

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

В. 123

13-88-855

Я.Ваврьшук, А.И.Иванов,^{*} Г.А.Исаакьян,^{*}
А.К.Качалкин, М.Левандовский, И.Ф.Учеваткин,^{*}
И.А.Ютландов

МИКРОКАНАЛЬНЫЕ ФОТОУМНОЖИТЕЛИ
ВО ВРЕМЕННОМ СПЕКТРОМЕТРЕ

^{*} Всесоюзный научно-исследовательский институт
метрологии им. Д.И.Менделеева, Ленинград

1988

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные спектрометры задержанных совпадений субнаносекундного диапазона основаны на сцинтилляционных детекторах с быстродействующими электронными фотоумножителями /ФЭУ/, чаще всего XR2020, RCA8850, C31024/1/. В сочетании с небольшими пластическими сцинтилляторами типа NE111 или новыми неорганическими сцинтилляторами BaF₂ они позволяют получать, например, при регистрации γ -квантов ⁶⁰Co временные разрешения $2\tau_0 \lesssim 100$ пс.

В настоящей работе представлены результаты испытаний временного спектрометра γ - γ совпадений, в котором применяются новые отечественные фотоэлектронные умножители на базе микроканальных пластин ФЭУ-165/2/. Проводится сравнение характеристик этого спектрометра с характеристиками, полученными при использовании традиционных фотоумножителей XR2020.

2. ВРЕМЕННОЙ СПЕКТРОМЕТР

Спектрометр собран по традиционной быстромедленной схеме на базе стандартных блоков POLON и ORTEC и многоканального анализатора в стандарте КАМАК, работающего на линии с микроЭВМ типа IBM XT. Для формирования временных сигналов использовались CF-дискриминаторы ORTEC 473A, работающие при эффективной фракции 10%. Собственное электронное разрешение спектрометра составляло 22 пс. Во всех измерениях один канал соответствовал 10,7 пс. Долговременная нестабильность - не хуже 15 пс за 8 ч. Контрольные измерения временного разрешения, выполненные с использованием традиционных ФЭУ XR2020Q и сцинтилляторов NE111 / ϕ 25 x 10 мм/, покрытых отражающей краской NE 560, дали результаты: а/ при установке 20-процентных энергетических окон на краю комптоновского спектра γ -квантов ⁶⁰Co /~930 кэВ/ полная ширина на половине высоты кривой мгновенных совпадений составляла $2\tau_0 = 108$ пс /рис. 1/; б/ в этих же условиях для аннигиляционных квантов ²²Na эта величина составляла $2\tau_0 = 178$ пс.

Эти результаты находятся на уровне лучших мировых достижений, полученных при использовании анодного выхода ФЭУ/1,3/.

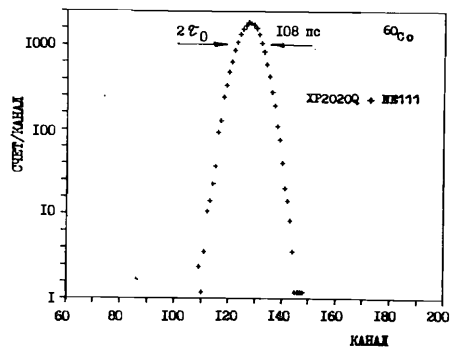


Рис. 1. Временной спектр мгновенных совпадений γ -лучей ^{60}Co , полученный с ФЭУ XR202Q и сцинтиллятором NE111.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЭУ-165

Исследованные экземпляры ФЭУ-165 содержат по две микроканальные пластины размером $\phi 32 \times 0,95$ мм с каналами диаметром 12 мкм и полупрозрачный

Sb-K-Na-Cs-фотокатод. Расстояние фотокатод - анод не превышает 4,5 мм.

Сцинтилляционная головка /размером $\phi 60 \times 90$ мм/ имела специальный коаксиальный анодный выход с волновым сопротивлением 50 Ом. Схема делителя высокого напряжения показана на рис. 2. Импульсы для энергетического анализа снимались с сопротивления R_2 на выходе второй пластины.

