

объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
дубна

5126/2-81

19/x-81

P13-81-541

Ю.С.Анисимов, Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов,  
К.Д.Калантаров, Б.К.Курятников, Е.А.Матюшевский,  
С.А.Мовчан, З.Нетушилова, С.А.Рожнятовская,  
В.Д.Пешехонов, С.П.Черненко, Г.А.Черемухина

РАЗРАБОТКА ГАММА-КАМЕРЫ  
НА ОСНОВЕ МНОГОПРОВОЛОЧНОГО  
ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ДЕТЕКТОРА

Направлено на 4 Собрание по использованию  
новых ядерно-физических методов для решения  
научно-технических и народнохозяйственных задач  
/Дубна, сентябрь 1981/ и на 11 Ежегодную конференцию  
молодых ученых ИЯИ АН УССР /Киев, октябрь, 1981/

1981

## ВВЕДЕНИЕ

Методы радиоизотопной диагностики нашли широкое применение в ядерной медицине, главным образом благодаря весьма интенсивным и успешным разработкам ангеровских сцинтилляционных гамма-камер. Детектором такой гамма-камеры является кристалл  $\text{NaJ(Tl)}$  толщиной  $1 \div 2$  см, просматриваемый фотоумножителями. На рис. 1 показано количество используемых обычно фотоумножителей для кристаллов различного диаметра <sup>1/</sup>. Следует отметить, что эффективно используется ~80% площади кристалла /поле зрения гамма-камеры/. Детекторы достаточно эффективны во всем используемом в ядерной медицине диапазоне энергий гамма-квантов, вплоть до 511 кэВ /позитронные установки/<sup>2/</sup>. Однако чувствительность их к неоднородностям малых размеров в исследуемом объекте недостаточно высока. На рис. 2 приведена заимствованная из работы <sup>3/</sup> зависимость величины собственного пространственного разрешения детектора для гамма-квантов различной энергии. Коммерческая стоимость гамма-камер составляет ориентировочно 100÷200 тыс. долларов <sup>4/</sup>.

В последние годы достаточно интенсивно проводятся попытки использования многопроволочных пропорциональных камер для создания более дешевых гамма-камер <sup>5-7/</sup> с высоким пространственным разрешением. В настоящей статье рассказывается о разрабатываемой гамма-камере на основе газового многопроволочного детектора повышенного давления.

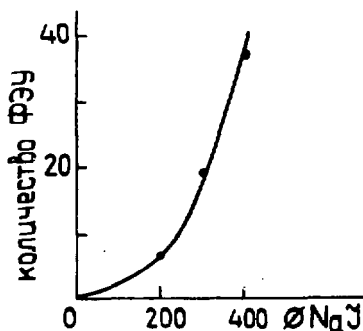


Рис. 1

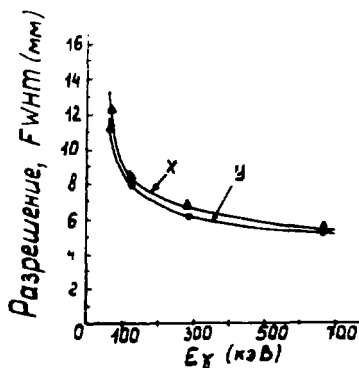


Рис. 2

## ДЕТЕКТОР

Детектором создаваемой гамма-камеры является многопроволочная пропорциональная камера с дрейфовыми промежутками, помещенная в герметичном боксе Б<sup>8/</sup>. Схематическое изображение детектора дано на рис. 3.

Катодные электроды К, расстояние между которыми 8 мм, намотаны ортогонально проволокой с шагом 1 мм. Проволоки объединены в группы по 4, каждая группа непосредственно соединяется с линией задержки /ЛЗ/. Шаг намотки анодной плоскости А — 2 мм, общая шина объединяет все проволоки электрода и служит для съема анодного сигнала. Чувствительная площадь камеры 290x290 мм<sup>2</sup>. Электроды В и С, формирующие внешние дрейфовые промежутки, удалены на расстояние 34 мм от соответствующих катодов. Бокс обеспечивает возможность работы детектора при избыточном давлении газового наполнения до 10 атм.

