

4/IX-72

B-46

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3043/2-72

P13 - 6515



И.Вильгельм, Л.И.Гумнерова, Й.Крацикова,  
Ли Чен Сон, Б.П.Осипенко, Н.М.Прахов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ПОВЕРХНОСТНО-БАРЬЕРНЫЕ Si -ДЕТЕКТОРЫ  
С БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДЬЮ

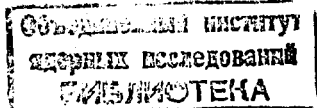
1972

P13 - 6515

И.Вильгельм, Л.И.Гумнерова, Й.Крацкова,  
Ли Чен Сон, Б.П.Осипенко, Н.М.Прахов

ПОВЕРХНОСТНО-БАРЬЕРНЫЕ Si -ДЕТЕКТОРЫ  
С БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДЬЮ

*Направлено в ПТЭ*



До недавнего времени для исследования ( $n, \alpha$ ) реакций использовались ионизационные камеры <sup>1/1</sup>. Высокий  $\gamma$ -фон и низкое энергетическое разрешение ( $\approx 300$  кэВ на пучке реактора) затрудняют анализ полученных результатов. Замена ионизационных камер кремниевыми поверхностно-барьерными детекторами большой площади (превышающей  $5 \text{ см}^2$ ) позволила значительно снизить  $\gamma$ -фон благодаря заметному уменьшению чувствительного объема и существенно повысить энергетическое разрешение ( $70-90$  кэВ на пучке реактора). В этом случае появилась возможность исследовать отдельные альфа-переходы высшего порядка. Кроме того такие счетчики могут использоваться как для регистрации высокоэнергетических заряженных частиц <sup>2,3/</sup> и осколков деления, так и в телескопических системах в качестве  $dE/dx$  счетчиков для регистрации длиннопробежных продуктов реакции <sup>4/</sup>. Для этих целей было изготовлено несколько десятков поверхностно-барьерных детекторов площадью от  $5,0$  до  $8,5 \text{ см}^2$ .

Кремний  $n$ -типа бестигельной зонной плавки диаметром  $20 - 22$  мм резался на пластины вдоль оси  $\langle 111 \rangle$ . Слитки кремния подбирались такими, чтобы их разброс по удельному сопротивлению и времени жизни на рабочей длине не превышал  $25\%$ . Толщина пластины выбиралась из усредненного значения удельного сопротивления по длине слитка.

Для шлифовки пластины применяли порошок окиси алюминия. Разброс по толщине после шлифовки не превышал  $5 \text{ мкм}$ .

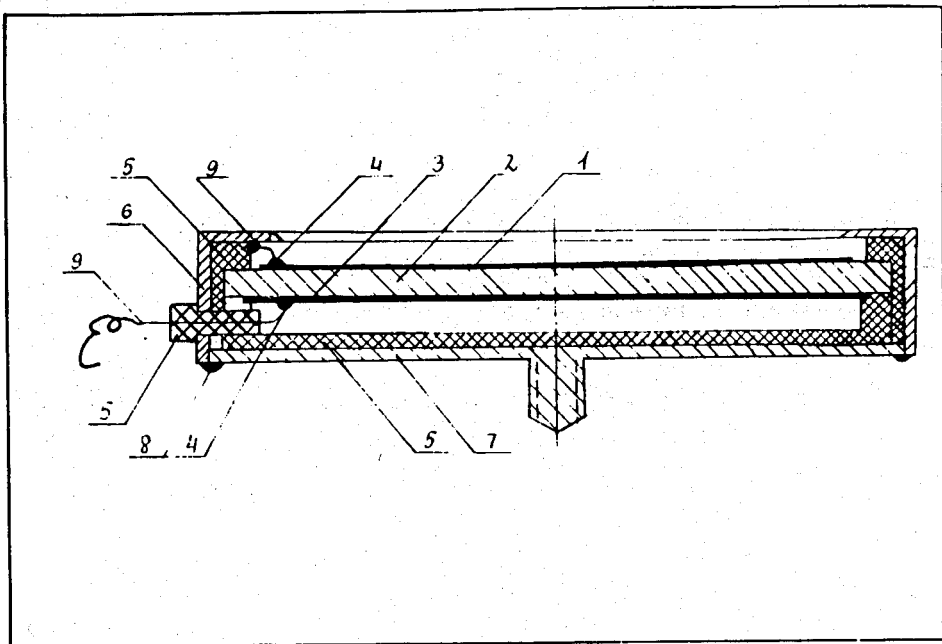


Рис. 1. Упаковка детекторов, работающих при охлаждении. 1 - золотой электрод, 2 - пластина кремния, 3 - никелевый электрод, 4 - пайка выводов, 5 - тефлоновый изолятор, 6 - латунный корпус, 7 - латунная крышка с винтом, 8 - пайка крышки с корпусом, 9 - электрические выводы.

