

Б.26

2

**И Н С Т И Т У Т  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р**

**ПРЕПРИНТ И Я Ф 74 - 81**

**С.Е.Бару, С.Г.Басиладзе, В.Р.Грошев, М.В.Гусак,  
М.И.Маркус, А.П.Онучин, Г.И.Провиз**

**ГИБРИДНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМА  
"УСИЛИТЕЛЬ-ФОРМИРОВАТЕЛЬ"  
ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР**

**Новосибирск**

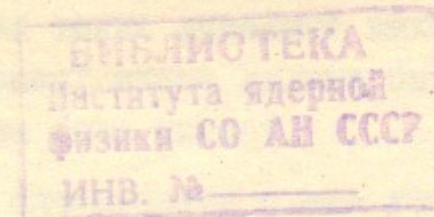
**1974**

ГИБРИДНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМА "УСИЛИТЕЛЬ-  
ФОРМИРОВАТЕЛЬ" ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР

Бару С.Е.<sup>+</sup>, Басиладзе С.Г.<sup>0</sup>, Грошев В.Р.<sup>+</sup>, Гусак М.В.<sup>X</sup>,  
Маркус М.И.<sup>X</sup>, Онучин А.П.<sup>+</sup>, Провиз Г.И.<sup>+</sup>

А Н Н О Т А Ц И Я

Разработана гибридная интегральная микросхема "усилитель-формирователь" для пропорциональных камер. Корпус немагнитный, габаритные размеры  $11,6 \times 11,6 \times 5$  мм<sup>3</sup>. Усилитель-формирователь может работать на интегральные схемы типа ТТЛ и ЭКЛ; имеется вход для амплитудного анализа; Порог чувствительности  $1;1$  мВ  $\pm 10\%$ ; входное сопротивление  $1;3$  кОм  $\pm 10\%$ . Временное разрешение с пропорциональной камерой, наполненной газом  $Ne + 8\% Ar + 20\% CO_2 + 3;5\% C_2H_5OH$ ; составляет  $\tau_{1/2} = 12$  нсек; ширина плато 500 В.



+ Институт ядерной физики СО АН СССР, г. Новосибирск

<sup>0</sup> Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, г. Дубна

<sup>X</sup> ОКБ при заводе "Экситон", г. Павловский Посад

В последние годы пропорциональные камеры заняли одно из ведущих мест как детекторы элементарных частиц, обладающие высоким пространственно-временным разрешением /1+3/. Наиболее полно преимущества пропорциональных камер используются при параллельном съеме информации. Вследствие этого развитие методики пропорциональных камер в значительной степени определяется уровнем развития регистрирующей электроники, поскольку число каналов в современных физических экспериментах достигает десятков тысяч /4-6/.

В последнее время были предприняты усилия по разработке специализированных интегрально-гибридных схем регистрирующих каналов для пропорциональных камер /3,7-10/. Основной проблемой при построении таких каналов является реализация быстрого усилителя-формирователя для приведения сигналов с пропорциональных камер к уровням срабатывания логических схем. Логическая часть канала достаточно легко реализуется с помощью обычных интегральных схем /11-18/.

Требования, предъявляемые к усилителю-формирователю, довольно жесткие. С одной стороны, при малом уровне потребляемой мощности необходимо обеспечить высокое быстродействие; с другой стороны, при низком пороге срабатывания необходимо обеспечить его высокую стабильность и небольшой разброс. Должен быть выполнен также ряд специфических требований, таких, как немагнитное исполнение, нечувствительность к положительным импульсам большой амплитуды, малое время восстановления при больших перегрузках. Желателен также линейный выход для анализа амплитуд сигналов. И, наконец, схема должна быть технологически простой с тем, чтобы цена была низкой.

В данной работе описывается схема усилителя-формирователя, разработанная с учетом вышеупомянутых требований. Разработка выполнена совместно Институтом ядерной физики СО АН СССР (г.Новосибирск), Лабораторией высоких энергий ОИЯИ (г.Дубна) и ОКБ при заводе "Экситон" (г.Павловский Посад). Усилитель-формирователь К243АГ1 выполнен на основе толстопленочной гибридной технологии и размещен в немагнитном корпусе с размерами 11;6x11;6x5 мм<sup>3</sup>. Усилитель разработан для использования со схемами транзистор-транзисторной логики, либо с логическими схемами с эмиттерной связью.

