

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гелозе Ю.А., Клименко П.П. Управления процессами в фазовых автоматических системах формирования и обработки радиосигналов // Телекоммуникации. – 2000. – № 5. – С. 10-15.
2. А.с.484617 (СССР) Устройство ИФАПЧ / Гелозе Ю.А. 1975. Бюл. №34.
3. А.с.987818 (СССР) Синтезатор частот / Гелозе Ю.А. 1977. Бюл. №1.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.М. Макаров.

Гелозе Юрий Андреевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: rts@tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел: 88634371637; кафедра радиотехнических и телекоммуникационных систем; доцент.

Клименко Павел Петрович – кафедра радиотехнических и телекоммуникационных систем; доцент.

Gelozhe Yuriy Andreevich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: rts@tsure.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371637; the department of engineering and telecommunication systems; associate professor.

Klimenko Pavel Petrovich – the department of engineering and telecommunication systems; associate professor.

УДК 004.942

А.В. Демьяненко

**АНАЛИЗ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА НА ЛАВИННО-ПРОЛЕТНОМ ДИОДЕ
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Рассмотрено воздействие оптического луча постоянной интенсивности на основные параметры генератора. Анализ режимов работы генератора на лавинно-пролетном диоде, находящимся под оптическим воздействием, удобно провести методом медленно меняющихся амплитуд. Из проведенного анализа влияния интенсивности оптического воздействия на амплитуду колебаний генератора можно сделать вывод, что оптическое воздействие является эффективным инструментом управления амплитудой колебаний генератора. Получены теоретические и экспериментальные результаты, которые говорят о том, что при увеличении интенсивности оптического воздействия мощность генератора уменьшается, однако если сопротивление нагрузки генератора меньше оптимального сопротивления, то оптическое воздействие на ЛПД позволяет улучшить согласование диода с нагрузкой, что приводит к увеличению выходной мощности. Экспериментальные результаты подтверждают выводы, сделанные в теоретической части настоящей работы: при сопротивлении нагрузки больше оптимального значения с увеличением интенсивности оптического воздействия мощность колебаний генератора уменьшается. Относительное изменение частоты колебаний генератора при оптическом воздействии на него существенно меньше относительного изменения выходной мощности генератора.

Генератор; лавинно-пролетный диод; оптическое излучение.

A.V. Demjanenko

**THE ANALYSIS OF GENERATOR OPERATION ON AVALANCHE DIODE
UNDER THE INFLUENCE OF OPTICAL RADIATION**

In this paper we examine the impact of an optical beam of constant intensity on the basic parameters of the generator. The analysis of modes of generator operation to the avalanche diode, being under the influence of optical, convenient to carry out the method of slowly varying ampli-

tudes. From the carried out analysis the influence of the intensity of optical radiation on the amplitude of the oscillator can be concluded that the optical effect is an effective tool for controlling the amplitude of oscillations of the generator. The theoretical and experimental results which suggest that an increase in the intensity of optical radiation capacity of the generator is reduced, however, if the load resistance is less than optimum generator resistance, the optical effect on the ATD allows to improve matching the diode to a load, which increases the output. The experimental results confirm the findings of the theoretical part of this work: load resistance more optimal value with an increase in the intensity of optical radiation capacity oscillations of the generator is reduced. The relative change in oscillations of the generator frequency in the optical exposed to substantially less than the relative change of the generator output.

Generator; avalanche diode; optical radiation.

В последнее время интенсивно развивается такое направление фотоники, как оптическое управление полупроводниковыми устройствами СВЧ [1–5]. Использование оптически управляемых активных полупроводниковых СВЧ-элементов позволило реализовать устройства с расширенными функциональными возможностями: оптические переключатели, фазовращатели, смесители, ограничители мощности, СВЧ-усилители с регулируемым коэффициентом усиления, генераторы с оптической подстройкой частоты, фазы и мощности выходного сигнала. В качестве активных элементов оптически управляемых полупроводниковых устройств СВЧ используются: диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды (ЛПД), полевые с барьером Шоттки и биполярные транзисторы.

К достоинствам такого способа управления параметрами СВЧ-устройств можно отнести широкую полосу рабочих частот, высокое быстродействие, точность временной задержки СВЧ-сигналов и модуляционные характеристики, связанные с весьма малым временем фотоотклика. Следует также отметить высокую степень развязки СВЧ-тракта и управляющего сигнала; устойчивость к воздействию внешних электромагнитных колебаний. Кроме того, системы оптического управления СВЧ-устройствами совместимы с волоконно-оптической и интегрально-оптической технологиями [6], что позволяет еще более повысить технические характеристики и снизить себестоимость подобных систем.