Если детектор использовался для спектрометрии заряженных частиц, то нижний электрод изготавливался путем химического осаждения никеля на шлифованную поверхность. Если же детектор предназначался для телескопических систем, то электрод изготавливался распылением алюминия в вакууме на хорошо протравленную поверхность.

Травление для получения зеркальной поверхности проводилось в охлажденном до  $0^{\circ}\text{C}$  травителе (1 ч, 50% HF: 3 ч. 72%  $\text{HNO}_3$ : 0,5 ч. ледяной  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

В качестве верхнего электрода, который для регистрируемых частиц является "мертвым слоем", термическим испарением в вакууме нанесен тонкий слой золота. Толщина напыленного золота 40–80 мкг/см<sup>2</sup>.

Приготовленные детекторы упаковывались в оправки из фторопласта. К оправкам в специальных отверстиях крепились электрические выводы из медной тонкой проволоки, который затем приклеивались к золотому электроду контактолом (серебряной пастой). К нижнему электроду в зависимости от назначения детектора паялся низкотемпературным припоем или клеился контактолом электрический ввод, или прижималась латунная пластинка, покрытая галием.

После измерения вольтамперных и вольтемкостных характеристик тефлоновая оправка помещалась в латунный корпус, конструкция которого зависит от электрического контакта. Когда предусматривалось охлаждение детектора, использовался корпус, показанный на рис. 1.

Для двух детекторов с рабочей поверхностью 5 см<sup>2</sup> ( $S = 4,2 \times 1,2$  см<sup>2</sup>,  $\rho = 4400\text{--}5500$  ом см,  $\tau = 900 - 650$  мк-сек) и 8,5 см<sup>2</sup> ( $S = 4,7 \times 1,8$  см<sup>2</sup>,  $\rho = 6000 + 6600$  ом.см,  $\tau = 1500\text{--}1300$  мк-сек) приведены вольтамперные и вольтемкостные характеристики на рис. 2.

Так как удельное сопротивление вдоль таких пластин кремния заметно меняется, возникает вопрос, как в связи с этим меняется энергетическое разрешение. Поэтому проводилось измерение разрешения в трех точках рабочей поверхности с помощью коллимированного альфа-источника  $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Am}$ . Разброс по энергетическому разрешению в разных точках не превышал 5%, а усредненное значение близко к энергетическому разрешению 57 и 59 кэв, соответственно, полученному при облучении всей рабочей площади, рис. 3,4. На всей партии изготовленных нами детекторов энергетическое разрешение не превышало 80 кэв при  $t = 20^{\circ}\text{C}$ .