Усилитель-формирователь (рис.1а) представляет собой двухкаскадный импульсный усилитель, нагруженный на пороговый элемент. Режим работы усилителя и порогового элемента стабилизируется отрицательной обратной связью по постоянному току. Для стабилизации величины входного сопротивления включен эмиттерный повторитель на транзисторе  $T_1$ . Первый каскад усилителя выполнен на дифференциальной паре ( $T_2, T_3$ ) для обеспечения необходимых фазовых соотношений и удобства регулирования порога срабатывания. Второй каскад выполнен на транзисторе  $T_5$ , включенном по схеме с общим эмиттером. На выходе обоих усилительных каскадов включены эмиттерные повторители ( $T_4, T_6$ ) для расширения полосы пропускания усилителя и стабилизации коэффициента усиления. Для уменьшения перегрузок усилителя при больших входных сигналах в коллекторы  $T_4$  и  $T_6$  включены токоограничивающие резисторы. Сигнал для амплитудного анализа снимается с эмиттера  $T_4$ .

На рис.1б приведена схема включения усилителя-формирователя для работы с интегральными схемами транзистор-транзисторной логики. В этом варианте включением пороговым элементом является транзистор  $T_7$ . При необходимости сигнал с коллектора  $T_7$  можно передавать на регистрирующую электронику по скрученным парам телефонного кабеля.

На рис.1в приведена схема включения для работы с интегральными логическими схемами с эмиттерной связью. В данном варианте включением транзистор  $T_7$  может использоваться для схемы "проводное ИЛИ".

В таблице I приведены результаты испытаний микросхем от генератора для варианта работы с транзистор-транзисторной логикой. При измерениях использовались прямоугольные импульсы длительностью 60 нсек. Испытания проводились при комнатной температуре и напряжении  $U_{упр} = -0,4$  В.

На рис.2; 3 показаны результаты измерений основных параметров микросхем. Измерения проводились на 100 образцах. Ширина зашифрованных областей характеризует разброс параметров. Время восстановления (рис.3б) определялось как минимальная задержка между импульсом перегрузки и импульсом с амплитудой 3 мВ; при которой микросхема срабатывает от второго импульса.