Ранее [2] уже отмечалась повышенная чувствительность ФЭУ-165 к нагрузкам. В настоящей работе исследовался этот эффект в зависимости от высокого напряжения /усиления/. Для этого при фиксированном напряжении определялось положение края комптоновского спектра γ -лучей ^{60}Co /сцинтиллятор NE 111/ при изменении загрузки в пределах $1 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^4$ имп/с. Результаты представлены на рис. 3. Видно, что при понижении напряжения питания /на 100 В по сравнению с рекомендуемым/ чувствительность усиления к нагрузкам снижается и становится вполне приемлемой. Однако такое снижение напряжения уменьшает амплитуду выходного сигнала примерно в пять раз. Для γ -квантов ^{60}Co и сцинтиллятора NE 111 она составляла около 0,1 В.

Для обеспечения оптимальных условий работы формирователя анодных сигналов столь малые импульсы необходимо усилить примерно в 20 раз. Нами использовался быстрый усилитель STA410L фирмы ESN Electronic, обеспечивающий время нарастания импульса < 1 нс.

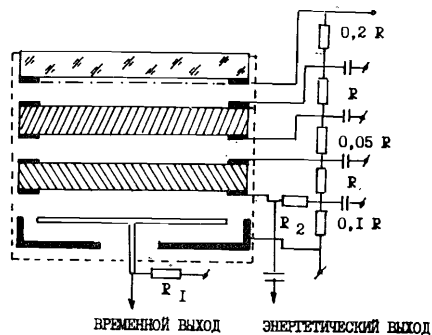


Рис. 2. Схема делителя высокого напряжения для ФЭУ-165. $R = 750$ кОм.

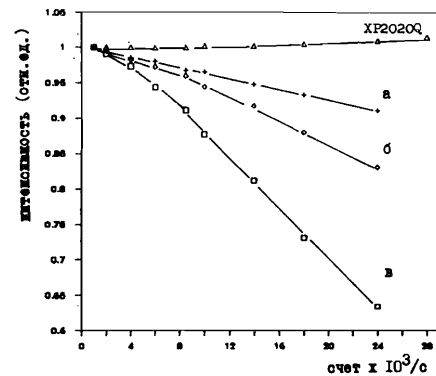


Рис. 3. Загрузочные характеристики XR2020Q и ФЭУ-165: а/ $U = 1850$ В, б/ $U = 1900$ В, в/ $U = 1950$ В.

На рис. 3 представлена также нагрузочная характеристика ФЭУ XR2020Q, полученная при использовании тех же сцинтиллятора и спектрометрического усилителя /POLON 1101/. Очевидно, что по этому параметру ФЭУ XR2020 явно предпочтителен.

4. ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРОМЕТРА С ФЭУ-165

Исследования временных характеристик спектрометра проводились в тех же условиях и с теми же сцинтилляторами, что и в случае применения XR2020Q. Различие заключалось лишь в том, что во временных трактах были включены быстрые усилители. Высокое напряжение подбиралось так, чтобы при повышении загрузки до $\sim 10^4$ имп/с изменение усиления не превышало 20%.

На рис. 4 представлены кривые мгновенных совпадений γ -квантов ^{60}Co и аннигиляционных квантов ^{22}Na , измеренные при нагрузке в каждом тракте около $5 \cdot 10^3$ имп/с. Их ширины на полувысоте составляют $2\tau_0 = 152$ пс и 235 пс соответственно. Повышение загрузки до $2 \cdot 10^4$ имп/с приводит к ухудшению этих значений на $\sim 10\%$.

Нетрудно видеть, что при прочих равных условиях спектрометр с ФЭУ-165 имеет несколько худшие временные характеристики, чем спектрометр с XR2020Q. Это связано, как уже отмечалось в работах [2,4,5], с почти вдвое меньшей квантовой эффективностью фо-

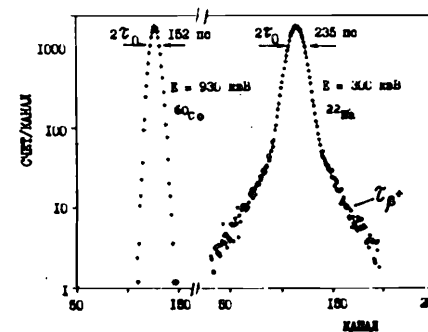


Рис. 4. Временные спектры мгновенных совпадений γ -лучей ^{60}Co и ^{22}Na , полученные с использованием ФЭУ-165.