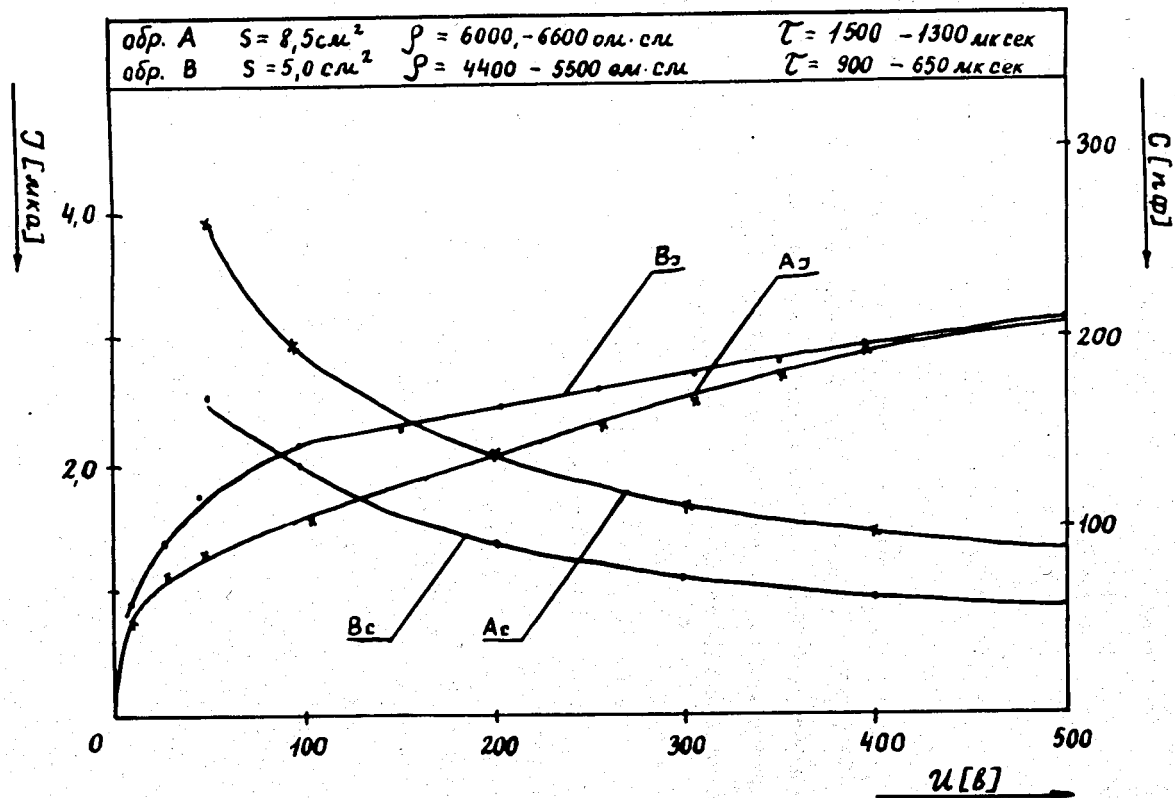


Рис. 2. Обратные вольтамперные и емкостные характеристики поверхностно-барьерных детекторов с площадью 8,5 и 5,0 см<sup>2</sup>. А<sub>у</sub> - обратная вольтамперная, А<sub>с</sub> - емкостная характеристики детектора с площадью S = 8,5 см<sup>2</sup>, В<sub>у</sub> - обратная вольтамперная, В<sub>с</sub> - емкостная характеристики детектора с площадью S = 5,0 см<sup>2</sup>.

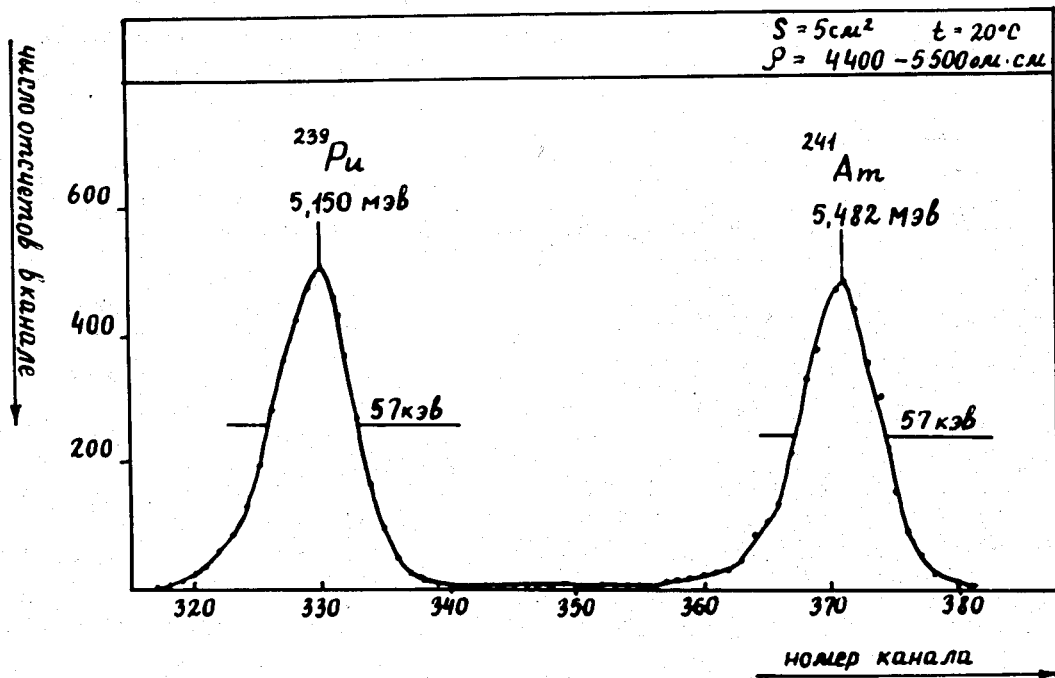


Рис. 3. Спектр альфа-частиц  $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Am}$ , снятый с кремниевым поверхностно-барьерным детектором  $S = 5 \text{ см}^2$ ,  $t = 20^\circ \text{C}$ ,  $U = 200 \text{ в}$ .