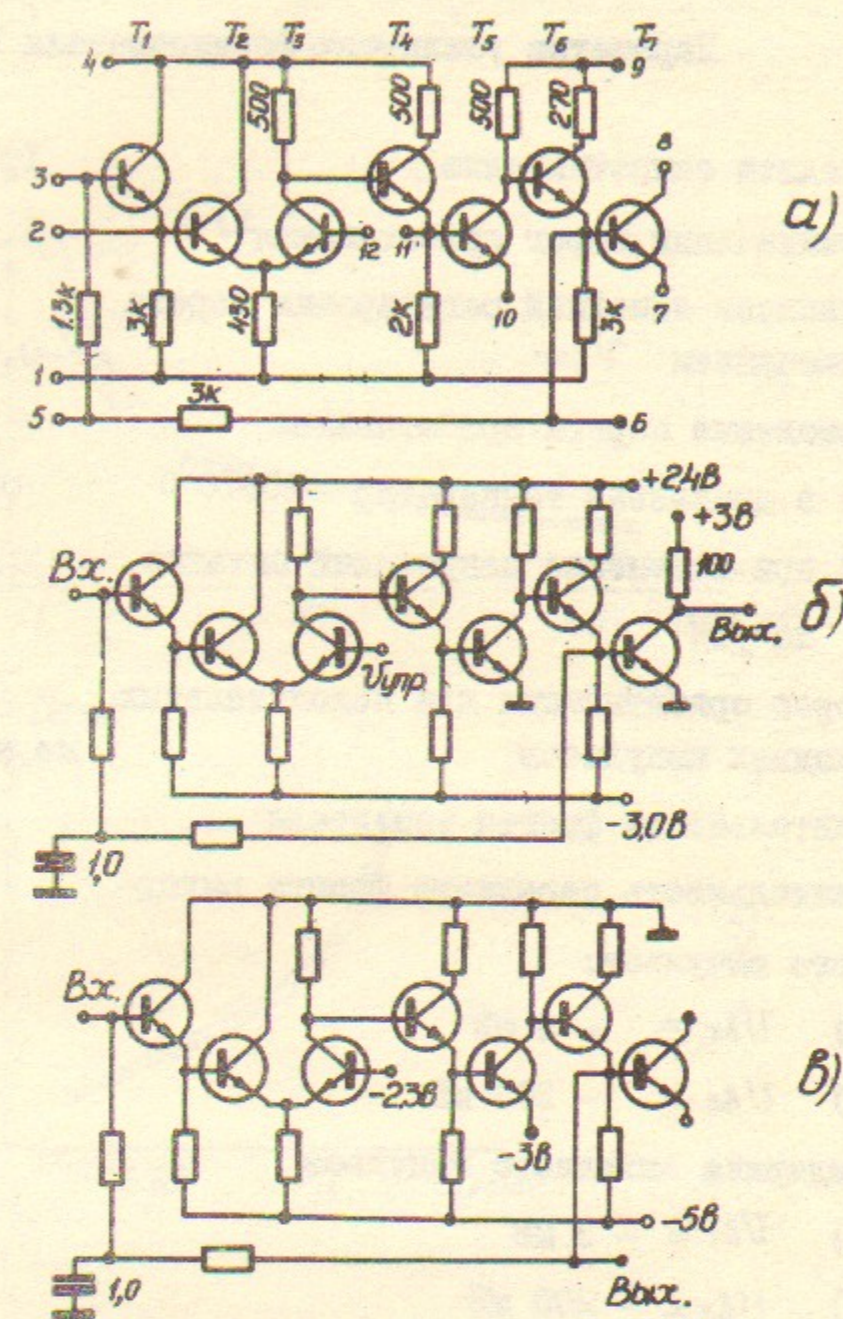


Рис.1. а) Электрические соединения микросхемы усилителя-формирователя К243АП1 ( $T_1+T_7$  - КТ318Б,В).  
 б) Схема включения для работы с транзистор-транзисторной логикой.  
 в) Схема включения для работы с логическими схемами с эмиттерной связью.

ТАБЛИЦА I

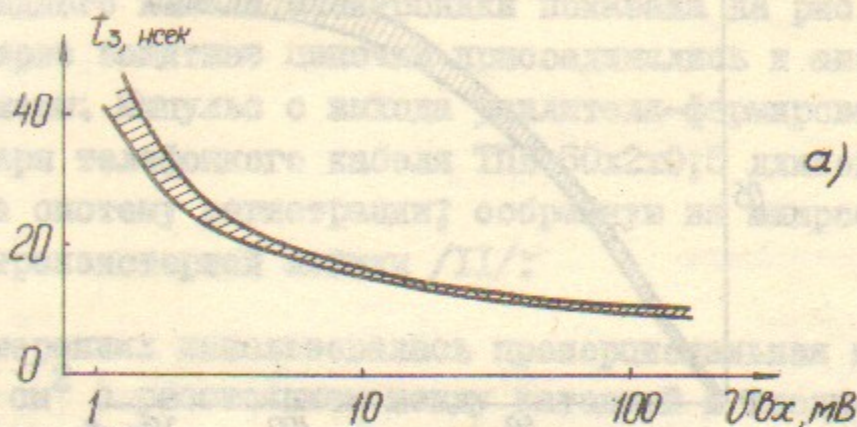
Параметры усилителя-формирователя K243AGI

1. Входное сопротивление	$1,3 \text{ кОм} \pm 10\%$
2. Номинальный порог срабатывания <sup>х)</sup>	$-1,1 \text{ мВ} \pm 10\%$
3. Диапазон линейной регулировки порога изменением $U_{упр}$	$-0,7 + -3,5 \text{ мВ}$
4. Изменение порога срабатывания	
а) в диапазоне температур $+20+70^\circ\text{C}$	$0,2\%/^\circ\text{C}$
б) при изменении напряжений питания на $\pm 1\%$	$\pm 2\%$
5. Порог срабатывания для положительных входных импульсов	не ниже $0,7 \text{ В}$
6. Длительность фронта усилителя	$40 \pm 5 \text{ нсек}$
7. Длительность переднего фронта выходного импульса:	
а) $U_{вх} = -3 \text{ мВ}$	$5,5 + 6 \text{ нсек}$
б) $U_{вх} = -200 \text{ мВ}$	$4 \text{ нсек}$
8. Задержка выходного импульса	
а) $U_{вх} = -3 \text{ мВ}$	$27+33 \text{ нсек}$
б) $U_{вх} = -200 \text{ мВ}$	$12+13 \text{ нсек}$
9. Время восстановления для $U_{вх} = \pm 300 \text{ мВ}$	меньше $250 \text{ нсек}$
10. Коэффициент усиления по линейному выходу для $U_{вх} = -40 \text{ мВ}$	$15,6 \pm 7\%$
II. Потребляемая мощность	$55 \text{ мВА}$

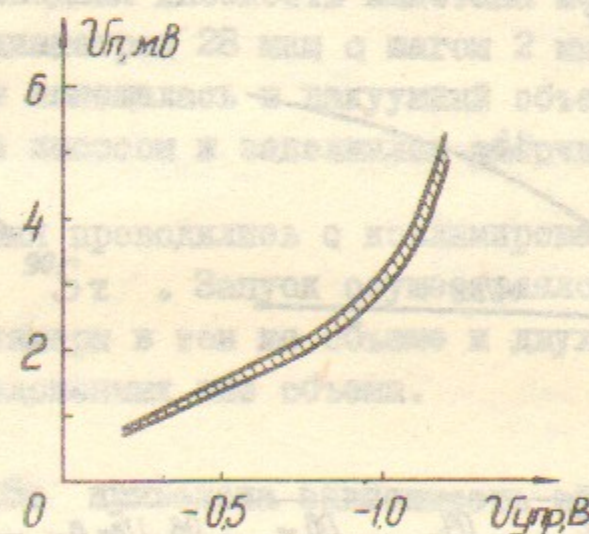
х) Измерения проводились на 100 образцах из разных партий.

