

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



8378

P6 - 8378

на чит. зала

Ц.Вылов, И.Н.Егошин, А.Лятушински,  
Б.П.Осипенко, Я.Юрковски

ГЕРМАНИЙ-ЛИТИЕВЫЕ  
ИМПЛАНТИРОВАННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ  
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИИ БЕТА-ЧАСТИЦ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Р6 - 8378

Ц.Вылов, И.Н.Егошин, А.Лятушински,  
Б.П.Осипенко, Я.Юрковски

ГЕРМАНИЙ-ЛИТИЕВЫЕ  
ИМПЛАНТИРОВАННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ  
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИИ БЕТА-ЧАСТИЦ

*Направлено в ПТЭ*

**Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ**

Вылов Ц., Егосин И.Н., Лятушински А.,  
Осипенко Б.П., Юрковски Я.

P6 - 8378

Германий-литиевые имплантированные детекторы для  
спектрометрии бета-частиц

Описана технология изготовления имплантированного Ge(Li)-детектора для регистрации бета-частиц. Получено энергетическое разрешение 1,9 кэВ для  $E_{\beta}$  - 500 кэВ и 14 кэВ для  $E_{\alpha}$  - 5 МэВ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.  
Дубна, 1974

P6 - 8378

Vylov Ts., Egoshin I.N., Liatuszynski A.,  
Osipenko B.P., Yurkovsky Ya.

Ge(Li) Implanted Detectors for  $\beta$ -Particle  
Spectrometry

The technology of the Ge(Li) implanted detector, intended for  $\beta$ -particle measurements, is described. The energy resolution of 1.9 and 14 keV has been obtained for  $E_{\beta}$  - 500 keV and  $E_{\alpha}$  - 5 MeV, respectively.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.  
Dubna, 1974

Эффективность к гамма-лучам при измерении спектров излучений радиоактивных нуклидов с помощью кремниевых полупроводниковых детекторов /ППД/ позволяет извлечь информацию о величинах коэффициентов внутренней конверсии /КВК/ - рис. 1. Поскольку исследуемые переходы находятся обычно в области энергий больше 100 кэВ, целесообразно использовать германиевые детекторы, эффективность к гамма-лучам которых значительно выше - рис. 2. Такие детекторы можно изготовить из сверхчистого германия <sup>1/</sup>. Так как этот материал пока мало доступен, была поставлена задача исследовать возможность изготовления детекторов с тонким "входным окном" из германия р-типа, компенсированного литием.

Детекторы изготовлялись из германия марки ГДД10-30 с удельным сопротивлением ~ 18 Ом.см и временем жизни носителей заряда при азотной температуре 20 мксек. После резки слитка, шлифовки, обезжиривания и травления германиевой шайбы проводится термическая диффузия и дрейф лития в электрическом поле. Затем у образца шлифовкой снимается р-слой, и после обезжиривания и травления он устанавливается с помощью специального держателя на коллекторе электромагнитного масс-сепаратора <sup>3/</sup>. Для того, чтобы максимум распределения внедренных атомов находился непосредственно у поверхности, а эффекты каналирования были минимальными <sup>4/</sup>, образец располагается под углом 57° к направлению пучка ионов галлия. Равномерность распределения внедряемой примеси /доза < 10<sup>14</sup> ионов/см<sup>2</sup>/ по поверхности достигается путем сканирования пучка ионов по горизонтали.