Гамма-кванты, выходящие из объекта, попадают в чувствительный объем детектора через входное окно О из стали толщиной 0,1 мм. Для обеспечения механической прочности используется стальной фланец Ф, являющийся одновременно коллиматором. Для обеспечения требуемого уровня коллимации к фланцу Ф добавляются внешние свинцовые коллиматоры, выполненные совместно с Ф. Дополнительные коллиматоры на рис. 3 не показаны. Коллиматоры имеют гексагональную структуру, отверстия диаметром 2 мм расположены с шагом 2,5 мм.

Детектор заполняется газовой смесью Хе/90%/ и СН<sub>4</sub>/10%/ . Прошедший через коллиматор поток гамма-квантов ослабляется

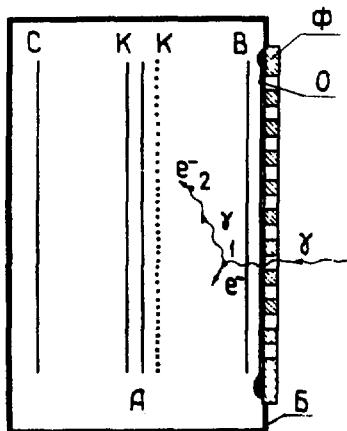
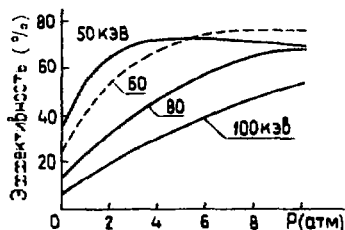


Рис. 3

Рис. 4



входной фольгой 0 и слоем газа, толщиной 3 мм, расположенным между 0 и электродом В. На рис. 4 показана рассчитанная эффективность фотоэлектрического поглощения ксеноном исходящих из объекта гамма-квантов различной энергии /эффективность детектора/ в зависимости от величины избыточного давления газа Р. Влияние коллиматора при этом не учитывалось.

### ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

Функциональная схема электронной аппаратуры гамма-камеры приведена на рис. 5<sup>9-11</sup>. Координаты X и Y точки конверсии гамма-квантов на атомах ксенона определяются путем измерения временных интервалов между сигналами, снимаемыми с двух концов соответствующей ЛЭ. Сигналы с пропорциональной камеры поступают на малошумящие линейные усилители. Катодные сигналы поступают далее на дискриминаторы-формирователи Ф. Анодный сигнал проходит через дифференциальный дискриминатор, используемый с целью улучшения контрастности изображения. Сформированные катодные сигналы, передние фронты которых "привязаны" к вершинам первичных сигналов, после прохождения блока задержки З поступают в быстрый временной блок отбора. События, прошедшие критерии отбора по каждому из 5 сигнальных трактов, поступают на время-цифровые преобразователи ВЦП. Тактовый генератор ТГ задает кодирующую частоту 125 МГц. Координаты X и Y событий из ВЦП передаются в ЭВМ.

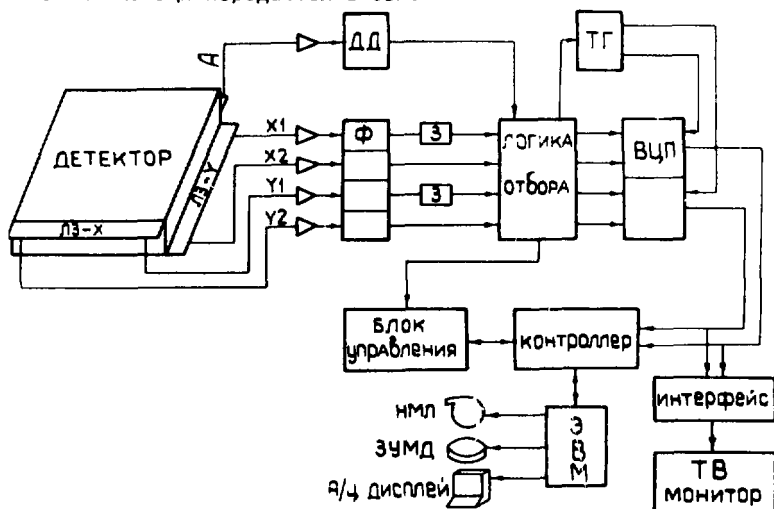


Рис. 5

Временное разрешение системы, определяемое величиной погонной задержки ЛЗ, составляет 0,5 мкс. Быстродействие установки  $\sim 2 \cdot 10^5$  1/с. Информация о распределении радиоизотопа в исследуемом органе представляется на цветном или черно-белом ТВ-мониторе.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТЕКТОРА

При исследовании характеристик детектора применялись радиоактивные источники  $^{241}\text{Am}$  и  $^{109}\text{Cd}$ . В чувствительный объем проходили гамма-кванты с энергией 59,5 и 87,7 кэВ соответственно. Величина избыточного давления газа в детекторе была около 5 атм. Исследования показали, что детектор обладает высоким собственным пространственным разрешением, хорошей линейностью по обеим координатам и достаточно высокой однородностью по площади. На рис.6 показана величина полной ширины на полувысоте пространственного распределения, полученного от точечного источника, в зависимости от значения анодного напряжения пропорциональной камеры. Видно, что собственное пространственное разрешение детектора лучше 1,8 мм. Контрастное отношение детектора определялось с помощью набора бар-фантомов различного периода. На рис.7 показано пространственное распределение интенсивности счета по одной из координат детектора, полученное при равномерном облучении бар-фантома с периодом 14 мм. Изображение бар-фантома с периодами решеток 8, 10, 12 и 16 мм, полученное с помощью детектора и представленное на ТВ-мониторе, показано на рис.8. На рис.9 приведено контрастное отношение в зависимости от величины, обратной периоду бар-фантомов, полученное с помощью источников  $^{241}\text{Am}$  и  $^{109}\text{Cd}$  - кривая 1.

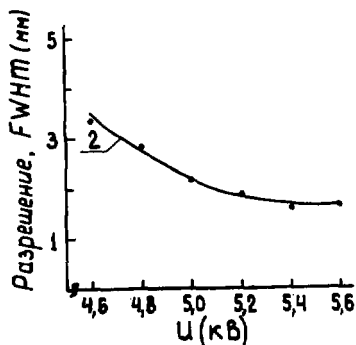
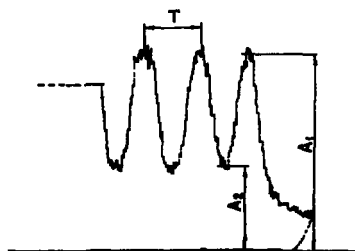


Рис.6

Рис.7



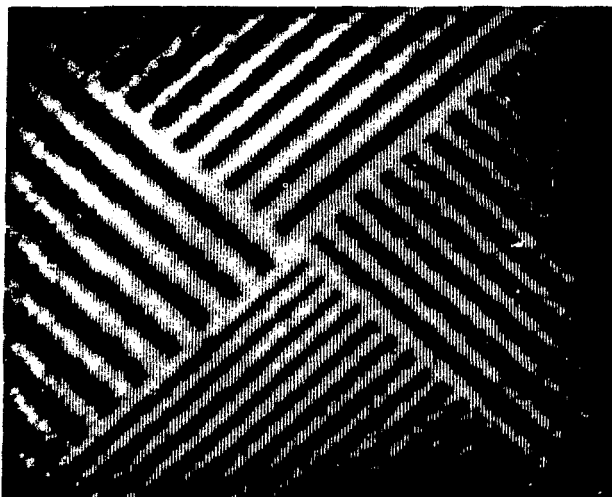


Рис. 8

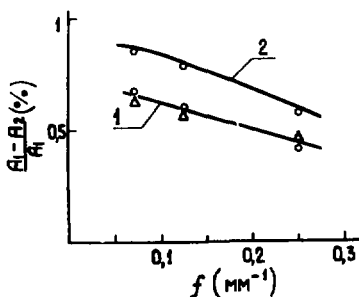


Рис. 9

Гамма-кванты, прошедшие в объем детектора, конвертируют в точке 1 /рис.3/, образуя фотоэлектроны и флуоресцентный квант. Длина свободного пробега флуоресцентного кванта составляет 20,7 см при нормальных условиях. Флуоресцентный квант может в свою очередь образовать фотоэлектроны в точке 2 чувствительного объема детектора. Введение отбора событий по энергии в случае использования источника  $^{109}\text{Cd}$ , с целью исключения событий, отвечающих точке 2, при-