Для работы усилителя-формирователя с пропорциональной камерой (генератор тока) можно использовать микроэлектронные элементы. В противном случае усилитель и ухудшается его устойчивость.

Длительность фронта импульса показана на рис.4. Странно, что микроэлектронные элементы не позволяют получить более высокие значения порога срабатывания. Порог срабатывания можно регулировать с помощью потенциометра.



Для работы усилителя-формирователя с пропорциональной камерой можно использовать микроэлектронные элементы. В противном случае усилитель и ухудшается его устойчивость.



Намеренно усилитель-формирователь с пропорциональной камерой от источника сигнала. Задание усилителя-формирователя по пропорциональной камере и другим параметрам.

На рис.2. а) Зависимость задержки срабатывания от амплитуды входного сигнала. б) Зависимость порога срабатывания от управляющего напряжения.

Рис.2. а) Зависимость задержки срабатывания от амплитуды входного сигнала.

б) Зависимость порога срабатывания от управляющего напряжения.

ТАБЛИЦА I

Параметры усилителя-формирователя ИС434АГ1

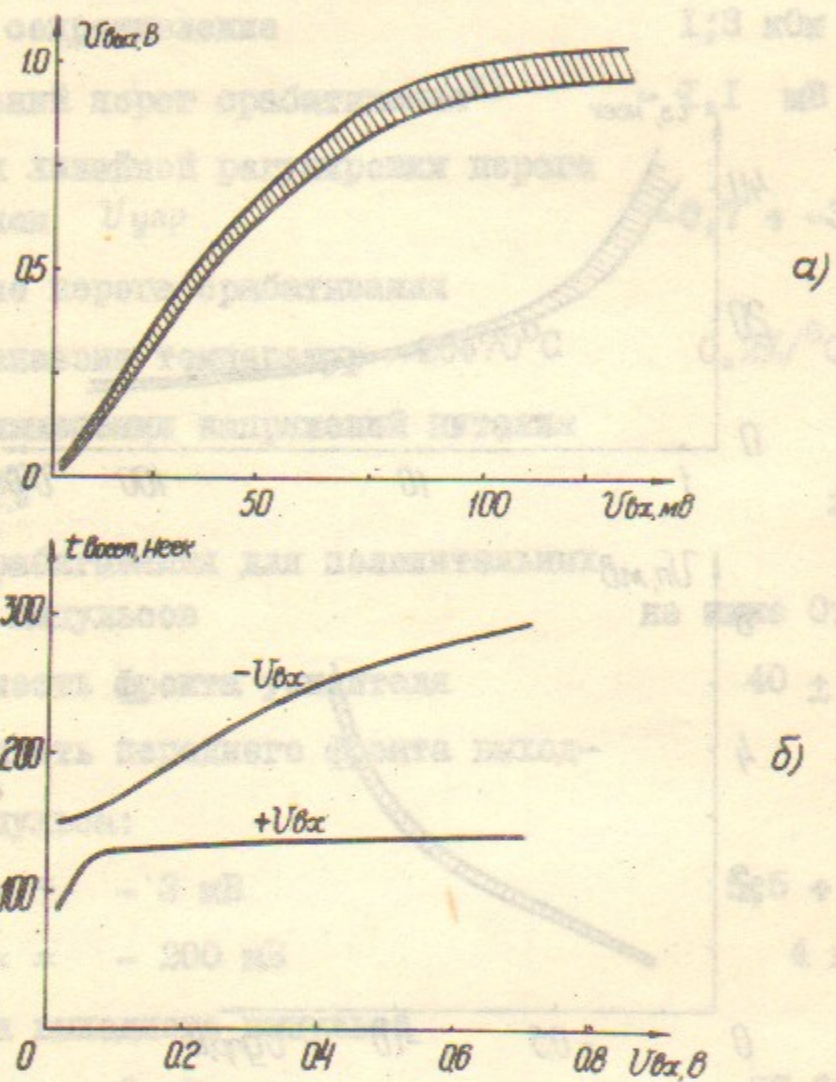


Рис.3. а) Зависимость амплитуды с линейного выхода от амплитуды входного сигнала.  
 б) Зависимость времени восстановления от амплитуды входных импульсов положительной (+  $U_{вх}$ ) и отрицательной (-  $U_{вх}$ ) полярностей.

