

П.П. Лошицкий, д-р техн. наук, А.В. Павлюченко

Исследование влияния режимов питания двухпролетных лавинно-пролетных диодов на качество генераторов шума

Проведены экспериментальные исследования кремниевых двухпролетных лавинно-пролетных диодов (ЛПД), которые являются активным элементом сверхширокополосных (СШ) генераторов шума (ГШ) трехмиллиметрового диапазона, работающих в аномальном режиме. Показано влияние режимов питания диодов на коэффициент качества ГШ.

The experimental research of silicon double-drift avalanche diodes which are the active element of 3-mm super wideband noise oscillators, operated in anomaly mode, have been done. The influence of diodes' supply mode on noise oscillator's (NO) quality coefficient is shown.

Введение

Характеристики ГШ на ЛПД, работающих в IMPATT режиме, в течение последних лет практически не улучшались [1, 2]. Достигнутые электрические параметры отражают тот факт, что в IMPATT режиме достигнут теоретический предел возможных уровней шумов.

Продвижение в коротковолновую часть миллиметрового диапазона требует увеличения рабочих токов, в IMPATT режиме это приводит к резкому уменьшению уровня генерируемых шумов [3]. С целью разрешения теоретического противоречия был предложен аномальный режим работы ЛПД, который отличается от обычного импульсного режима работы.

В работах [4, 5] показана возможность создания сверхширокополосного ГШ на ЛПД трехмиллиметрового диапазона длин волн с уровнем шумов не менее 55дБ/кТ₀ (см.рис.1). Генератор реализован на двухпролетном ЛПД $p^+ - p - n - n^+$ структуры, длины пролетных областей и концентрации носителей заряда соответствуют частотам середины трехмиллиметрового диапазона длин волн. При аномальном режиме питания к диоду прикладывается регулируемое напряжение смещения, величиной ниже пробивного напряжения, на которое накладываются короткие импульсы большой амплитуды тока, следующие с большой скважностью.

Целью работы является исследование влияния режимов питания ЛПД на электрические параметры ГШ: ширину полосы рабочих частот и уровень генерируемых шумов при за-

данной неравномерности величины спектральной плотности мощности шума (СПМШ) $\pm 1,5$ дБ.

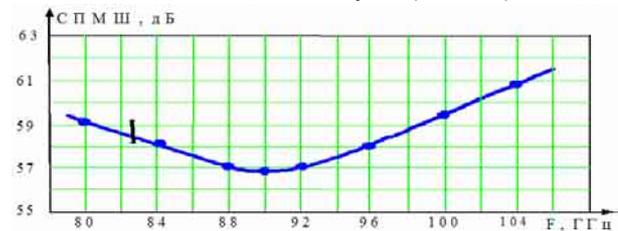


Рис.1. Зависимость уровня шума ГШ в рабочей полосе частот

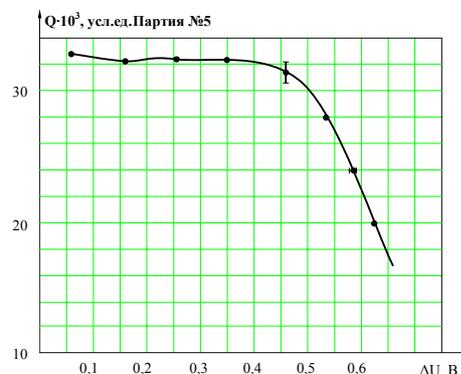


Рис.2. Зависимость величины ККГШ от постоянного напряжения

В работе с целью сравнения полученных результатов вводится величина коэффициент качества генератора шума (ККГШ) - Q, равная произведению ширины полосы рабочих частот на величину уровня СПМШ.

Анализ экспериментальных результатов

Аномальный способ питания обеспечивает работу ЛПД в коротковолновой части миллиметрового диапазона и получение больших уровней СПМШ. Указанные требования выполняются при большой величине тока питания в импульсах и наличием переходных процессов, которые обеспечивают непрерывность выходного высокочастотного шумового сигнала, не смотря на импульсный характер питания. Постоянное напряжение смещения, величина которого меньше пробивного напряжения, позволяет иметь большой уровень шумов микроплазм на низких частотах, которые настройкой высокочастотной цепи включения ЛПД усиливаются и переносятся вверх по частотному диапазону, благодаря нелинейным свойствам и отрицательному сопротивлению диода.

Исследования влияния параметров питания проводились на настроенном сверхширокополосном ГШ. Исследование влияния каждого из параметров питания осуществлялось без изменения настройки высокочастотной цепи включения ЛПД.

На рис.2 показаны экспериментальная зависимость величины ККГШ от величины разности ΔU пробивного напряжения $U_{пр}$ и постоянного напряжения смещения U_{-} . Величина ККГШ имеет максимальное значение только в области напряжений смещения, при которых с учетом переходных процессов изменения напряжения, реализуются микроплазмы. Образование микроплазм обеспечивается изменением суммарного напряжения равного значению напряжения ΔU и величины напряжения колебательного переходного процесса, которая зависит от скважности импульсной составляющей на диоде. Это приводит к резкому снижению величины ККГШ.

