

СЗУЧ.1М

У-896

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

1258/2-72

13 - 6292

Я.Ухрин

Ge/Li/ ДЕТЕКТОР

С ВЫСОКОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

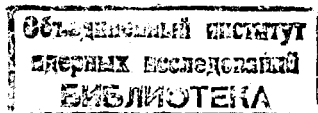
1972

13 - 6292

Я.Ухрин

Ge/Li/ ДЕТЕКТОР

С ВЫСОКОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ



Использование $Ge(Li)$ детекторов привело к новому скачку в развитии ядерной спектроскопии, особенно гамма-спектроскопии, что связано с изучением возбужденных энергетических уровней ядер.

Однако времена жизни возбужденных ядер в интервале 10^{-10} - 10^{-12} сек до сих пор мало изучены. Наиболее подходящим для их изучения методом является метод, использующий эффект Допплера на возбужденных ядрах отдачи /1/. Для его осуществления в области энергии 100-600 кэВ при скорости ядер отдачи 10^9 см/сек требуются гамма-спектрометры с разрешающей способностью не хуже 1,3 - 1,8 кэВ.

Ниже описывается способ изготовления плоского $Ge(Li)$ - детектора с большой разрешающей способностью и конструкция криостата со встроенным первым каскадом предусилителя, приспособленного для использования в опытах по измерению времени жизни возбужденных ядер методом эффекта Допплера.

Методика изготовления $Ge(Li)$ - детектора

Для изготовления детектора использован Ge p - типа, легированный галлием, со следующими параметрами: удельное сопротивление 22 ом/см, разброс сопротивления по радиусу < 5%, время жизни неосновных носителей при комнатной температуре - 650 мксек, плотность дислокаций, измеренная по числу ямок травления, < 2500 см^{-2} . p - n -пере-

ход создавался напылением и диффузией металлического Li в вакууме $< 10^{-5}$ мм Hg . Напыление производилось на зеркальную поверхность, очищенную путем химического травления смесью HNO_3 и HF (3:1). После травления поверхность тщательно промывалась бидистиллированной водой, полученной в кварцевом дистилляторе. Диффузия лития производилась при температуре $450^{\circ}C$ в течение 5 мин. Затем поверхность образца повторно травилась и тщательно промывалась.

Дрейф производился в пентане ($t_{кип.} = 36^{\circ}C$), после чего обычным методом выдержки детектора под напряжением при низких температурах осуществлялось выравнивание. Выравнивающий дрейф производился так же, как и дрейф в пентане. Это позволило существенно увеличить напряжение смещения, не увеличивая тока утечки. Напряжение при выравнивающем дрейфе достигало 1500 вольт, при этом обратный ток диода в конце 24- часового периода выдержки оставался меньше 0,5 мА. По окончании выравнивающего дрейфа для улучшения контактов на обе стороны диода электрохимическим способом повторно наносился Ni .

Подготовка детектора для упаковки

При подготовке детектора к упаковке в криостат производилась специальная обработка его поверхности с целью уменьшения поверхностного тока утечки и повышения предельной величины напряжения смещения (пассивация) /2/. После повторного нанесения Ni на торцы образца для подготовки боковой поверхности диода к пассивации она сначала очищалась концентрированной азотной кислотой, затем травилась смесью HNO_3 (65%) и HF (48%) (3:1) при комнатной температуре три раза по одной минуте.

Подготовленная к пассивации поверхность сначала травилась в течение двух минут в смеси H_2O_2 (30%) и HF (48%) (5:4) при комнатной температуре. Затем травление прекращалось путем разбавления травителя раствором $CaCl_2$ (8 граммов в 1000 мл бидистиллированной воды).

При объеме травителя 150 мл в течение 1 мин. добавлялось 1000 мл раствора $CaCl_2$. Затем детектор выдерживался в получившемся растворе в течение 3 мин., после чего просушивался на воздухе и был готов для упаковки в криостат.

Конструктивные особенности криостата

Для упаковки детектора был разработан криостат специальной конструкции, который предусматривает использование предусилителя с охлаждаемым полевым транзистором и предназначен для продолжительной эксплуатации (рис. 1).

Одной из важных проблем является микрофонная чувствительность детектора, который практически чувствует даже шумы, образующиеся при кипении жидкого азота, используемого для охлаждения. С целью уменьшения этих шумов детектор и полевой транзистор амортизировались путем использования тефлонового крепления. Применяемый в охлаждаемом каскаде (рис. 2) предусилителя полевой транзистор 2N 4416 имеет минимальное значение шумов и максимальную крутизну при температуре 130°K. Эта величина оптимальной температуры достигается в результате использования комбинированного термомоста, состоящего из тефлона и нержавеющей стали. Одновременно конструкция моста уменьшает микрофонную чувствительность транзистора.

