

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

8U8003662

13 - 12715

М.Петржик, В.И.Фоминых

E41

СРАВНЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ  
РАЗНЫХ ТИПОВ  
ПО ШУМОВЫМ СВОЙСТВАМ  
В СХЕМЕ  
ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ

1979

13 - 12715

М.Петржик, В.И.Фоминых

СРАВНЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ  
РАЗНЫХ ТИПОВ  
ПО ШУМОВЫМ СВОЙСТВАМ  
В СХЕМЕ  
ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ

Направлено в журнал  
"Прикладная ядерная спектроскопия"

Петржик М., Фоминых В.И.

13 - 12715

Сравнение полевых транзисторов разных типов по шумовым свойствам в схеме зарядочувствительного предусилителя

Приводятся результаты исследований шумовых свойств полевых транзисторов типа КП303Г, КП307Ж, 2N4416, 2N4392. Усилительные полевые транзисторы первых трех типов используются в зарядочувствительных предусилителях. Показано, что наименьший шумовой вклад при подключении предусилителя к детектору обеспечивается применением переключающего полевого транзистора типа 2N4392. Приводится схема предусилителя, включающая этот транзистор.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Petrzhyk M., Fominykh V.I.

13 - 12715

The Noise Comparison of Different Field-Effect Transistors in Charge-Sensitive Preamplifier Circuits

The FET noise properties of KP303G, KP307ZH, 2N4416, 2N4392 types are investigated. FETs of first three types are used in the charge-sensitive preamplifier circuits. It is shown that the least contribution to the noise by connecting up an preamplifier to detector has been obtained by using the 2N4392 FET switch. The preamplifier circuit involving such a FET is given.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Шумовые характеристики полевых транзисторов /ПТ/ исследовались посредством включения во входной каскад зарядочувствительного предусилителя, схема которого разработана на основе анализа и синтеза ряда схемных решений <sup>1-3</sup> и приведена на рис. 1.

К особенностям схемы можно отнести:

а/ применение сильноточного, температурно-компенсированного стабилизатора напряжения входного каскада, позволяющего включать ПТ с начальным током стока  $(I_{c})_{нач}$  до 75 мА и устанавливать напряжение на стоке  $(U_{cт})$  в пределах  $2,5 \div 6$  В /вместо микросхемы К142ЕН1Б/ можно использовать МАА723/;

б/ согласование потенциала уровня на выходе первого каскада /который устанавливается в пределах  $- /0,2 \div 0,8$  В/ с потенциалом на входе второго каскада путем применения в качестве первого транзистора второго каскада сверхвысокочастотного Si-транзистора типа p-n-p;

в/ обеспечение возможности изменения в широких пределах режима входного ПТ по постоянному току, коррекции частотной характеристики, компенсации полюса нулем и установки нулевого потенциала на выходе;

г/ возможность подключения предусилителя к детектору как в горизонтальном, так и в вертикальном положении /рис. 2а,б,в/;

д/ крепление полевого транзистора, обеспечивающее нормальный температурный режим его работы.

Конструкция крепления транзистора показана на рис. 3. Полевой транзистор /5/ плотно вставляется в латунную оправку /3/, внешняя поверхность которой предварительно чернится. Для улучшения теплового контакта между ПТ и оправкой вводится небольшое количество желеобразного кремния /7/. Оправка соединяется с радиатором /1/ через сапфировую или корундовую шайбу /2/ толщиной 2 мм. При помощи дополнительной шайбы из тефлона /4/ и винта /6/ обеспечивается жесткое закрепление ПТ. Паразитная емкость относительно корпуса в этом случае составляет ~ 1 пФ, а температура корпуса ПТ при выделяемой мощности ~ 150 мВт и температуре окружающей среды  $+22^{\circ}\text{C}$  составляет  $+30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