При работе усилителя-формирователя с пропорциональной камерой (генератор тока) корпус микросхемы желательно заземлять. В противном случае увеличиваются фронты усилителя и ухудшается помехоустойчивость.

Данные микросхемы были испытаны с пропорциональной камерой. Схема одного канала электроники показана на рис.4. Входы микросхем через защитные цепочки присоединялись к анодным проволочкам камерн. Импульс с выхода усилителя-формирователя через витые пары телефонного кабеля ТПВ 50x2x0,5 длиной 20 м подавался на систему регистрации; собранную на микросхемах транзистор-транзисторной логики /И/.

При измерениях использовалась пропорциональная камера площадью 25x25 см<sup>2</sup> с расстоянием между катодной и анодной плоскостями 6 мм; Анодная плоскость намотана медной вольфрамовой проволокой диаметром 28 мкм с шагом 2 мм. Камера вместе с микросхемами помещалась в вакуумный объем. Объем откачивался форвакуумным насосом и заполнялся рабочим газом.

Измерения проводились с коллимированным пучком электронов от изотопа <sup>90</sup>Sr. Запуск осуществлялся телескопом из пропорциональной камеры в том же объеме и двух сцинтилляционных счетчиков, расположенных вне объема.

На рис.5а приведена зависимость эффективности регистрации от напряжения на камере. Камера была наполнена газом Ar + 20% CO<sub>2</sub> + 3,5% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH. Значение эффективности на плато составляет 99,3%; ширина плато - 450 В. На этом же рисунке приведены графики зависимости временного разрешения  $\tau_{1/2}$  и  $\tau_{осн.}$  от напряжения на камере;  $\tau_{1/2}$  - ширина временного спектра на полувысоте;  $\tau_{осн.}$  - ширина временного спектра, в пределах которой сосредоточено 99% событий. На рис.5б приведены аналогичные кривые; полученные с газом /19/ Ne + 8% Ar + 20% CO<sub>2</sub> + 3,5% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH.

На рис.6 приведены временные спектры для указанных выше газовых смесей.

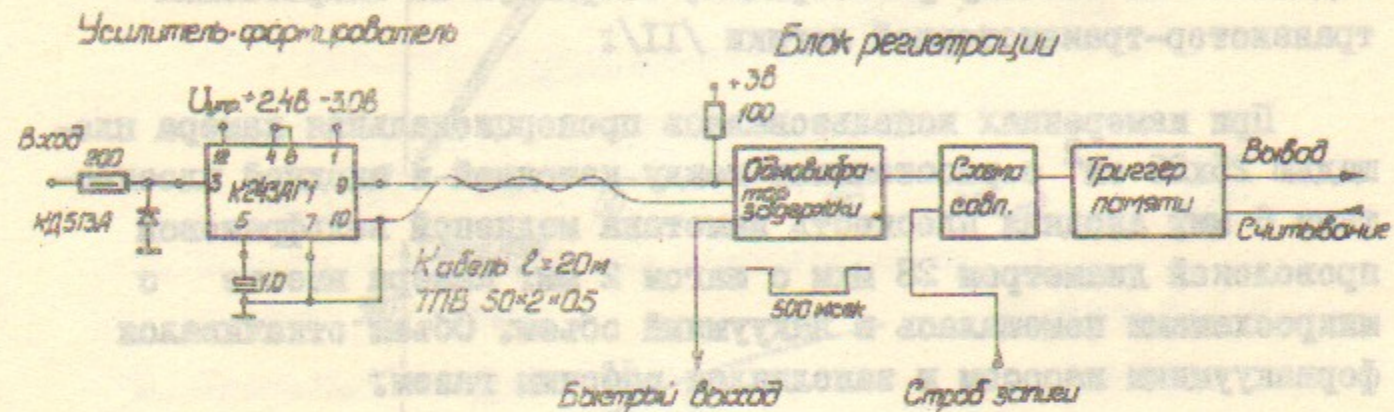


Рис.4. Схема одного канала электроники. Блок регистрации собран на интегральных схемах ТЛМ серии 155.

