Особенности влияния ΔN и $\Delta \mu$ моделей $1/f$ -шумов на эквивалентную шуму разность температур инфракрасных фотоприемников

Козлов А.И.

ИФП СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

DOI 10.34077/Semicond2019-446

При создании инфракрасных фотоприемников (ИК ФП) обычно требуется обеспечить режим ограничения фоном (ОФ), при котором параметры определяются шумом фонового излучения [1-3]. В этом случае несложно получить следующее выражение (1), описывающее зависимость эквивалентной шуму разности температур ($NETD$) ИК ФП от параметров технологии мультиплексоров [2, 3]:

$$NETD \sim \sqrt{\frac{T_{OX}}{E_I}}, \quad (1)$$

где T_{OX} - толщина рабочего диэлектрика, E_I - напряжение питания выбранной технологии.

В определенных случаях, обеспечение режима "ОФ" затруднительно, например, ИК ФП не охлаждаются до требуемой рабочей температуры. В таких случаях, хотя коэффициент ввода сигнального фототока остается достаточно высоким, дифференциальное сопротивление фоточувствительных элементов уменьшается и температурное разрешение определяется $1/f$ -шумами входных транзисторов в ячейках мультиплексоров [3]:

$$NETD \sim \begin{cases} \frac{T_{OX}}{\lambda_{CMOS}} \sqrt{\lg\left(\frac{T_{obs}}{T_{int}}\right)}, & \text{для } \Delta N \text{ зависимой модели } 1/f \text{ - шума,} \\ \frac{\sqrt{T_{OX}}}{\lambda_{CMOS}} \sqrt{\frac{T_{int}}{E_I} \lg\left(\frac{T_{obs}}{T_{int}}\right)}, & \text{для } \Delta \mu \text{ зависимой модели } 1/f \text{ - шума,} \end{cases}, \quad (2)$$

где λ_{CMOS} - характерный топологический размер технологии мультиплексоров, t_{int} - время накопления, t_{obs} - время наблюдения фотосигнала, связанное с минимальной частотой $1/f$ -шумов: $f_0 = 1/t_{obs}$.

В режиме ОФ эквивалентная шуму разность температур ИК ФП обратно пропорциональна квадратному корню из времени накопления: $NETD \sim 1/(t_{int})^{1/2}$, поэтому, в случаях, когда температурное разрешение определяется $1/f$ -шумами входных транзисторов мультиплексоров, соотношение вкладов шумов в $NETD$ должно быть проверено особенно тщательно потому, что прямая пропорциональность $NETD \sim (t_{int})^{1/2}$ следует из выражения (2) для $\Delta \mu$ зависимой модели $1/f$ -шумов.

В докладе исследованы научные основы создания мультиплексоров и ИК ФП, обеспечивающих высокие предельные характеристики и работающих, в т.ч., при значительных входных токах (Табл.1).

Таблица 1 – Сравнение характеристик некоторых прототипов мультиплексоров и ИК ФП

Формат	Шаг (μm)	Мульти- плексор	Входная схема	Тип ФЧЭ	λ_{max} (μm)	NETD (mK)	
						оценка	эксперим.
1×288	28	ЛМ-3	ПИ	HgCdTe фотодиоды	8÷16	9÷19 ^a	-
1×576	30	ЛМ-1	ПИ		10,2	13	14
		ЛМ-2	БПИ		8÷16	9÷19 ^a	-
320×256	35×35	ММППН-2	ПИ, ВПУ		11	7÷9	20
	40×40	ММ-1	ПИ		5	7 ^b	25
				МСКЯ на GaAs/AlGaAs	9	13÷19 ^b	-

Прим.: ^a - $\lambda_{max}=11\div13 \mu m$ и $F_{clock}=5 \text{ MHz}$; ^b - $F_{frame}=120\div400 \text{ Hz}$ [1-3].

[1] А.И.Козлов, В.В.Васильев, И.В.Марчишин, et al., Оптический журнал, **81**, 7, 39-45 (2014).

[2] А.И.Козлов, М.А.Демьяненко, В.Н.Овсяк, Оптический журнал, **83**, 9, 64-71 (2016).

[3] А.И.Козлов, М.А.Демьяненко, В.Н.Овсяк, Оптический журнал, **84**, 9, 59-65 (2017).