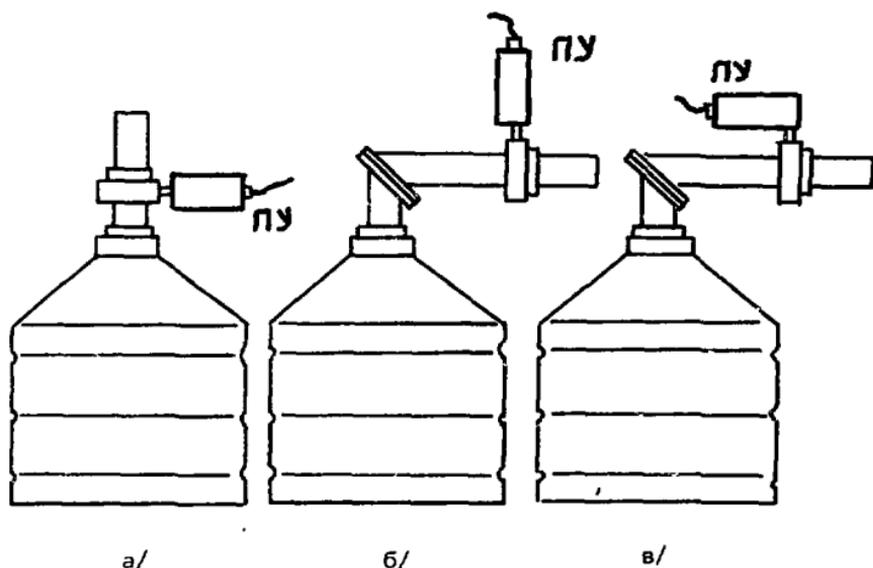


Рис. 2. Способы соединений предусилителя с детектором.

Возможно и более простое решение, когда вместо корундовой шайбы применяется пленка из тефлона толщиной 0,1 мм. При этом паразитная емкость увеличивается до 5 пф, а температура корпуса ПТ повышается до 40°C. В конечном счете такое решение по сравнению с основным вариантом приводит к увеличению начального шума предусилителя /при  $C_{вх} = 0$ / на 10 - 20%.

В качестве критерия сравнительной оценки ПТ была выбрана зависимость среднеквадратичного напряжения шумов от величины емкости конденсатора, подключенного ко входу предусилителя.

Блок-схема измерительной установки приведена на рис. 4. В качестве линейного усилителя использовался У-204<sup>4</sup> с постоянными времени формирования 2 мкс /однополярный импульс/.

Напряжение шумов измерялось вольтмером типа BSV-1624, работающим по принципу некогерентного стробирования входных сигналов<sup>5/</sup>. Методика измерений подробно описана в работах<sup>1-3/</sup>.

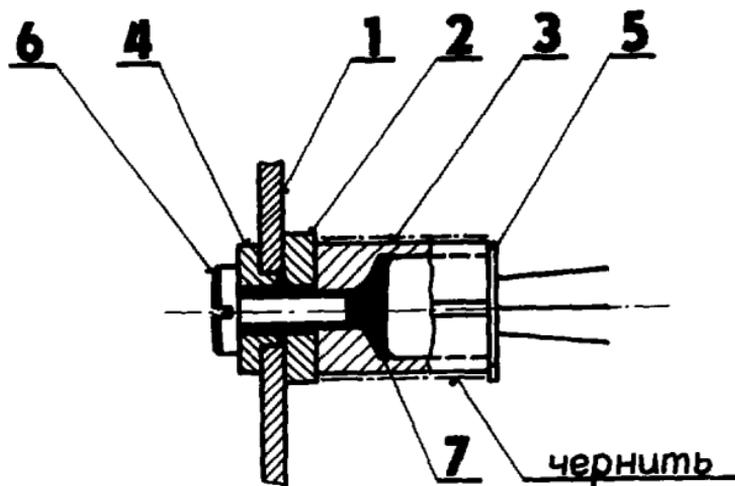


Рис. 3. Крепление входного полевого транзистора зарядочувствительного предусилителя. 1 - радиатор; 2 - корундовая или сапфировая прокладка толщиной 2 мм; 3 - латунная оправка с почерненной внешней поверхностью; 4 - изолирующая тефлоновая шайба; 5 - полевый транзистор; 6 - соединительный винт; 7 - желеобразный кремний.

Перед началом исследований шумовых свойств полевых транзисторов было проведено измерение шумов сопротивлений и их отбор для включения в цепь обратной связи и нагрузки входного каскада предусилителя.

На рис. 5 даны зависимости среднеквадратичного напряжения шумов сопротивлений разных типов и номиналов.

Для последующих измерений в цепи обратной связи предусилителя было установлено сопротивление типа KEWEX с номинальным значением 5 ГОм и в цепи нагрузки - сопротивление типа KBM с номинальным значением 10 ГОм.

Исследовались серии полевых транзисторов типа КП303Г - 50 шт, КП307Ж - 50 шт, 2N4416 - 22 шт, 2N4392 - 10 шт.

