

Спектральные характеристики ЛМДПФ

Приведенная на рис.3.1 спектральная характеристика лавинного

МДП-фотоприёмника измерена при:

частота следования световых импульсов - 67 Гц,

длительности светового импульса - 4.0 мкс,

соотношение сигнал-шум - не более -10,

спектральное разрешение - 15 Å,

рабочее напряжение ЛМДПФ - 58.1В,

рабочая температура - 300 °К.

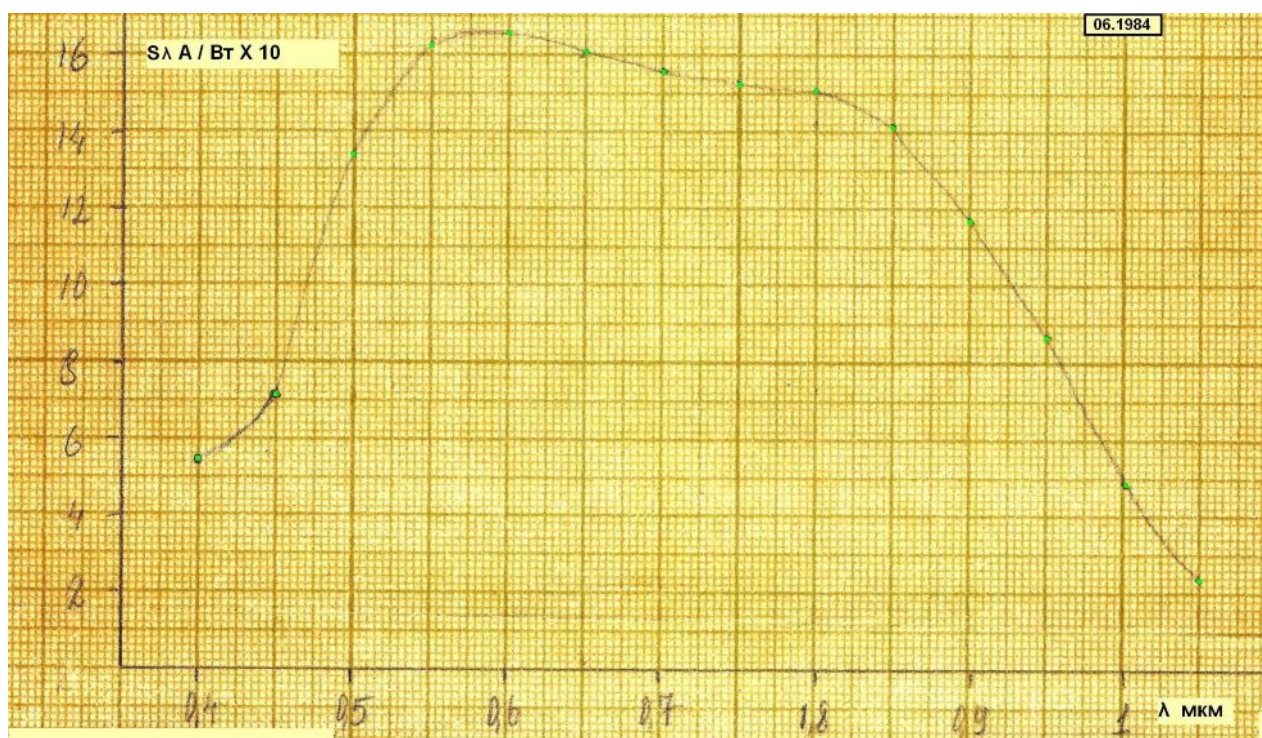


Рис.3.1

Как видно из рисунка, спектральная чувствительность ЛМДПФ в диапазоне длин волн от 0,53 мкм до 0,85 мкм меняется незначительно. С увеличением внутреннего усиления напряженность электрического поля у поверхности полупроводника возрастает, что приводит к уменьшению поверхностной рекомбинации и относительному подъёму коротковолнового края спектральной характеристики. Наибольшее значение он принимает при достижении максимального внутреннего

усиления в фотоприёмнике. Дальнейшее увеличение рабочего напряжения приводит к некоторому уменьшению коэффициента умножения на начальном этапе эксплуатации прибора. Избыточное напряжение прикладывается к диэлектрику, т.е. у поверхности полупроводника образуется инверсионный слой. Проведенные исследования показали, что наличие инверсионного слоя вплоть до величины избытка электронов у поверхности $\Delta n = 2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ практически не оказывают влияния на спектральную чувствительность фотоприёмника в коротковолновой области, и спектральные характеристики, соответствующие одинаковому внутреннему усилению, несмотря на разные рабочие напряжения питания, полностью совпадают.

