 1984, 219, p.513.*
7. Александров А.А. и др. — *Методы современной ядерной физики в исследованиях процессов и продуктов деления. М.: Энергоиздат, 1983, с.33-38.*
8. Hessberger et al. — *Z. Phys.A, 1985, 321, p.317.*
9. Цыганов Ю.С., Рим Юн Сен — *Сообщение ОИЯИ, Р7-90-112, Дубна, 1990.*