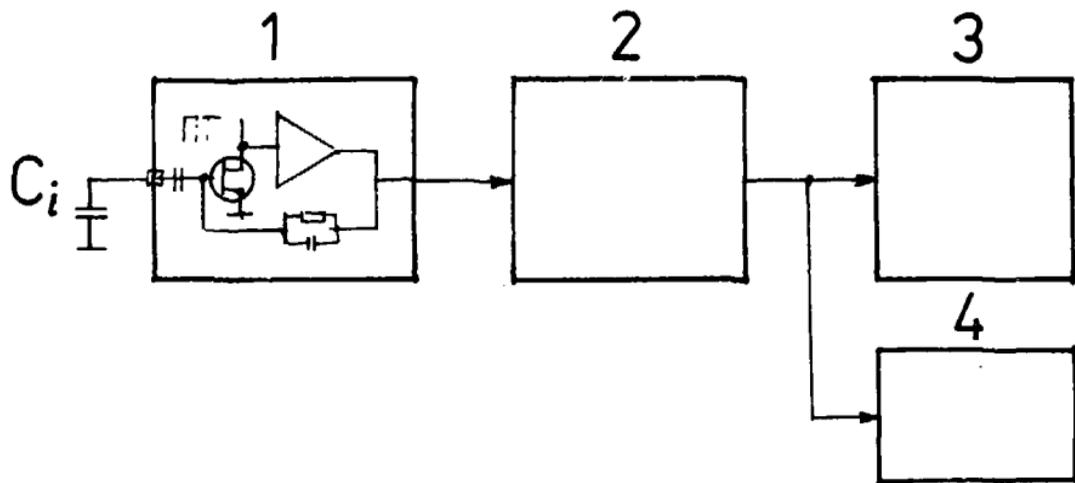


Рис. 4. Блок-схема установки для измерения шумовых свойств зарядочувствительного предусилителя. 1 - предусилитель; 2 - линейный усилитель с  $\tau_D = \tau_u = 2$  мкс; 3 - широкополосный вольтметр со среднеквадратичной шкалой; 4 - осциллограф;  $C_i$  - набор калиброванных конденсаторов емкостью от 10 до 100 пФ.

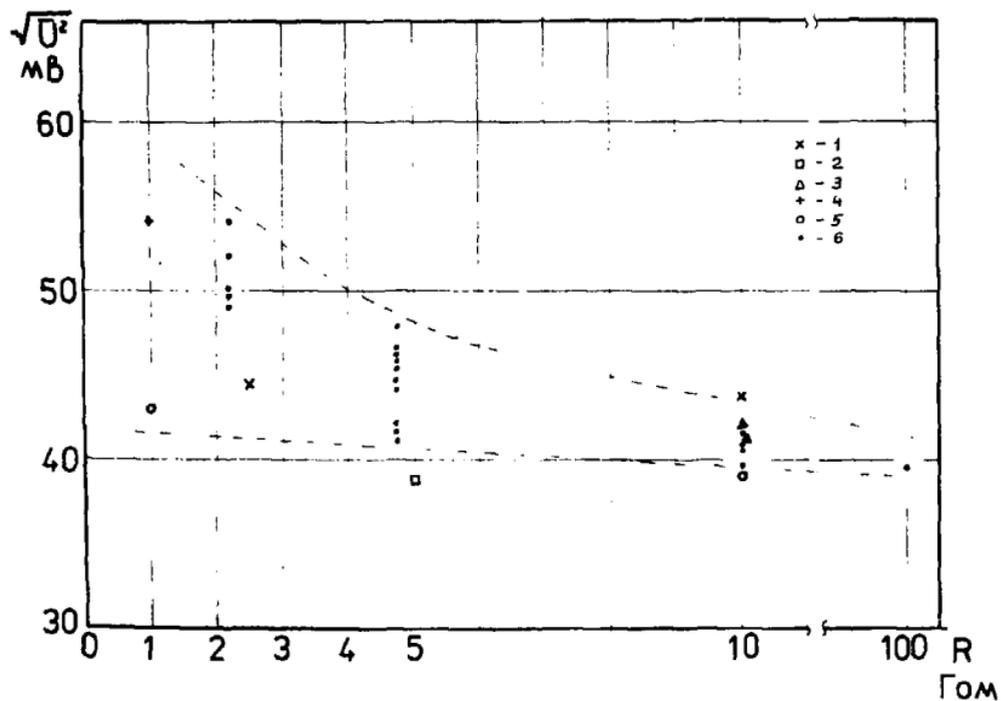


Рис. 5. Шумовые характеристики высокоомных сопротивлений. 1 - VICTORIA; 2 - KEWEX; 3 - МОД 102, 104; 4 - ОС; 5 - HR-600; 6 - КВМ.