Для излучения с длиной волны $\lambda > 0,7 \text{ мкм}$ коэффициент поглощения в кремнии $\alpha > 2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$ и глубина поглощения излучения становится больше области пространственного заряда. Фотогенерированные в нейтральном объеме носители за счёт диффузии поступают в ОПЗ МДП-структуры, где и происходит их размножение. Таким образом, длинноволновый "хвост" спектральной чувствительности ($\lambda \sim 1 \text{ мкм}$) практически полностью определяются диффузионной составляющей фототока. Поскольку регистрируемое излучение носит импульсный характер, то время собирания фотогенерированных носителей ограничено длительностью импульса излучения, вследствие чего, естественно, не все диффузионные носители успевают поступить в слой умножения.

Изменение пороговой чувствительности в длинноволновой части спектра ($\lambda \geq 1,06 \text{ мкм}$) за счет сужения ОПЗ незначительно.

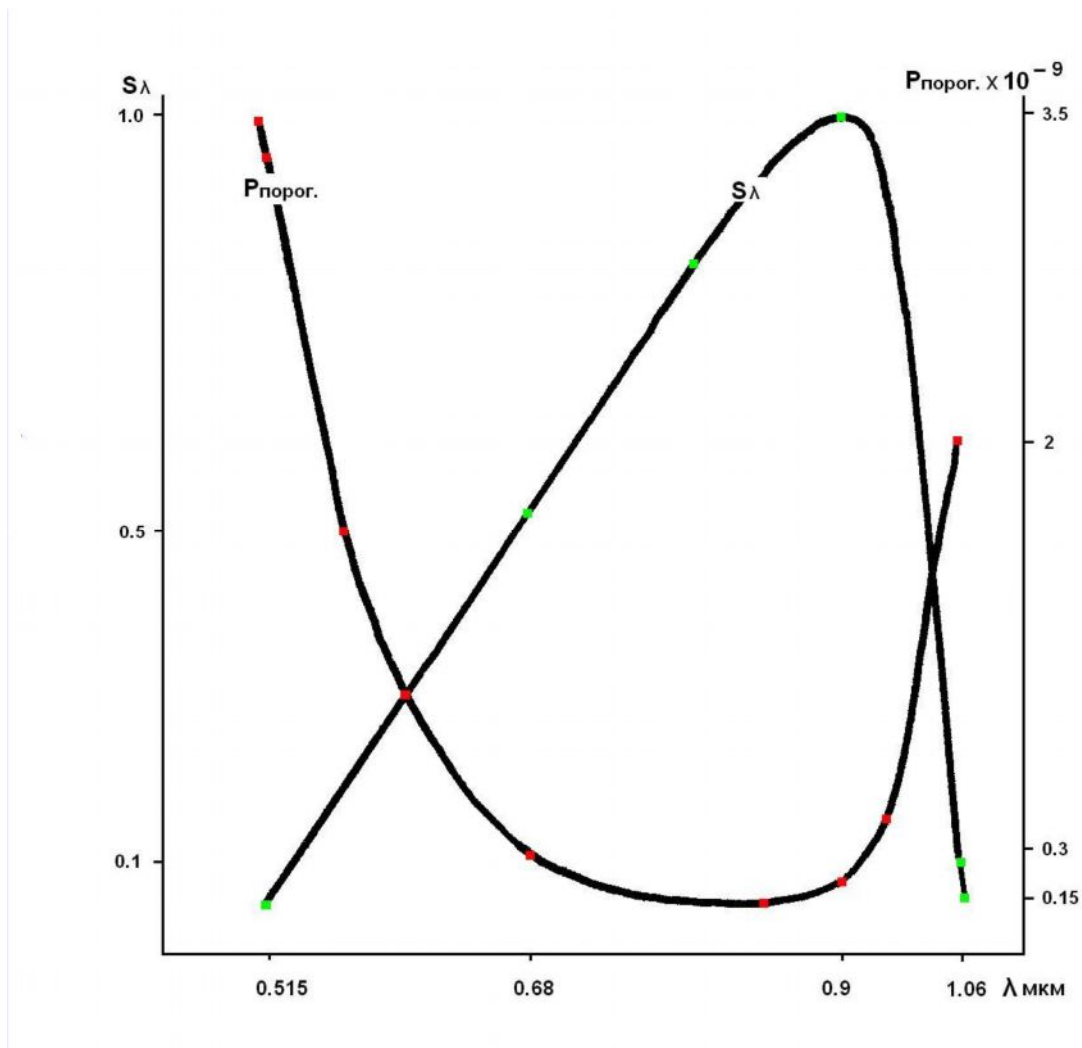


Рис. 3.2

На рис 3.2 приведены графики зависимости порговой мощности Порог. и монохроматической токовой чувствительности S_λ от длины волны λ регистрируемых световых импульсов.