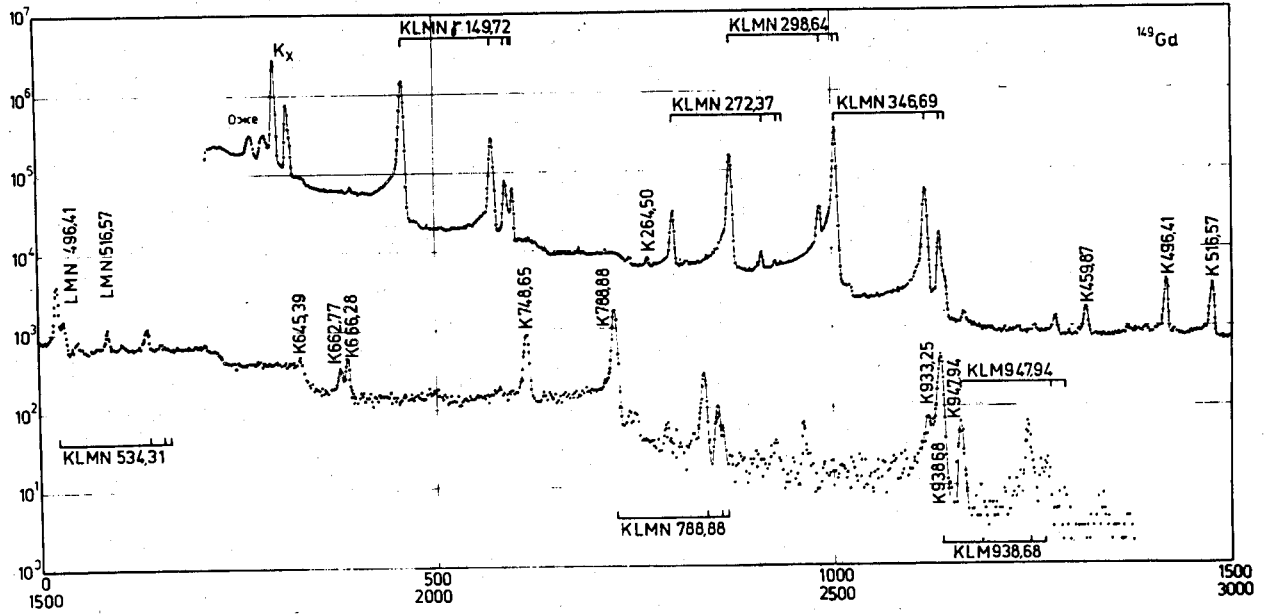


Рис. 1. Спектр конверсионных электронов и низкоэнергетических гамма-квантов  $^{149}\text{Gd}$ , измеренный с помощью Si(Li) - детектора.

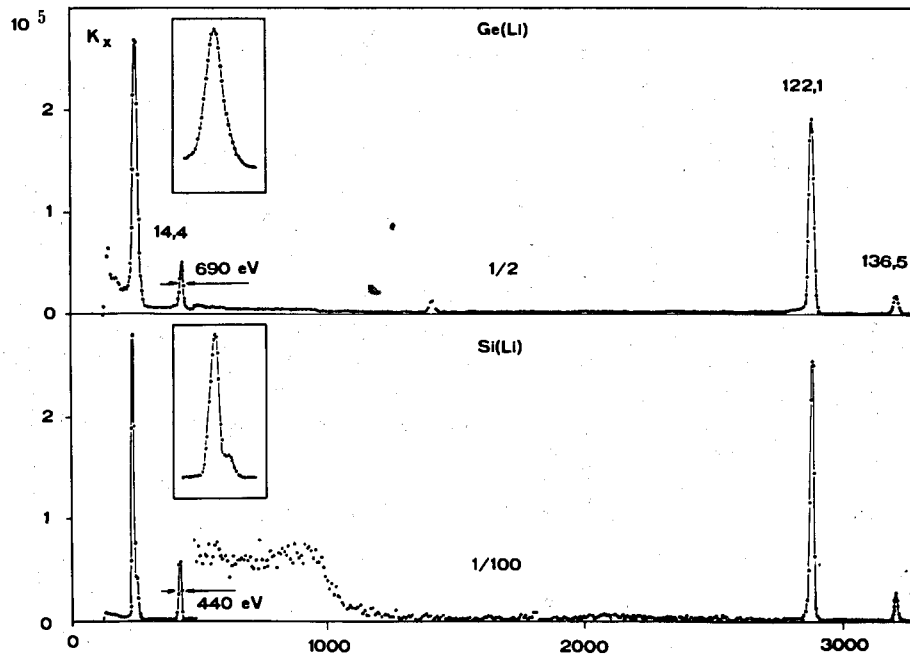


Рис. 2. Спектр гамма-лучей при распаде  $^{57}\text{Co}$ , измеренный с помощью Si(Li)- и Ge(Li) - детекторов (30 мм<sup>2</sup> x 4 мм).

После внедрения ионов галлия в германиевый образец повторно проводится диффузия лития при температуре  $400^{\circ}\text{C}$  в течение 15 минут. При этом происходит частичный отжиг дефектов, образовавшихся при ионном легировании. Дрейф осуществляется в кипящем пентане при напряжении  $500\text{ В}$  в течение 50 часов. Выравнивающий дрейф происходит в холодильнике при температуре  $-8^{\circ}\text{C}$  и при напряжении на электродах  $1000\text{ В}$  /ток  $0,5\text{ мА}$ / до тех пор, пока вольт-амперная и вольт-фарадная характеристики не войдут в насыщение при напряжении смещения  $50\text{--}300\text{ В}$ .