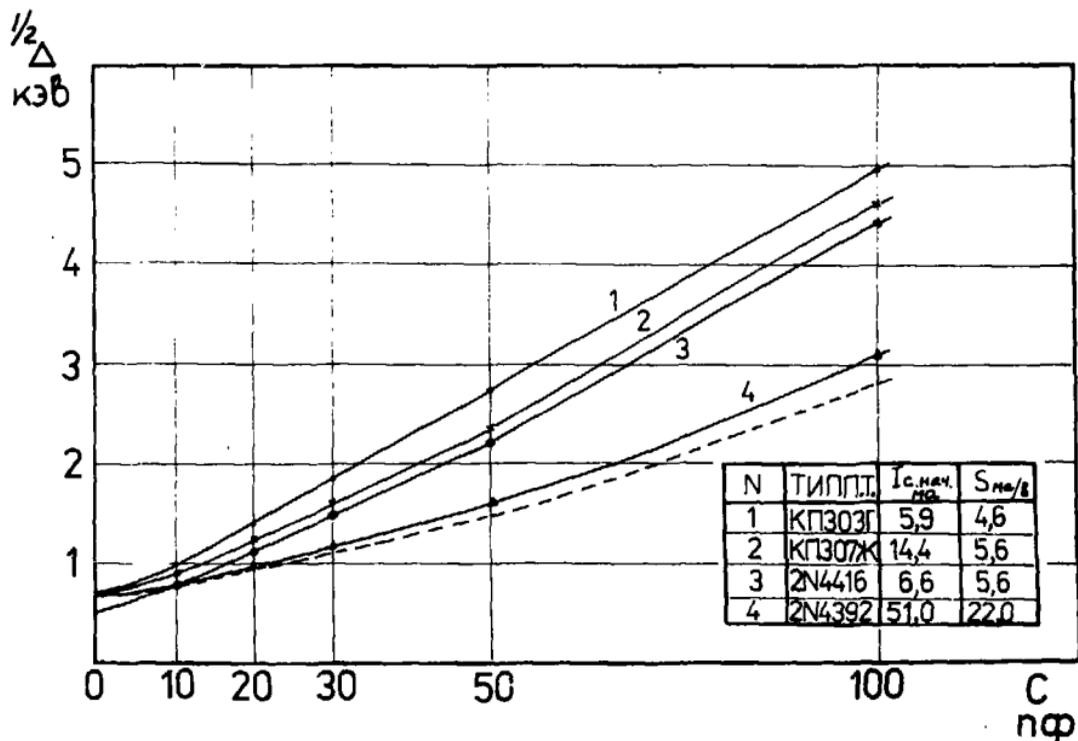


Рис. 6. Зависимость шумов лучших из исследуемых образцов ПТ разного типа от величины емкости конденсатора на входе предусилителя. Пунктирная линия соответствует предусилителю M970 CANBERRA.

На рис. 6 приведены кривые зависимости шумов лучших из исследуемых образцов ПТ каждого типа от величины емкости конденсатора, подключаемого ко входу предусилителя. Пунктирная кривая<sup>4</sup> соответствует предусилителю типа M970 CANBERRA.

На рис. 7 показаны гистограммы количественного распределения ПТ по шумовым свойствам.

Как видно, при подключении предусилителя к детектору с электрической емкостью  $10 \div 100$  пФ наиболее предпочтительны переключающие полевые транзисторы типа 2N4392 по сравнению с высокочастотными усилительными полевыми транзисторами типа КП303Г, КП307Ж, 2N4416. Значительный интерес в этом плане представляет исследование шумовых характеристик переключающих ПТ типа 2N4393; 2N4092; 2N4858; 2N4861: BSV-79. При использовании этих транзисторов схема входного каскада должна быть сильноточной, а конструкция крепления ПТ должна обеспечивать нормальный температурный режим работы.

В нашем случае схемное и конструктивное решение предусилителя отвечает этим требованиям. Характеристики, полученные с применением ПТ типа 2N4392, приближают предусилитель к известным лучшим образцам. Электрические параметры транзистора приведены в приложении.

Перед подключением предусилителя к детектору необходимо принять меры к исключению возможности пробоев и появления токов утечек в высоковольтной цепи питания детектора.

Нами в этих цепях использовались конденсаторы типа К15 - 3х6,3 кВ, предварительно промытые в спирте и выдержанные в вакуумной камере при температуре  $+60 \div 70^\circ\text{C}$  в течение 8-10 часов и сразу после этого покрытые химически чистым парафином. Особое внимание обращалось на чистоту соединительных разъемов.

При подаче напряжения до 3 кВ не замечалось увеличения шумов на выходе предусилителя.