Монтаж всех деталей охлаждаемого каскада с целью уменьшения внешних механических воздействий производился "мягким" способом.

Для уменьшения рассеянного гамма-излучения все механические детали камеры и держателя детектора выполнены из алюминия. Тонкое входное бериллиевое окошко (толщина окна равна 180 микрон) позволяет проводить спектрометрические измерения гамма-квантов, начиная с энергии 2 кэв:

Детектор зажимается на сапфировой подложке, встроенной в алюминевый держатель, с помощью тефлонового винта, расположенного сверху. Детектор расположен за Be -окошком так, что пучок гамма-квантов непосредственно попадает в чувствительный i -слой.

Неохлаждаемый блок предусилителя крепится непосредственно к криостату, и связь с охлаждаемым каскадом осуществляется через вакуумно-плотный разъем.

Откачка осуществляется сорбционным титановым насосом до вакуума 10^{-6} мм Hg , после чего криостат герметизируется холодной сваркой. Смонтированный с ним Ti - ионный насос (0,5 л/сек) дает возможность при продолжительной эксплуатации системы увеличить, или, в случае необходимости, поддерживать нужный вакуум.

Результаты измерений

Упакованный в криостат детектор испытывался как гамма-спектрометр при измерении энергий гамма-квантов ^{57}Co и ^{137}Cs . Измерение разрешающей способности проводилось при обратном токе 10^{-11} А. Напряжение смещения детектора 510 вольт.

К предусилителю был подключен спектрометрический усилитель с формирующими временами $\tau_{и.д.} = 2$ мксек. Результат для ^{57}Co показан на рис. 3.

Полученное разрешение (ПШПМ):

для линии ^{57}Co 121,9 кэв - 1,1 кэв;

для линии ^{137}Cs 661,6 кэв - 1,6 кэв.

Ширина (ПШПМ) генераторного пика при этом составляет 0,9 кэв. На рис. 4 показан спектр гамма-лучей, полученный в эксперименте по измерению эффекта Доплера ^{137}Cs . В спектре, который измерялся во время импульса пучка циклотрона У-300, хорошо разделяются два пика ^{164}Yb , первый из которых соответствует распаду покоящихся, а другой - распаду движущихся ядер.

Автор выражает глубокую благодарность академику Г.Н. Флерову за постановку задачи, постоянный интерес и поддержку.

Литература

1. S.Devons, G.Manning, D.St.P. Dunburry. Proc.Phys.Soc. /London/ Ser. A 68, (1955).
2. R.C.deWit, J.J.McKenzie.IEEE Trans.Nucl.Sci., NS-14, p.352, 1967.

3. Б. Бочев, С.А. Карамян, Т. Куцарова, Е. Наджаков, В.Г. Субботин,
В.А. Чугреев, Я. Ухрин. Препринт ОИЯИ, Р6-6229, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 февраля 1972 года.

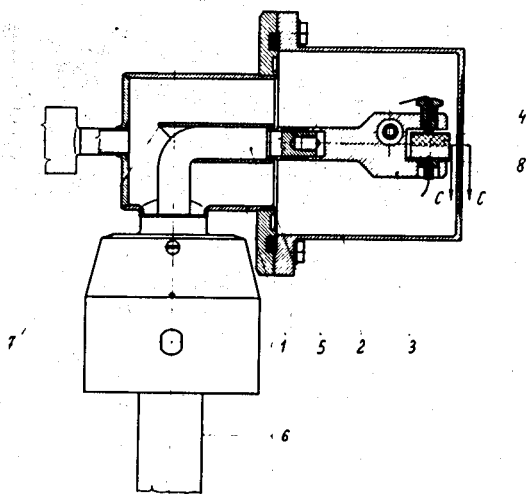


Рис. 1а) Конструкция криостата, использованного в опытах по эффекту Доплера. 1 - основание криостата; 2 - камера для детектора; 3 - держатель счетчика и полевого транзистора; 4 - детектор; 5 - хладопровод; 6 - трубка из нержавеющей стали; 7 - экран; 8 - бериллиевое окошко.