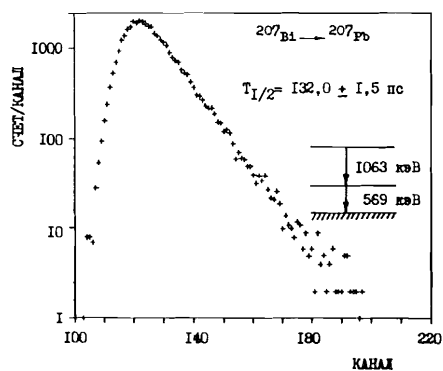


Рис. 5. Спектр задержанных совпадений γ -лучей при β -распаде ^{207}Bi $\Delta E/E = 30\%$.

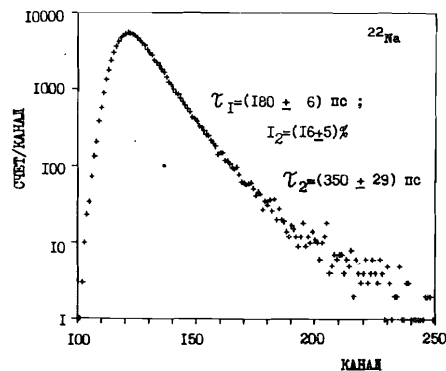


Рис. 6. Время жизни позитронов в меди. Источник позитронов ^{22}Na , старт - γ -лучи 1274 кэВ, стоп - γ -лучи 511 кэВ, $\Delta E/E = 30\%$.

токатодов микроканальных ФЭУ по сравнению с быстрыми традиционными ФЭУ. Тем не менее достигнутое временное разрешение позволяет изучать временные процессы в диапазоне времен порядка 100 пс.

В качестве примера нами измерены время жизни уровня 569 кэВ ^{207}Pb , образующегося при распаде ^{207}Bi , и время жизни позитронов ^{22}Na при их аннигиляции в меди. В обоих случаях ширина окон составляла 30% от комптоновского спектра соответствующих γ -лучей. Обработка временных спектров осуществлялась с помощью пакета программ RATFIT/6/. Результаты измерений представлены на рис. 5 и 6. Полученное время жизни уровня 569 кэВ ^{207}Pb $/132 \pm 1,5/$ пс находится в прекрасном соответствии с его известным значением $/130,7 \pm 1,3/$ пс^{17/}. Временное разрешение спектрометра при этом составляло $2\tau_0 = 220$ пс.

Хорошее согласие с литературными данными получено также при измерении времени жизни позитрона в неотожженной меди: $\tau_1 = /180 \pm 6/$ пс и $\tau_2 = /350 \pm 29/$ пс $/I_2 = /16 \pm 5\%/$. Временное разрешение составляло 230 пс.

Проведенные нами исследования показали, что ФЭУ-165 могут успешно применяться во временных спектрометрах субнаносекундного диапазона. В настоящее время они обладают лучшими временными характеристиками среди отечественных ФЭУ. А если учесть малые размеры и низкую чувствительность к магнитным полям, то в ряде случаев эти фотоумножители могут оказаться незаменимыми.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность М.Р.Айнбунду за предоставленные образцы ФЭУ-165, профессору Ц.Вылову за постоянный интерес и стимулирование исследований. Авторы также благодарят руководителей темы СРВР 01.06 ПНР за аппаратное обеспечение и содействие в выполнении этой работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moszynski M., Bengtson B. - NIM, 1979, v.158, p.1.
2. Ваврышук Я. и др. Сообщение ОИЯИ Р13-88-278, Дубна, 1988.
3. Bengtson B., Moszynski M. - NIM, 1982, v.204, p.129.
4. Moszynski M., Vacher J., Odru R. - NIM, 1983, v.217, p.453.
5. De Vrie J., Van Eijk C.W.E. - NIM, 1985, v.239, p.243.
6. Kirkegaard P. et al. - Comput. Phys. Commun., 1981, v.23, p.307.
7. Lederer C.M., Shirley V.S. Table of Isotopes. Ed. J.Wiley and Sons, New York, 1978.