Проведенные исследования и полученные результаты могут быть использованы в области прецизионной ядерной спектроскопии при решении целого ряда задач.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Параметры переключающего полевого транзистора 2N4392

Ток утечки затвора  $I_{1, \text{зт}}$   
/при  $U_{\text{с.н}} = 0$  В;  $U_{\text{с.з}} = 20$  В/ - не более 0,1 нА  
Начальный ток стока  $I_{\text{с.нач}}$

/при  $U_{зи} = 0$  В;  $U_{си} \approx 20$  В/ -  $25 \div 75$  мА  
 Напряжение отсечки  
 /при  $U_{зи} = 20$  В;  $I_c = 1$  мА/ -  $2 \div 5$  В  
 Вых. сопр.  $R_{и.с.}$   
 /при  $I_c = 1$  мА;  $U_{зи} = 0$  В/ -  $60$  Ом  
 Макс. напряжение  $U_{си\max}$   $\pm 40$  В  
 Макс. напряжение  $U_{и30\max}$  -  $40$  В  
 Макс. ток затвора  $I_{з\max}$   $50$  мА  
 Макс. мощность  $P_{\max}$   $1,8$  Вт  
 Макс. темпер. перехода  $T_{\max} = 200^\circ\text{C}$   
 Тепловое сопротивление системы - корпус  $\leq 0,1$  К0м/мВт

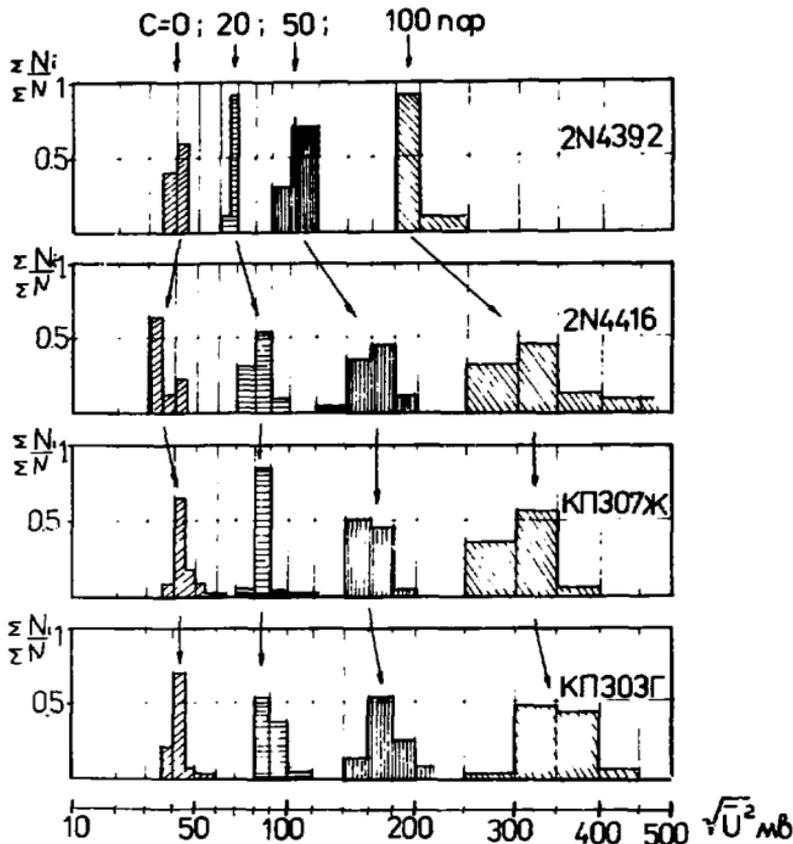


Рис. 7. Распределение полевых транзисторов разных типов по шумовым свойствам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Preamplifiers Series M970 CANBERRA; Operating and Service Manual.
2. Preamplifiers Series 120-ORTEC; Operating and Service Manual.
3. Петржик М., Фоминых В.И. ОИЯИ, 13-12672, Дубна, 1979.
4. Андерт К., Габриэль Ф., Калинин А.И. ОИЯИ, 13-7125, Дубна, 1973.
5. Широкополосный стробоскопический вольтметр типа BSV-1624. Техническое описание и инструкция, ВНР, Будапешт.



Рукопись поступила в издательский отдел  
3 августа 1979 года.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Заказ 27089. Тираж 410. Уч.-изд. листов 0,74.

Редактор Н.Н.Зрелова.

Набор В.С.Румянцевой, Н.И.Коротковой.

Макет Р.Д.Фоминной.

Подписано к печати 25.09.79 г.