После тщательного травления и обработки ацетоном  $\text{Ge}(\text{Li})$  -детектор упаковывается в специальную оправку <sup>2/</sup>, в которой смонтирован охлаждаемый каскад предусилителя. Для обеспечения более глубокого охлаждения изменена система подключения к детектору выводов многоконтактного разъема: подводящие провода крепятся к штырькам, впрессованным в тефлон, который укреплен на стенке криостата; соединение элементов предусилителя осуществлено тонким  $0,1\text{-миллиметровым}$  медным проводом. Применяются следующие элементы <sup>5/</sup>: ПТ-КП 303Е;  $C_0 = 0,3\text{ нФ}$ ;  $R_c = 10\text{ гОм}$  /тип КВМ/;  $C_{\text{ген}} = 0,20\text{ нФ}$ . В качестве многоконтактного разъема используется цокольная часть металлической электронной лампы /6П9/. Внешняя часть предусилителя закрепляется механически с помощью накидной гайки.

Конструкция спектрометра обеспечивает замену источника без нарушения вакуума <sup>2/</sup>. Используются электронные блоки и анализирующая аппаратура, описанные в <sup>5,6/</sup>. Все измерения проводились с помощью линейного усилителя с четырехкратным интегрированием и двукратным дифференцированием,  $\tau = 2\text{ мксек}$ , загрузка  $\sim 10^4\text{ имп/сек}$ .

На рис. 3 показан спектр гамма-лучей и конверсионных электронов  $^{207}\text{Bi}$ , измеренный с помощью  $\text{Ge}(\text{Li})$  -детектора / $30\text{ мм}^2 \times 4\text{ мм}$ / при напряжении смещения  $700\text{ В}$ . Фрагмент этого же спектра в области  $500\text{ кэВ}$  показан на рис. 4. Некоторое уширение спектральной линии конверсионных электронов  $K569,7$  / $1,9\text{ кэВ}$ / по отношению к соответствующей для гамма-лучей / $1,6\text{ кэВ}$ / можно

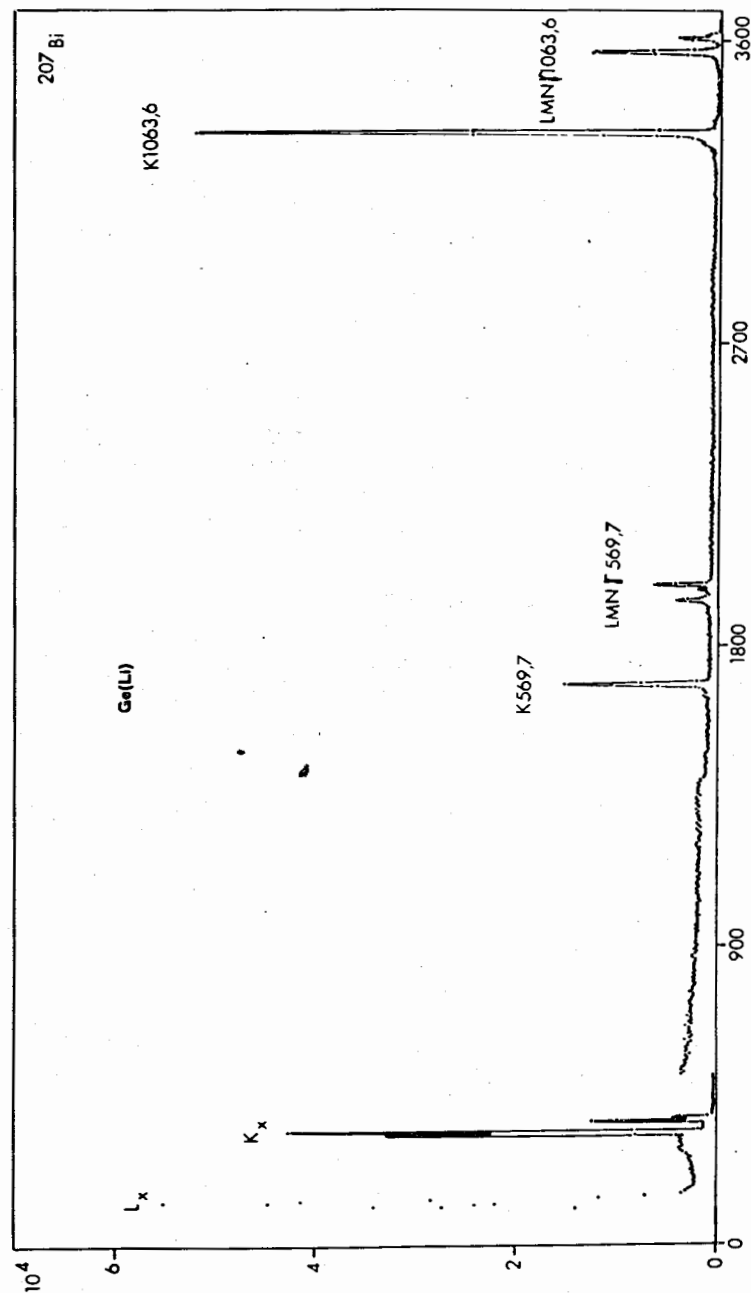


Рис. 3. Спектр электронов и гамма-лучей при распаде  $^{207}\text{Bi}$ , измеренный с помощью имплантированного  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора ( $30\text{ мм}^2 \times 4\text{ мм}$ ).