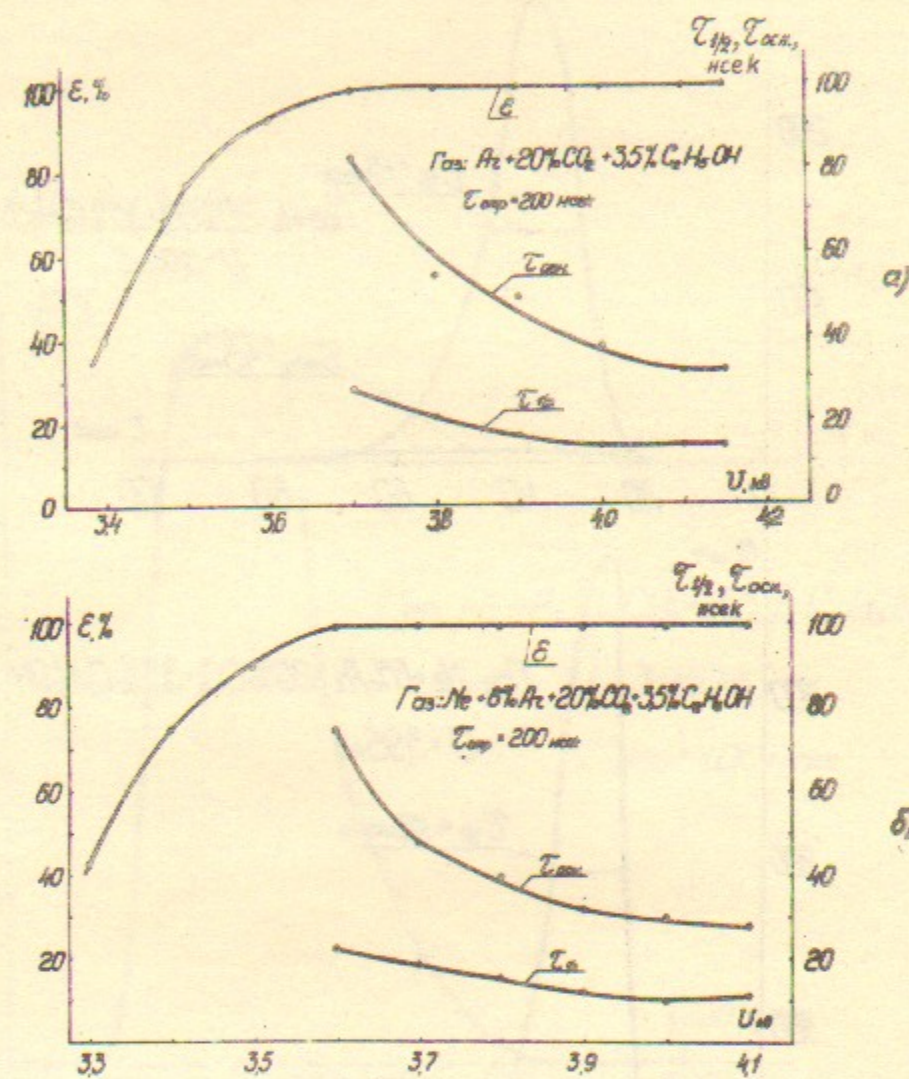


Рис.5. Зависимость эффективности регистрации и временного разрешения от напряжения на камере:  $\epsilon$  - эффективность регистрации;  $\tau_{1/2}$  - ширина временного спектра на полувысоте;  $\tau_{осн}$  - ширина временного спектра; в пределах которой сосредоточено 99%.

