

УДК 621.383.8:621.383.52

Разработка высокочастотного дифференциального усилителя для применения в ФПУ на основе кремниевых *p-i-n*-фотодиодов

В. К. Борисов, С. С. Демидов, П. А. Кузнецов, Е. А. Климанов,
В. В. Лебедев, Л. Д. Сагинов, С. С. Хромов, С. В. Щукин
Государственное унитарное предприятие «НПО "Орион"», Москва, Россия

Описаны схемотехника и технология изготовления высокочастотного дифференциального усилителя с полевыми транзисторами на входе, являющегося функциональным аналогом микросхемы Б1137ХА1-1

Для усиления импульсных сигналов в фотоприемных устройствах (ФПУ) на основе кремниевых *p-i-n*-фотодиодов, как правило, используются дифференциальные усилители (ДУ) с полевым транзистором на входе.

Основные требования к ДУ:

- обеспечение достаточно широкой оптимальной полосы частот (несколько мегагерц) для передачи с небольшими искажениями формы входного импульса длительностью в диапазоне 10÷50 нс;
- малые входные токи ($I_{вх}$) (для снижения их вклада в дробовой шум *p-i-n*-фотодиода);
- низкие значения ЭДС шума ($E_{ш}$) и входной емкости ($C_{вх}$), определяющих уровень шума ДУ в рабочей полосе частот.

До настоящего времени в указанных ФПУ наиболее часто использовалась специализированная микросхема Б1137ХА-1, разработанная и выпускавшаяся Таллиннским заводом им. Пегельмана. В связи с прекращением ее выпуска возникла необходимость в разработке функционального аналога с одновременным устранением следующих недостатков Б1137ХА-1:

- недостаточной стабильности амплитудно-частотной характеристики, являющейся следствием схемотехнического решения;
- относительно большого тока потребления;
- небольшой нагрузочной способности.

Для устранения перечисленных недостатков в разработанной микросхеме существенно изменена схемотехника входного каскада, позволившая значительно снизить напряжение смещения на выходе ДУ ($U_{см}$), понизить требования к диапазону допустимых значений напряжения отсечки входных полевых транзисторов, практически исключить возможность самовозбуждения схемы и значительно повысить выход годных изделий.

Изменения в схемотехнике выходного каскада позволили значительно повысить нагрузочную способность усилителя и снизить ток потребления. Повышение нагрузочной способности (I_n — до 50 мА, C_n — до 1000 пФ) позволяет исключить в ряде применений использование последующего повторителя.

Схема включения ДУ в ФПУ приведена на рисунке. Следует отметить, что формирование рабочей полосы частот осуществляется с помощью внутренней корректирующей емкости, что позволяет несколько скорректировать сниже-

ние чувствительности фотодиода при отрицательных температурах за счет увеличения коэффициента усиления.

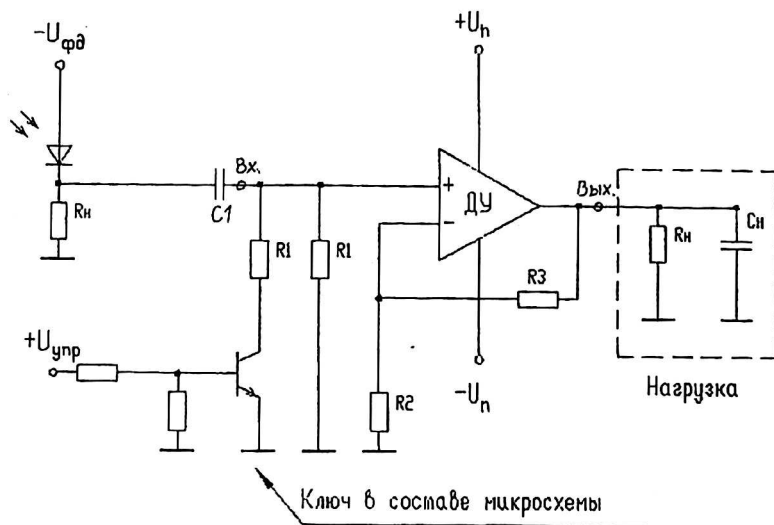


Схема включения ДУ в ФПУ

Для изготовления ФПУ использовались стандартные эпитаксиальные структуры со скрытым слоем, формируемым диффузией сурьмы. Активные элементы (полевые и биполярные транзисторы), а также резисторы изготовлялись методом ионной имплантации. Стабилизация поверхностных слоев и снижение избыточных шумов микросхемы достигались использованием двухслойного диэлектрика двуокись кремния (SiO_2) — нитрид кремния (Si_3N_4).

Характеристики разработанной микросхемы (БУТИ431136.007) и ее функционального аналога Б1137ХА-1 приведены в таблице. Следует отметить, что разработанная микросхема может быть использована для усиления сигнала в детекторах частиц высоких энергий.

Параметр, ед. изм.	Условное обозначение	Значение параметра		Примечание
		БУТИ431136.007	Б1137ХА-1	
ЭДС. шума, $\text{нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ ($f=1 \text{ кГц}$)	$E_{ш}$	≤ 11	≤ 10	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Входной ток, нА	$I_{вх}$	$\leq 0,1$	≤ 10	$+ 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Коэффициент усиления, отн. ед. ($f=500 \text{ кГц}$)	$K_{и} (500)$	$\geq 10^3$	$\geq 10^2$	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Коэффициент усиления, отн. ед. ($f=3 \text{ МГц}$)*	$K_{и} (3000)$	20—30	20—30	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Напряжение смещения на выходе, мВ	$U_{см}$	-0,1—0	-0,25—0	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Входная емкость, пФ	$C_{вх}$	≤ 5	≤ 6	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Макс. ток нагрузки, мА	$I_{н}$	До 50	До 7	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Макс. емкость нагрузки, пФ	$C_{н}$	До 10^3	До 50	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Ток потребления, мА	$I_{п}$	$\leq 3,5$	≤ 7	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$
Напряжение питания, В	$U_{п}$	$\pm(10,8 \div 13,2)$	$\pm(10,8 \div 13,2)$	$-40 \div +60 \text{ }^\circ\text{C}$

* Определяется внутренней емкостью коррекции.

Development of the high-frequency differential amplifier for application in photoreceiving devices on the basis of silicon *pin*-photodiodes

*V. K. Borisov, S. S. Demidov, P. A. Kuznetsov, E. A. Klimanov,
V. V. Lebedev, L. D. Saginov, S. S. Khromov, S. V. Cshukin*
State Unitary Enterprise "RD&P Center "Orion"», Moscow, Russia

The electrical circuit of the high-frequency differential amplifier with input JFETs being analog of the B1137XA1-IIC is represented in a paper.