В связи с этим исследования режимов работы СВЧ-устройств, находящихся под действием оптического излучения, приобретают особую актуальность.

Известно [7–11], что ЛПД достаточно эффективно взаимодействует с оптическим лучом, и позволяет таким образом осуществлять модуляцию оптических колебаний за счет изменения ширины запирающего слоя отрицательно смещенного р–п-перехода под действием СВЧ-сигнала, а также демодуляцию амплитудно-модулированного светового луча путем синхронного возбуждения СВЧ-генерации ЛПД на частотах сигналов, модулирующих оптические колебания (так называемая оптическая синхронизация). Энергетической основой такого процесса синхронизации СВЧ-колебаний ЛПД как раз и служит энергия несущего (светового) колебания.

В настоящей работе рассмотрен случай воздействия оптического луча постоянной интенсивности на основные параметры генератора.

На основании общепринятой [12, 13] эквивалентной схемы диодного генератора, с учетом присутствия на р–п-переходе оптического луча, можно составить его уравнение. Анализ режимов работы генератора на ЛПД, находящимся под оптическим воздействием, удобно провести методом медленно меняющихся амплитуд.

“Укороченные уравнения” в рассматриваемом случае можно записать в следующем виде [14, 15]:

$$\frac{dA}{dt} + \frac{R_{p-n} + R_n + R_{onm}^0}{2L} A = 0, \quad (1a)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} + \frac{1}{2} \left(\omega_1 - \frac{\omega_0^2}{\omega_1} \right) + \frac{X_{onm}^0 + X_{p-n} - X_{C_d}}{2L} = 0, \quad (16)$$

где R_{p-n} и X_{p-n} – активная и реактивная составляющие импеданса кристалла диода [16–19]; R_n – сопротивление нагрузки; L – индуктивность резонатора; ω_0 – резонансная частота контура; ω_1 – текущая частота; R_{onm}^0 и X_{onm}^0 – оптические добавки к активному и реактивному сопротивлениям диода соответственно [14]. Под амплитудой колебания следует понимать амплитуду первой гармоники СВЧ-тока.

Решая совместно уравнения (1), получаем выражения для определения амплитуды колебаний генератора при воздействии на него оптического излучения постоянной интенсивности:

$$A = \left[\frac{4}{3\beta_3} \left(\beta_1 - R_n - \frac{K}{y^2} \frac{I_{s0}}{I_0} \cos \varphi_s \right) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

где β_1 и β_3 – коэффициенты, зависящие от выбора рабочей точки на ВАХ; A – амплитуда колебаний; R_n – сопротивление нагрузки генератора; $y = 1 - \frac{f^2}{\Omega_n^2}$;

$$K = \frac{2}{\omega^2 \tau_a C_d} \left[\left(\frac{1 - \cos \theta_d}{\theta_d} \right)^2 + \left(\frac{\sin \theta_d}{\theta_d} + \frac{l_a}{W - l_a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}; \quad \varphi_s = \arctg \left[\frac{\frac{1 - \cos \theta_d}{\theta_d}}{\frac{\sin \theta_d}{\theta_d} + \frac{l_a}{W - l_a}} \right],$$

где I_0 – ток питания диода; I_{s0} – фототок, вызванный оптическим воздействием.

На рис. 1 приведены результаты расчета зависимости амплитуды колебаний генератора от величины постоянной составляющей фототока, пропорционально связанной с интенсивностью оптического воздействия. Расчет проведен для рабочего тока $I_0 = 60$ мА, частоты $f = 11$ ГГц при сопротивлении нагрузки $R_n = 5,5$ Ом.