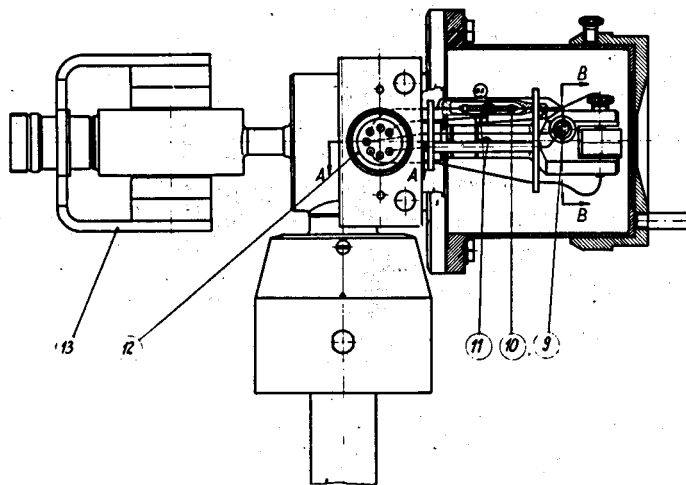


Рис. 16) Конструкция криостата, использованного в опытах по эффекту Доплера. 9 - полевой транзистор; 10 - сопротивление нагрузки; 11 - детали охлаждаемого предусилителя; 12 - вакуумноплотный разъем; 13 - ионный насос с магнитом.

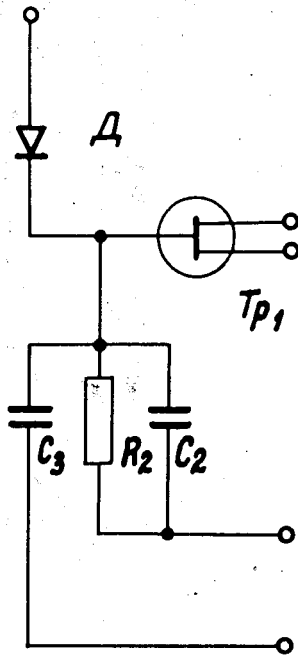


Рис. 2. Блок-схема охлаждаемого каскада предусилителя, встроенного в криостат. $Тр1$ - полевой транзистор /2N4416/; R_2 - сопротивление нагрузки /5 Гом/; C_2 - емкость обратной связи /0,5 пф/; C_3 - емкость для калибровки /0,5 пф/; Д - $Ge(Li)$ - детектор.

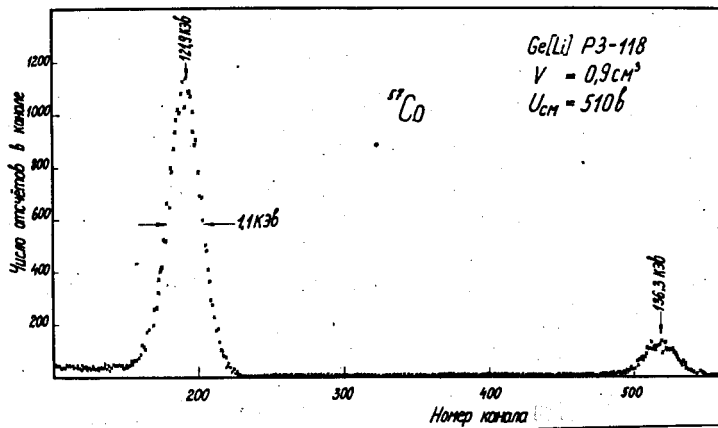


Рис. 3. Спектр ^{57}Co ,
 полученный с помощью детектора.

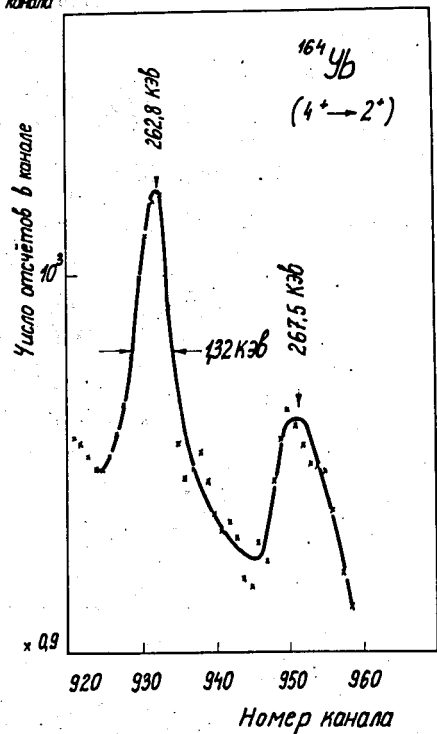


Рис. 4. Спектр ^{164}Yb , полученный в опыте по наблюдению эффекта доплеровского смещения γ - излучения возбужденных ядер.