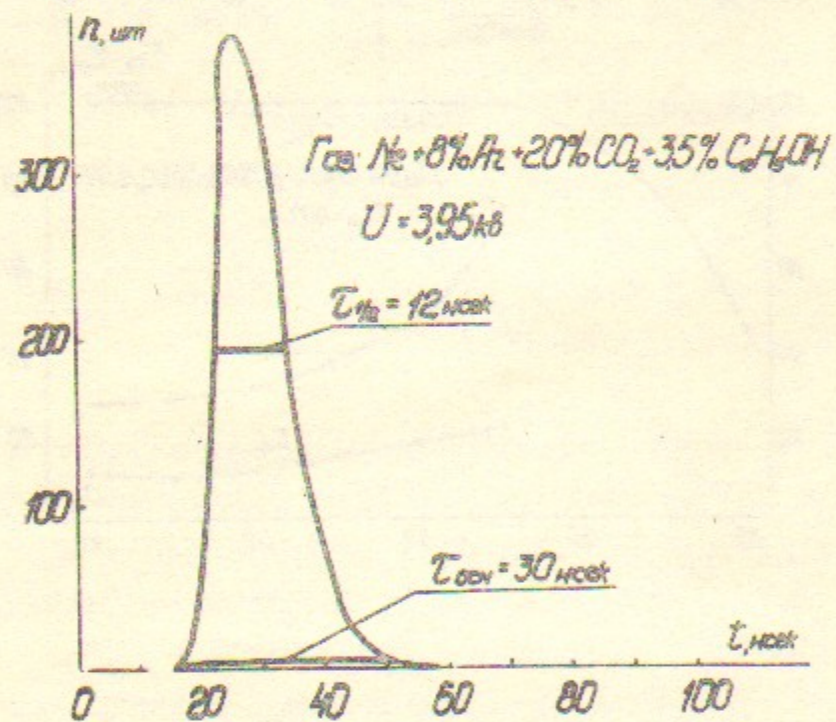
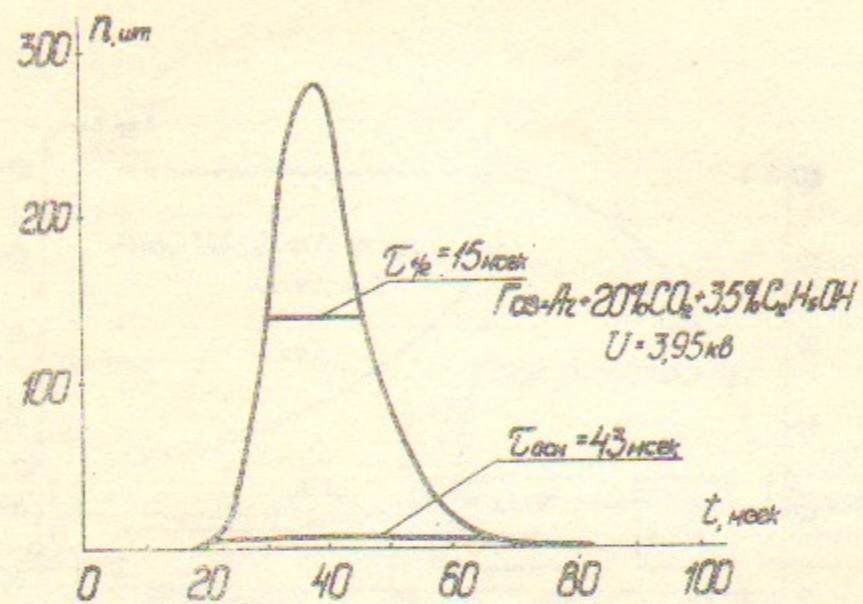


Рис.6. Временные спектры:  $\tau_{1/2}$  — ширина на полувысоте,  $\tau_{99}$  — ширина спектра, в пределах которой сосредоточено 99% событий.