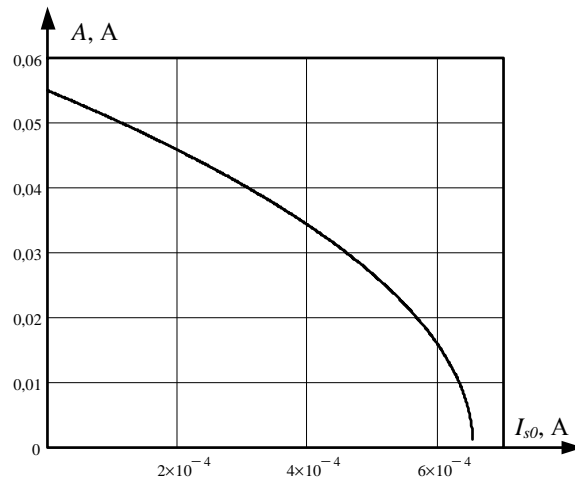


Рис. 1. Зависимость амплитуды колебаний генератора от величины фототока

Из рис. 1 видно, что с ростом мощности оптического воздействия происходит уменьшение амплитуды колебаний генератора, и при некотором значении фототока происходит “срыв” колебаний генератора.

Как правило, на практике интересуются не амплитудой колебаний генератора, а его мощностью. Рассмотрим поведение мощности генератора при воздействии на него оптического излучения постоянной интенсивности. В работах [9, 10] получены теоретические и экспериментальные результаты, которые говорят о том, что при увеличении интенсивности оптического воздействия мощность генератора уменьшается, что не всегда верно. В работе [8] экспериментально наблюдалось увеличение мощности генератора при оптическом воздействии на него.

На рис. 2 приведены зависимости мощности колебаний генератора при воздействии на него оптического луча от величины фототока для трех значений сопротивления нагрузки.

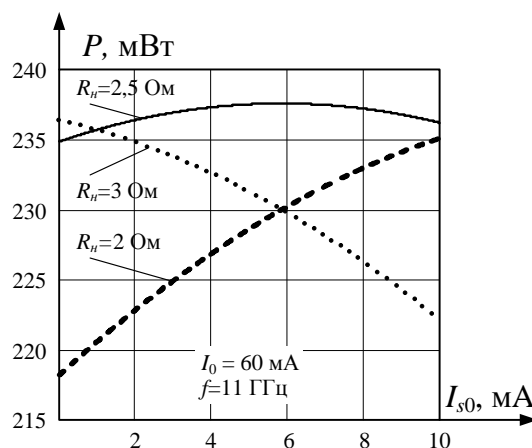


Рис. 2. Зависимость мощности колебаний генератора от фототока

Из рис. 2 следует, что если сопротивление нагрузки генератора меньше оптимального сопротивления, то оптическое воздействие на ЛПД позволяет улучшить согласование диода с нагрузкой, что приводит к увеличению выходной мощности. В случае, когда сопротивление нагрузки равно или больше оптимального, оптическое воздействие, внося в контур генератора дополнительное активное положительное сопротивление, приводит к еще большему рассогласованию, и, как следствие, к уменьшению выходной мощности генератора. Этот факт экспериментально подтвержден в работе [11].

На рис. 3 приведены зависимости мощности колебаний генератора от величины фототока (рис. 3,а) и частоты колебаний (рис. 3,б). Мощность генератора рассчитана для сопротивления нагрузки 5,5 Ом. Для рис. 3,а расчет проведен на трех частотах из рабочего диапазона ЛПД типа 3А707В. Из рис. 3,а видно, что генератор менее чувствителен к оптическому воздействию в высокочастотной части своего рабочего диапазона. Для срыва колебаний генератора на более низкой частоте требуется меньшее значение интенсивности оптического воздействия. Результаты расчета, представленные на рис. 3,а, хорошо согласуются с экспериментальными результатами, полученными авторами [11].

Из проведенного анализа влияния интенсивности оптического воздействия на амплитуду колебаний генератора можно сделать вывод, что оптическое воздействие является эффективным инструментом управления амплитудой колебаний генератора. Кроме того, облучение активной области диода оптическим сигналом позволяет повысить активную часть импеданса диода, что дает возможность настраивать генератор без изменения конструкции генераторной камеры. Оптиче-

ское воздействие – самый быстрый способ управления характеристиками генераторов [1–5], который в настоящее время активно исследуется и применяется на практике.