водит к улучшению величины контрастного отношения примерно в 1,5 раза - кривая 2 на рис.9. На рис.10 показано видеоизображение свинцового коллиматора, установленного на детекторе и облучаемого удаленным точечным источником  $^{241}\text{Am}$ . Диаметр отверстий коллиматора 3 мм при шаге 4 мм.

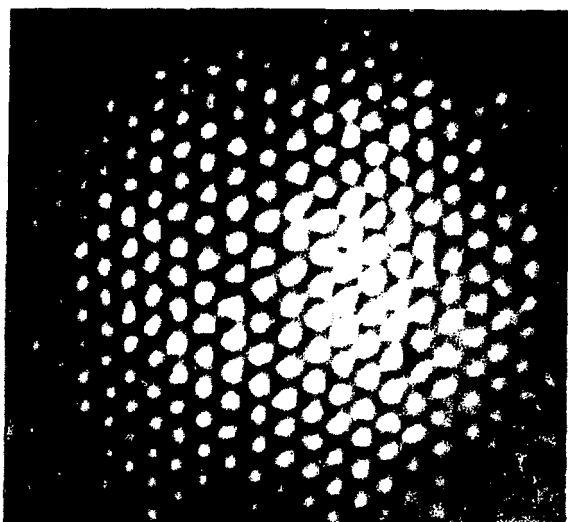


Рис. 10

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разрабатываемая гамма-камера с проволочной пропорциональной камерой в качестве детектора может работать в диапазоне энергий гамма-излучения 50-100 кэВ, обеспечивая существенно лучшее пространственное разрешение, чем сцинтилляционная гамма-камера.

Основные параметры детектора следующие:

- чувствительная площадь -  $280 \times 280 \text{ мм}^2$ ;
- эффективность - около 50%;
- собственная величина пространственного разрешения - 2 мм;
- быстродействие гамма-камеры - около  $2 \cdot 10^5$  1/с.

Детектор и регистрирующая электронная аппаратура проще и дешевле в сравнении со сцинтилляционной гамма-камерой, обладающей тем же полем зрения. Изменений в параметрах детектора, заполненного газовой смесью, не было замечено в течение 3 мес. исследования.

Предполагаемая область применения:

- исследования почек, вентиляции и кровоснабжения легких, мозгового кровотока с помощью радиоактивных препаратов, таких, как неогидрин -ртуть-197, ксенон-133 и другие.

Авторы благодарят члена-корреспондента АН СССР А.М.Балдина за внимание и интерес к работе; Л.Г.Макарова и А.А.Кузнецова за поддержку работы. Авторы благодарны также за помощь в работе М.Н.Михайловой, Ю.Г.Федулову, В.А.Белякову, Н.П.Волкову, А.Е.Московскому.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Cooke L. et al. In: Medical Radioisotope Scintigraphy, 1972. Vienna, 1973, vol.1, p.181.
2. Eriksson L. et al. IEEE Trans. on Nucl.Sci., 1980, vol. NS-27, No.1, p.435.
3. Tanaka E. et al. In: Medical Radioisotope Scintigraphy, 1972, Vienna, 1973, vol.1, p.169.
4. Charpak G. Nucl.Instr. and Meth., 1978, 156, p.1.
5. Bateman J.E. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1980, 173, p.525.
6. Jeavons A.P. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1980, 176, p.89.
7. Lazewatsky J. et al. IEEE Trans. Nucl.Sci., 1980, vol. NS-27, No.1, p.519.
8. Заневский Ю.В. и др. ОИЯИ, Р13-81-298, Дубна, 1981.
9. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, Р13-11872, Дубна, 1978.
10. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, 13-80-414, Дубна, 1980.
11. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, 18-80-569, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 августа 1981 года.