На рис.3 приведена зависимость ККГШ от величины амплитуды импульсов поступающих на диод. Приведенная зависимость демонстрирует наличие оптимальной величины амплитуды импульса при заданной высокочастотной цепи включения ЛПД. При малых амплитудах импульсов зависимость имеет большую крутизну, увеличение амплитуды импульсов приводит к выходу на режим диода в заданном частотном диапазоне. Со стороны больших амплитуд импульсов, генератор постепенно выходит из рабочей полосы, что вызывает плавное изменение величины ККГШ.

Экспериментальная зависимость величины ККГШ от величины длительности импульсов представлена на рис.4. Зависимость характеризуется резким снижением величины генерируемых шумов, а соответственно и ККГШ, с увеличением длительности импульсов. Поведение зависимости объясняется увеличением времени между переходными процессами при которых реализуются шумы микроплазм. Кроме того, изменение длительности импульсов питания относительно исходной, приводит к изменению интенсивности модуляционных компонент в спектре сигнала, следовательно, увеличивается неравномерность СПМШ в рабочей полосе частот. Это также уменьшает величину ККГШ.

На рис.5 приведена зависимость ККГШ от периода повторения импульсов для различных партий диодов и амплитуд импульсов. Поведение зависимости определяется изменением среднего тока протекающего через диод, и определяет величину коэффициента усиления шумов. При малых величинах амплитуд импульсов (1-2 В), усиление шумов в рабочей полосе частот практически отсутствует, не зависимо от скважности – ве-

личина ККГШ мала и постоянна. Амплитудам импульсов порядка 3 В соответствует максимальное усиление в рабочей полосе частот – величина ККГШ имеет большое значение и снижается только с увеличением периода повторения импульсов. При дальнейшем увеличении амплитуды импульсов (до 6 В), происходит рассогласование диода с высокочастотной цепью его включения. Зависимость величины ККГШ имеет гиперболический характер.

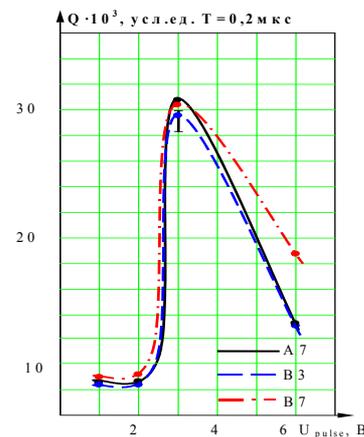


Рис.3. Зависимость ККГШ исследуемых ЛПД от величины амплитуды импульсов

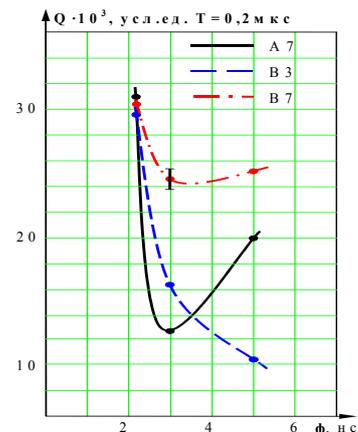


Рис.4. Экспериментальные зависимости уровней ККГШ от длительности импульсов.

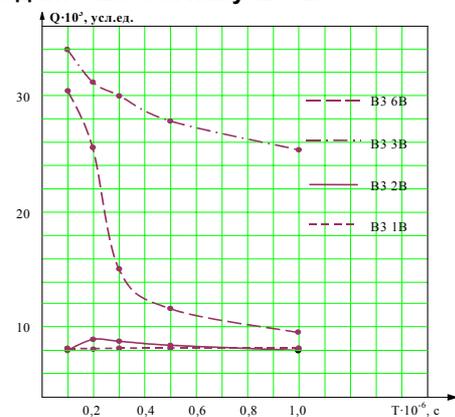


Рис.5. Зависимость уровня ККГШ исследуемых ЛПД при изменении периода повторения импульсов

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования параметров питания двухпролетных ЛПД позволяют сделать заключение о гибкости аномального режима работы, который позволяет реализовать высокий уровень СПМШ ГШ в широкой рабочей полосе частот. Достижение высоких уровней СПМШ связано с усилением и переносом низкочастотных шумов вверх в коротковолновую часть миллиметрового диапазона. Другими методами на данный момент не удается получить широкополосные шумы с уровнями мощности не менее не менее 55дБ/кТ₀.

Литература

1. *Букингом М.* Шумы в электронных приборах и системах / Букингом М. Пер. с англ. – М. : Мир. – 1986. – С. 399.
2. *Твердотельные* генераторы шума. Каталог ГП НИИ «Орион», 2005.
3. *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов / С. Зи Пер. с англ. : – 2-е перераб. и доп. изд. – М. : Мир. – 1984. – С. 456.
4. *Лошицкий П.П., Павлюченко А.В.* Исследование сверхширокополосных генераторов шума мм диапазона длин волн с высоким уровнем шумов // Радиотехника и информатика. – 2006. – №. 4. – С. 4 – 10.
5. *Лошицкий П.П., Павлюченко А.В.* Генерация шума двухпролетными ЛПД в аномальном режиме // Электроника и связь. Тематический выпуск Ч. 1. – 2007. – С. 28 – 32.