Исследование быстродействия и точности воспроизведения длительности переднего фронта светового импульса лавинным МПД-фотоприёмником.

Инерционность ЛМДПФ в принципе определяется теми же факторами, что и обычного лавинного фотодиода с резким р-н переходом. Основное отличие ЛМДПФ от ЛФ заключается в наличии явления "экранировки" (накопления неосновных носителей на границе раздела полупроводник-диэлектрик): генерированные светом неосновные носители, подтекая к инверсному слою на границе раздела, увеличивают экранировку поля в области умножения, что приводит к более быстрому, по сравнению с темновой релаксацией, спаду коэффициента лавинного умножения M во время действия светового импульса и, как следствие, укорочению переднего фронта импульса фототока в цепи ЛМДПФ.

Для экспериментальных исследований в Институте Электроники АН БССР специально разработаны и изготовлены ЛМДПФ из кремния марки КДБ-I, размер фоточувствительной площадки 0,6x0,6 мм, коэффициент умножения $M \cdot 10^3$, образцы помещены в герметичный металлостеклянный корпус. Исследования Кинетики (времени нарастания) фототока проводились при помощи трансимпедансного предусилителя, имеющего следующие параметры:

1. Коэффициент усиления тока $K_i - 200$,
2. Время нарастания (спада) переходной характеристики - 1нсек.
3. Среднеквадратичное значение шумового тока, приведенное ко входу - $1,6 \cdot 10^{-7}$ А (ΔF шум. – 250 МГц).

Экспериментально наблюдалось укорочение переднего фронта импульса фототока через ЛМДПФ при увеличении амплитуды питающего напряжения (увеличении коэффициента умножения) (рис.5.1).

Укорочение длительности переднего фронта имеет место также при увеличении времени задержки светового импульса относительно момента начала релаксационного процесса (рис.5.2) из-за уменьшения напряженности электрического поля в области умножения.

Явление укорочения переднего фронта импульса фототока по отношению к длительности переднего фронта падающего светового импульса необходимо учитывать при конструировании ФПУ, из-за того, что максимальное отношение s/λ для ЛМДПФ достигается при напряжениях питания больших, чем максимальное быстроедействие (рис.5.3).

Измерения, результаты которых приведены на рис. 5.1-5.2 проводились на ЛМДПФ аналогичных применённым нами для исследования пороговых характеристик методом синхронного счёта фотонов.

Условия эксперимента:

1. Период следования импульсов питания - 300 мкс
2. Сквозность импульсов - 2
3. Крутизна переднего фронта импульса питания (ТИП) – 10^5 В/с,
4. Длина волны регистрируемого светового импульса $\lambda=0,85$ мкм,
5. Длительность светового импульса – 1мкс.

Экспериментально зафиксированное время нарастания переднего фронта фотоответа составляет (по уровню 0,1-0,9):

- 1,5 нсек для матричных ЛМДПФ,
- 7 нсек для ЛМДПФ производства Института Электроники АН Белоруссии.