объяснить влиянием толщины "входного окна" /7/ детектора и качеством источника.

На рис. 4 показан спектр альфа-частиц  $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Am} + ^{244}\text{Cm}$ , измеренный с помощью этого же детектора. Высокое энергетическое разрешение /14 кэВ/ является прямым аргументом малой величины "входного окна". Однако спектр характеризуется сравнительно высоким фоном, причиной чего является, по-видимому, обратное рассеяние, малое расстояние источник - детектор /10 мм/, а также отсутствие специального коллиматора.

В дальнейшем мы предполагаем провести исследование величины "входного окна" /7/ и оптимальных размеров детектора: площади чувствительного слоя и глубины дрейфа. Спектрометр будет применяться в задачах по измерению абсолютных значений КВК и при измерении высокоэнергетических /> 1 МэВ/ бета-частиц /в этом случае будет использоваться и однородное магнитное поле для фильтрации сопровождающих излучений /7/ /.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Н.Калинину за помощь в изготовлении детекторов, С.Минькова за изготовление ряда механических узлов спектрометра и И.Куля и Я.Юрковску за помощь в оформлении работы.

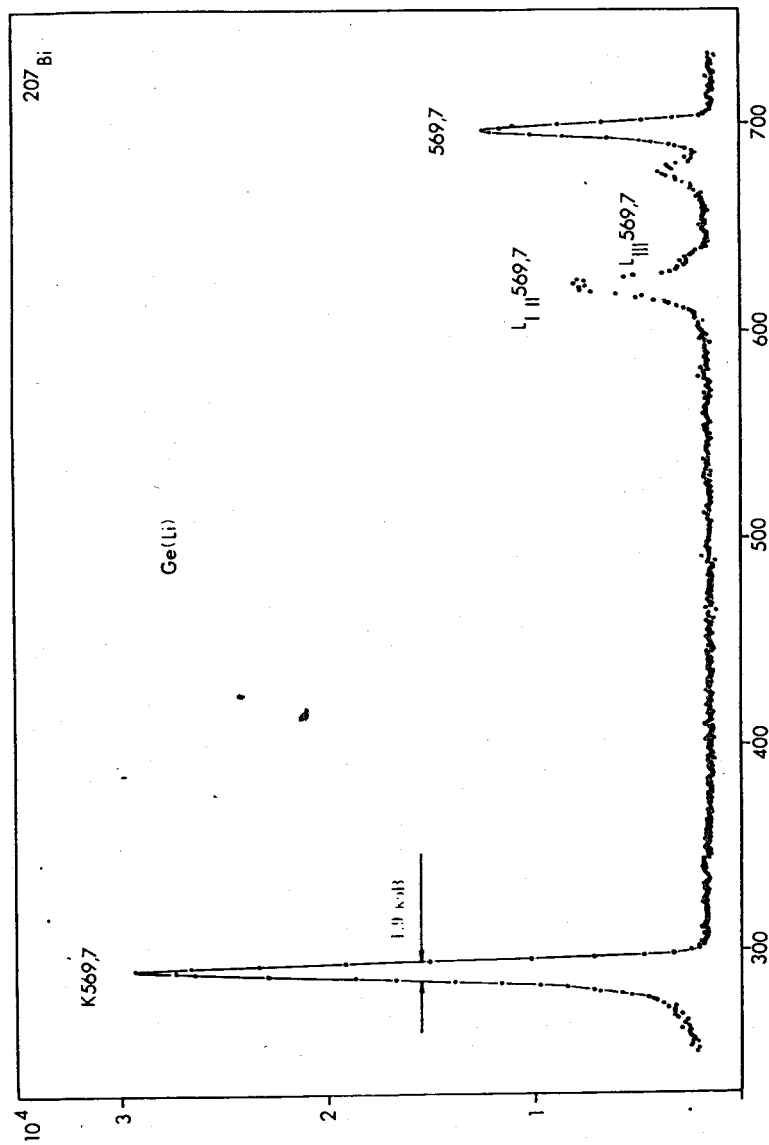


Рис. 4. Участок спектра электронов и гамма-лучей при распаде  $^{207}\text{Bi}$ , измеренный с помощью имплантированного Ge(Li) - детектора (30 мм<sup>2</sup> x 4 мм).

