

УДК 621.383.4

А. А. Анисимов (асп., каф. РФ); А.В. Медведев, к.т.н., доц.

## РЕГИСТРАЦИЯ ФОТОНОВ ЛАВИННЫМИ ФОТОДИОДАМИ

ABSTRACT: The single-photon detector based on Peltier cooled InGaAs/InP avalanche photodiode have been developed. Quantum efficiency, dark counts rate and afterpulsing probability in gating mode were observed.

Лавинные фотодиоды (ЛФД) представляют собой хорошую альтернативу фотоумножительным трубкам при детектировании фотонов в диапазоне длин волн 1,3...1,55 мкм [1]. ЛФД в этом диапазоне имеют большую чувствительность, кроме того они имеют малые габариты и работают при существенно меньших напряжениях. Пожалуй, одной из самых значительных трудностей, возникающих при реализации детектора фотонов на базе ЛФД, является обеспечение низких рабочих температур. При использовании ЛФД на основе соединения InGaAs/InP достаточно холодильника на элементах Пельтье, обеспечивающего температуры до -50 ... -60 °С [2], тогда как применение германиевых ЛФД требует использования жидкого азота.

В наших экспериментах применение техники подавления лавин путем подачи на ЛФД стробирующих импульсов [3] позволило добиться минимального значения вероятности темновых отсчетов и вероятности послелавинного срабатывания. Здесь следует обратить особое внимание на параметры стробирующих импульсов. Как показали исследования, импульсы должны иметь прямоугольную форму с возможно более крутыми фронтами и спадом. Нижнее значение амплитуды импульсов ограничивается необходимостью получать устойчивые лавины, но, даже в большей степени оно ограничивается минимальным значением лавинного тока, который способна зарегистрировать электрическая схема на фоне токов заряда емкости ЛФД. Основной причиной, по которой не следует значительно увеличивать амплитуду импульса, является вероятность послелавинного срабатывания, возрастающая с увеличением заряда, протекающего через ЛФД во время лавинного пробоя. По той же причине следует ограничивать длительность стробирующего импульса. Минимальная длительность ограничена временем нарастания лавины (менее 1 нс) и ошибками системы синхронизации, обеспечивающей одновременную подачу оптического и электрического импульса на ЛФД.

Для исследования влияния второго фактора мы установили длительность стробирующего импульса равной 4 нс и измерили зависимости квантовой эффективности и вероятности темнового отсчета от положения оптического импульса относительно фронта стробирующего импульса.

Эксперимент проводился следующим образом. На ЛФД последовательно подавались два стробирующих импульса. Интервал между импульсами менялся от 0,5 до 3 мкс. Частота повторения серии из двух импульсов – 100 кГц. Оптический импульс (длительность 0,2 нс по уровню половинной мощности) поступал на ЛФД только во время действия первого стробирующего импульса, причем время задержки оптического импульса относительно фронта стробирующего импульса также можно было менять. Сигнал с ЛФД поступал на быстродействующий операционный усилитель, затем на компаратор и далее через логическую схему на два частотомера. Первый частотомер регистрировал срабатывания ЛФД во время действия первого стробирующего импульса, второй – во время второго. Таким образом, показания первого отражали значение квантовой эффективности, а второго – вероятности послелавинного срабатывания.

Квантовая эффективность практически не менялась при смещении оптического импульса во временном интервале, ограниченном фронтом и спадом стробирующего импульса.

Вероятность послелавинного срабатывания имела два характерных всплеска, положение которых отвечало нахождению оптического импульса вблизи фронта и вблизи спада стробирующего импульса. Это указывает на возможное наличие лавин, которые не регистрирует электрическая схема. Данный вопрос требует более тщательного исследования в дальнейшем. При смещении оптического импульса от фронта к спаду стробирующего импульса вероятность послелавинного срабатывания уменьшалась, так как уменьшалась длительность лавин, а, следовательно и заряд, протекающий через ЛФД.

Полученные данные позволяют оценить среднее значение вероятности послелавинного срабатывания и квантовой эффективности, а также максимальную ошибку синхронизации оптического и стробирующего импульсов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Техника оптической связи: фотоприемники: пер. с англ. Под ред. У. Тсанга. - М.:Мир, 1988.
2. J. G. Rarity, T. E. Wall, K. D. Ridley, P. C. M. Owens, P. R. Tapster, Single-photon counter for the 1300-1600 nm range by use of Peltier-cooled and passively quenched InGaAs avalanche photodiodes, Appl. Opt., v 39, n 36, pp 6746-6753, 2000.
3. D. Stucki, G. Ribordy, A. Stefanov, H. Zbinden, J. R. Rarity, T. Wall, Photon counting for quantum key distribution with Peltier cooled InGaAs/InP APD's.