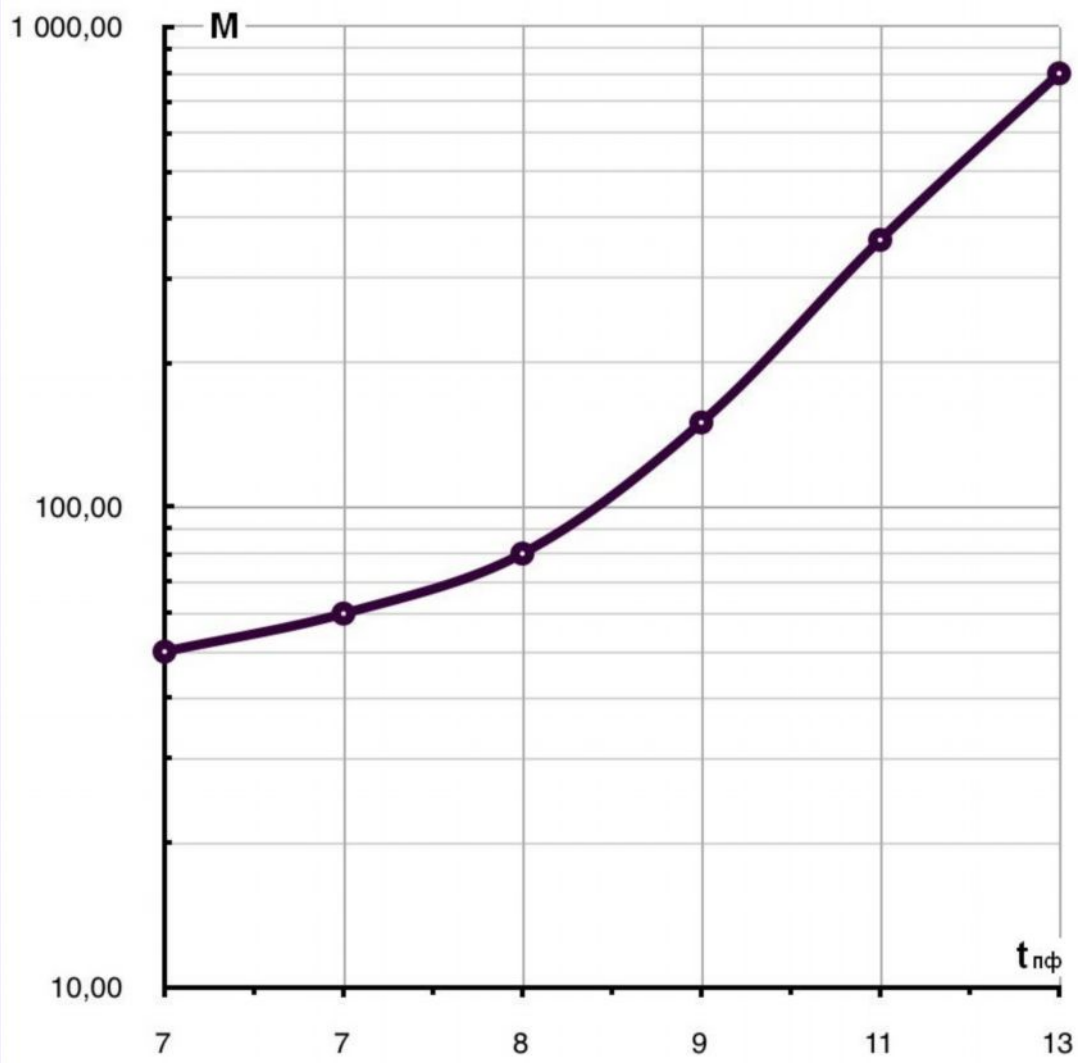


Рис.5.1

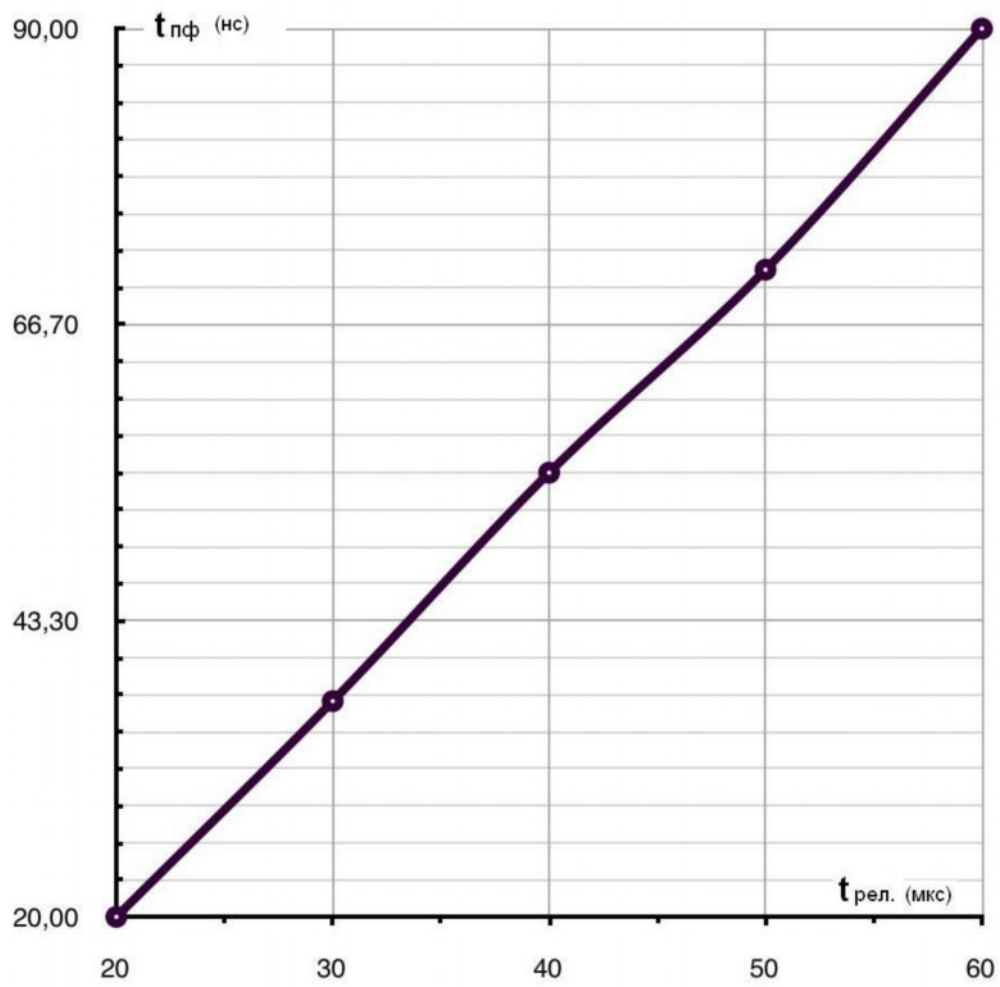