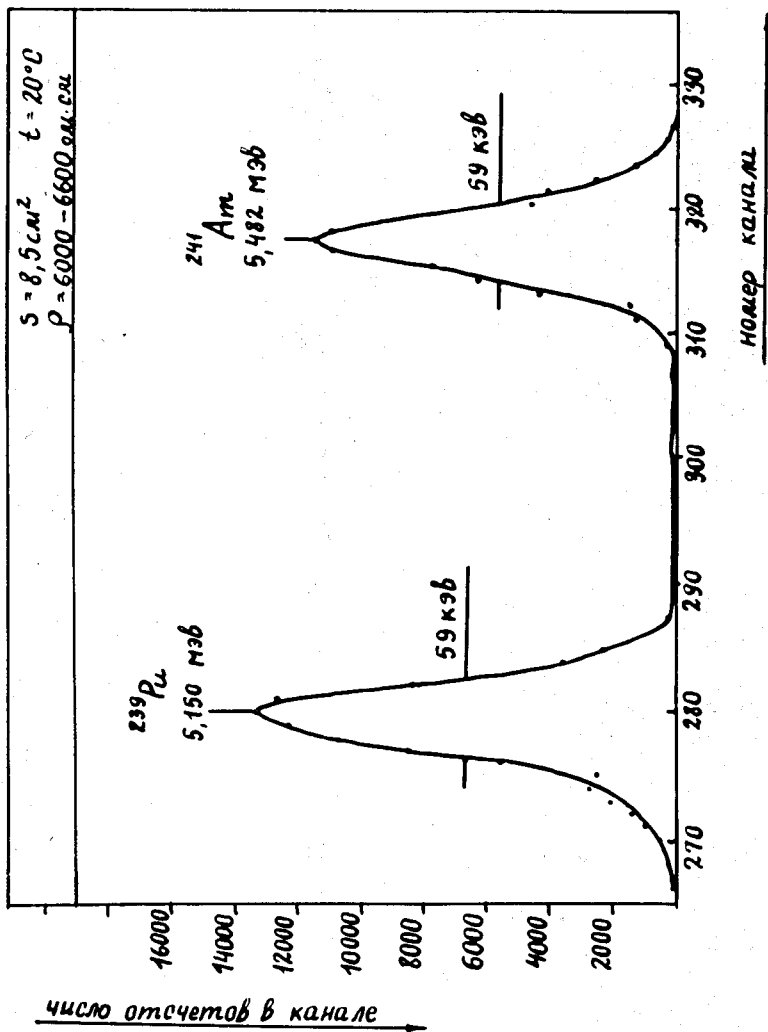


Рис. 4. Спектр альфа-частиц  $^{239}\text{Pu}$  +  $^{241}\text{Am}$ , снятый с кремниевым поверхностно-барьерным детектором  $S = 8,5 \text{ см}^2$ ,  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $U = 200 \text{ в}$ .



Полученные результаты показали возможность изготовления кремниевых поверхностно-барьерных детекторов большой площади с хорошим энергетическим разрешением из материала  $n$ -типа, вырезанных вдоль оси роста слитка  $\langle 111 \rangle$  с разбросом по удельному сопротивлению и времени жизни 25% по рабочей длине.

#### Л и т е р а т у р а

1. И. Вильгельм и др. Препринт ОИЯИ, РЗ-5553, Дубна, 1970.
2. Ю. К. Акимов, К. Андерт и др. ЖЭТФ, т. 62, вып. 4, 1231, 1972.
3. Т. Вашек. Труды конференции специалистов стран-членов СЭВ: Развитие ядерного и изотопного приборостроения, Москва, 1969 г. стр. 235.
4. В.И. Гусева и др. Краткие сообщения по физике, №3, Физ. инст. АН СССР, 1970 (стр. 21-24).

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 июня 1972 года.