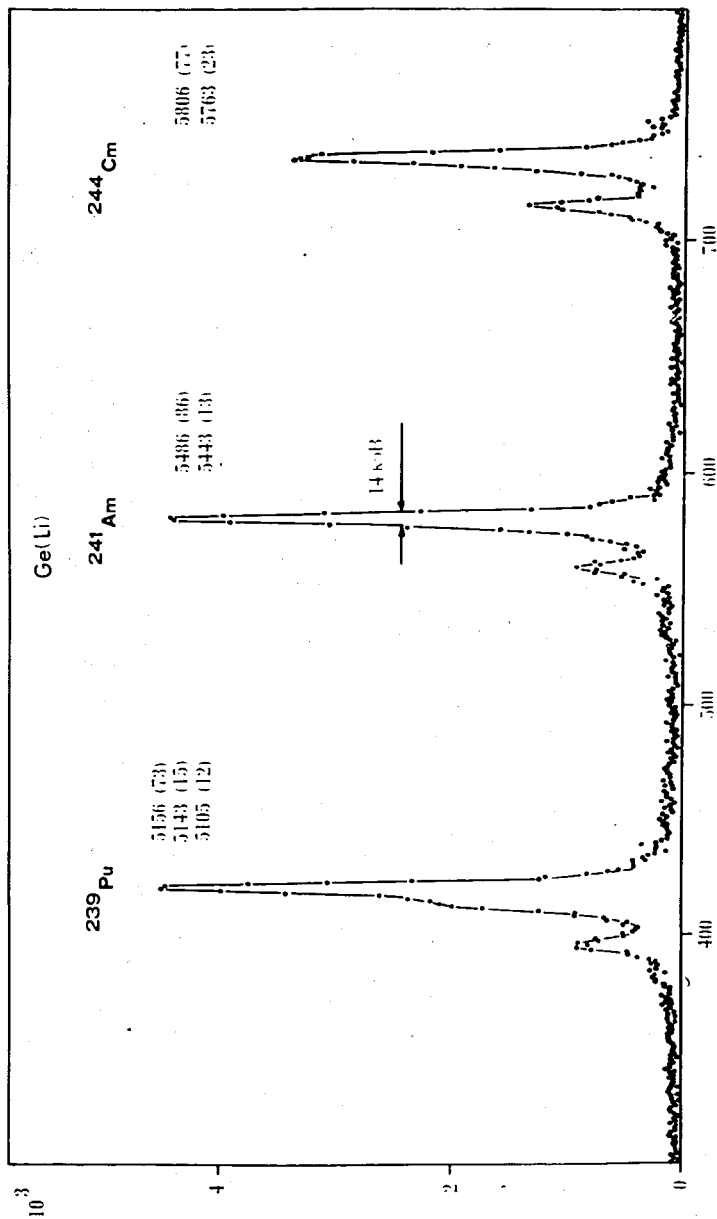


Рис. 5. Спектр альфа-частиц при распаде  $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Am} + ^{244}\text{Cm}$ , измеренный с помощью имплантированного  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора (30 мм  $\times$  4 мм).

### Литература

1. G. Bertolini, F. Cappellani and G. Restelli. Nucl. Instr. and Meth., 112, 219 (1973).
2. С.К. Васильев, Ц. Вылов, Б.П. Осипенко, Я. Юрковски. Препринт ОИЯИ, Р13-8026, Дубна, 1974.
3. Г. Музиоль, В.И. Райко, Х. Тыррофф. Препринт ОИЯИ, Р6-4487, Дубна, 1969.
4. М. Киселевич, А. Ляпушински, В. Жук, Б.П. Осипенко. Препринт ОИЯИ, 14-8304, Дубна, 1974.
5. В.С. Александров, Ц. Вылов, Т.М. Муминов, Б.П. Осипенко, С.И. Орманджиев. Сообщение ОИЯИ, 13-7306, Дубна, 1974.
6. В.С. Александров, Ц. Вылов, Т.М. Муминов, Б.П. Осипенко. Сообщение ОИЯИ, Р6-7308, Дубна, 1974.
7. Е. Береги, Ц. Вылов, Й. Крацикова, Ли Чен Сон, Б.П. Осипенко. Сообщение ОИЯИ, Р13-6830, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел  
12 ноября 1974-года.