Рис. 5.2

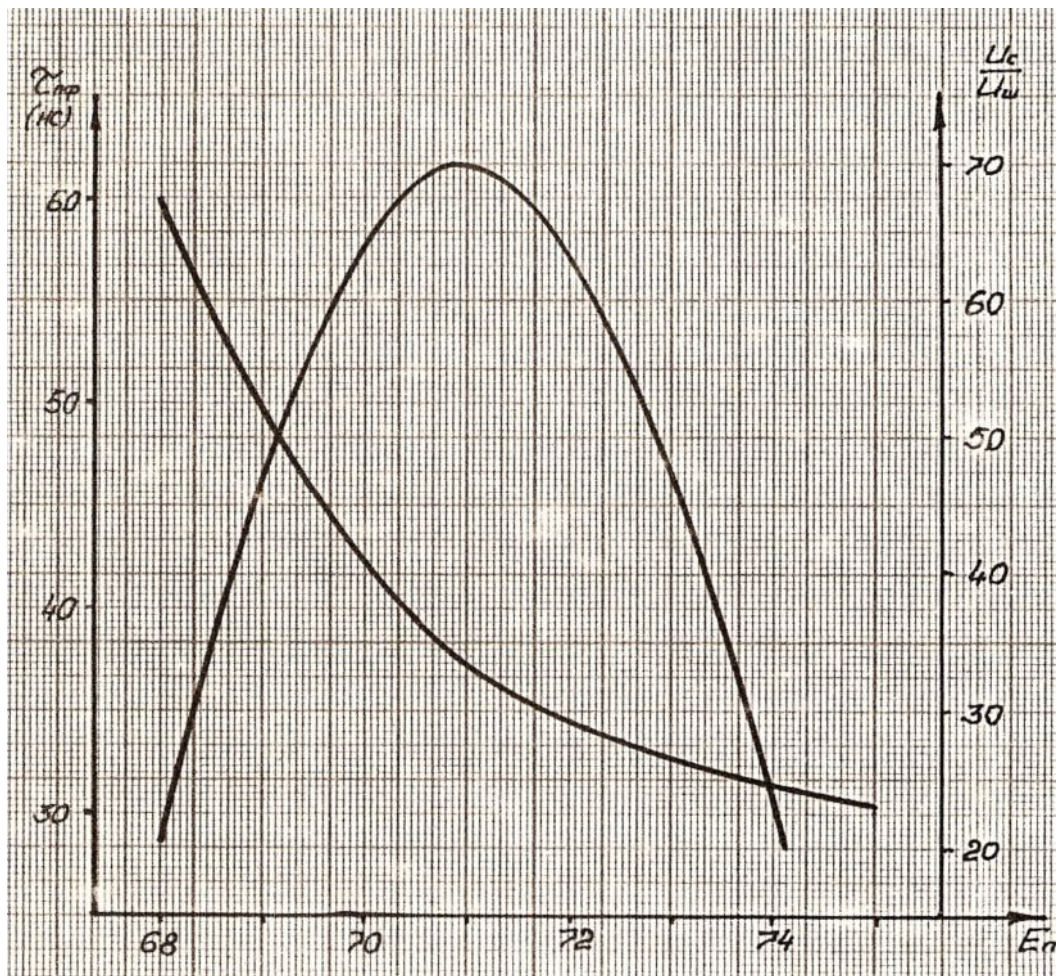


Рис. 5.3