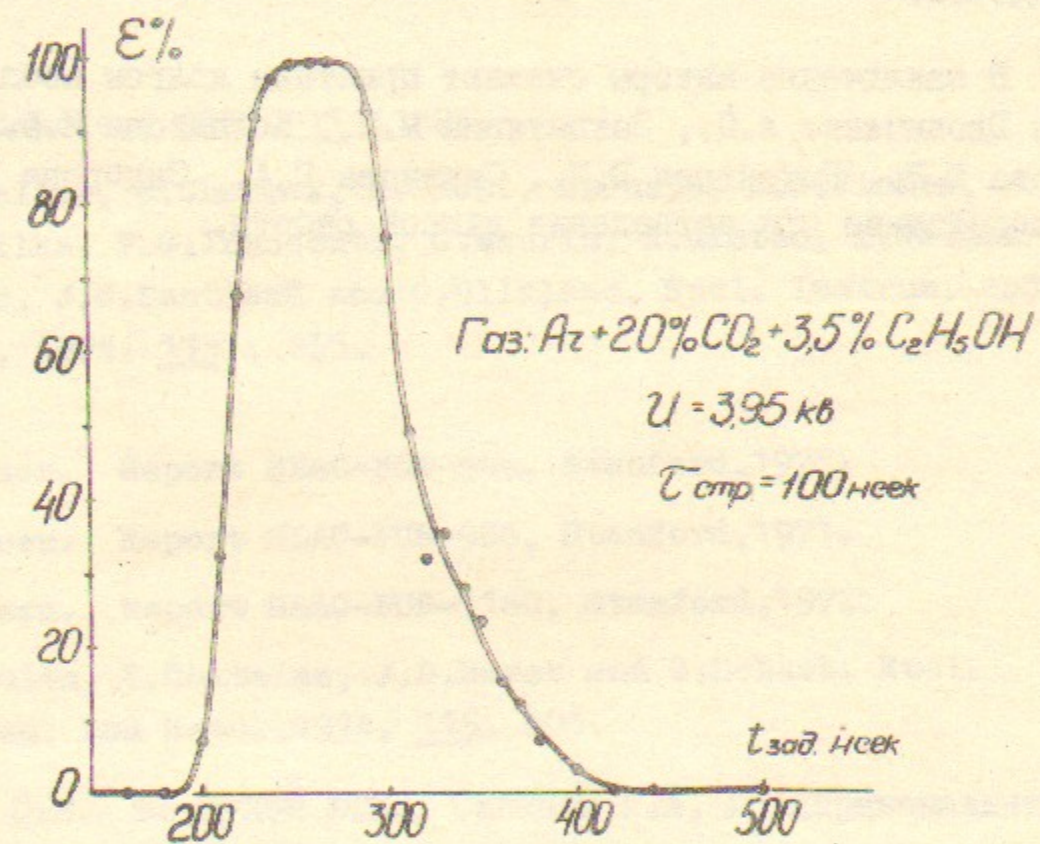


Рис.7. Кривая задержанных совпадений:  $U$  — напряжение на камере;  $\tau_{стр}$  — длительность стробирующего импульса,  $t_{зад}$  — время задержки стробирующего импульса.



На рис.7 показана кривая задержанных совпадений для газовой смеси  $Az + 20\% CO_2 + 3,5\% C_2H_5OH$ . Напряжение на камере 3,95 кВ, длительность стробирующего импульса 100 нсек, Как видно, ширина плато составляет 40 нсек.

Проведенные испытания показали, что усилитель-формирователь обладает достаточно хорошими параметрами и дает возможность создавать системы регистрации на пропорциональных камерах с большим количеством каналов.

В настоящее время микросхема осваивается в серийном производстве.

В заключение авторы считают приятным долгом поблагодарить Вдовиченко А.П., Захваткина М.Н., Колпакова И.Ф., Коршунова Ю.В., Нифонтова В.И., Савинова Г.А., Сидорова В.А. за содействие при проведении данной работы.

## Литература

- I. G.Charpak, R.Bouclier, T.Bressani, J.Favier and C.Zupancic. Nucl. Instrum. and Meth., 1968, 62, 262.
2. Зинов В.Т. Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике, Варшава, 1972, издание ОИЯИ ДІЗ-6210, Дубна, 1972, стр.16.
3. Турала М. Сообщение ОИЯИ РІЗ-6380, Дубна, 1972 г.
4. R.Lanza and Hopkins. Nucl. Instrum. Meth., 1972, 102, 333.
5. CERN Courier, 1971, 11, 223.
6. R.Bouclier, G.Charpak, E.Chesi, L.Dumps, H.G.Fisher, H.J.Hilke, P.G.Innocenti, G.Maurin, A.Minten, L.Naumann, F.Piuz, J.C.Santiard and O.Ullaland. Nucl. Instrum. and Meth., 1974, 115, 235.
7. R.Larsen. Report SLAC-PUB-946, Stanford, 1971.
8. R.Larsen. Report SLAC-PUB-986, Stanford, 1971.
9. R.Larsen. Report SLAC-PUB-1160, Stanford, 1972.
10. G.Schultz, Y.Chatelus, J.D.Berst and G.Schaub. Nucl. Instrum. and Meth., 1974, 115, 605.
- II. Бару С.Е., Коршунов Ю.В., Савинов Г.А. Пропорциональные камеры. Издание ОИЯИ ІЗ-7154, Дубна, 1973 г., стр.129.
12. J.Buchanan, L.Coulson, N.Gabitzsch, E.V.Hungerford, G.S.Mutchler, R.Persson, M.L.Scott, J.Windish and G.C.Phillips. Nucl. Instrum. and Meth., 1972, 99, 159.
13. J.R.Simanton, K.R.Bourkland and R.F.Marquardt. Nucl. Instrum. and Meth., 1970, 81, 13.
14. J.L.Pellegrin. Report SLAC-TH-70-22, 1970.
15. J.C.Tarle and H.Verweij. Nucl. Instrum. and Meth., 1972, 102, 131.

16. G. Amato, E. Chesi, Y. Deaclais, J. Seguinot.  
Труды Международной конференции по аппаратуре в физике  
высоких энергий. Дубна, 1970. Издание ОИЯИ, Д-5805,  
Дубна, 1971 г.; стр.257.
17. P.R.Bellinghausen and T.J.Lachance. Nucl. Instrum. and  
Meth., 1972, 98, 269.
18. Базиладзе С.Г. Препринт ОИЯИ I3-7250; Дубна, 1973.
19. Грошев В.Р.; Колачев Г.М.; Минаков Г.Д.; Онучин А.П.,  
Тельнов В.И.; Тихонов Ю.А. Пропорциональные камеры. Изда-  
ние ОИЯИ I3-7154. Дубна, 1973 г., стр.48.

---

Ответственный за выпуск Г.А.СПИРИДОНОВ  
Подписано к печати 25.X-74г. МН 08536  
Усл. I печ.л., тираж 200 экз. Бесплатно  
Заказ № 82

---

Отпечатано на ротапринте в ИЯФ СО АН СССР, вт