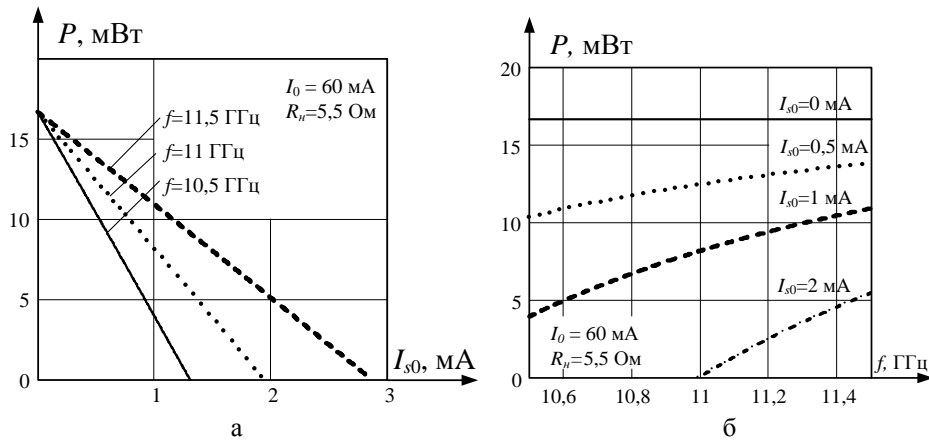


Рис. 3. Зависимость мощности колебаний генератора от фототока (а) и частоты детектируемого сигнала (б)

Рассмотрим влияние оптического воздействия на частоту колебаний генератора.

Для этого воспользуемся “укороченным уравнением” для фазы колебаний (1,б). Выражение (1,б) отличается от случая автономного генератора наличием еще одного слагаемого, отвечающего за оптическое воздействие. Из решения системы уравнений (1) получаем выражение для определения частоты колебаний генератора при воздействии на него оптического сигнала постоянной интенсивности:

$$f = f_{cob} + \frac{v_s}{8\pi^3 f_{cob}^2} \cdot \frac{1}{\epsilon SL} \cdot \frac{l_d}{l_a} \left(\frac{1 - \cos \theta_d}{\theta_d} \right) \frac{I_{s0}/I_0}{\left(1 - (f_{cob}/\Omega_n)^2\right)^2}. \quad (3)$$

Из (3) видно, что сдвиг частоты колебаний, вызванный оптическим воздействием, зависит не только от параметров оптического сигнала, но и от электрофизических параметров материала диода и параметров колебательной системы генератора. Кроме того, влияние на частоту колебаний следует ожидать разным в различных участках рабочего частотного диапазона диода. При увеличении интенсивности оптического воздействия частота колебаний генератора увеличивается, что хорошо согласуется с экспериментальными результатами, полученными в [10, 11]. При расчете зависимости частоты колебаний генератора от интенсивности оптического колебания необходимо учитывать то, что оптическое колебание влияет на амплитуду колебаний генератора, что в свою очередь оказывает влияние на частоты свободных колебаний, т.е. имеет место амплитудно-частотная конверсия.

На рис. 4 представлены результаты расчета зависимости частоты колебаний генератора от интенсивности оптического сигнала. Расчет проведен для трех токов питания диода. Частота свободных колебаний $f_{cob} = 11,08$ ГГц, амплитуда СВЧ-тока $I_1 = 0,01$ А. Изменение амплитуды колебаний генератора при оптическом воздействии при расчете не учитывалось.

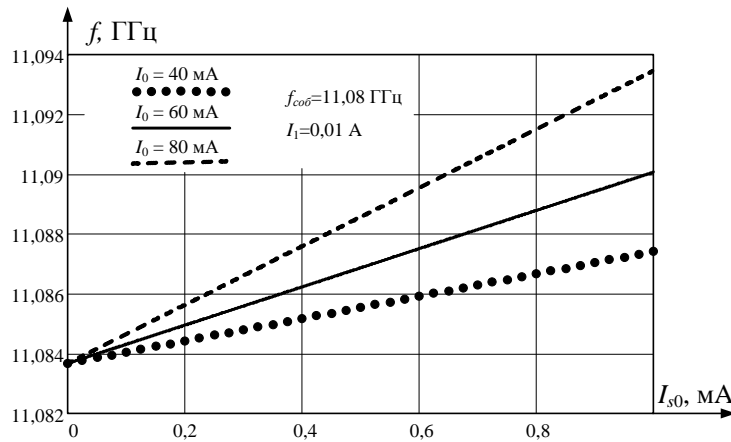


Рис. 4. Зависимость частоты колебаний генератора от интенсивности оптического колебания

Из рис. 4 видно, что изменение частоты при изменении интенсивности оптического сигнала в указанных пределах носит линейный характер. Большому току питания диода соответствует большее изменение частоты. В некоторых экспериментальных работах [8] получено уменьшение частоты колебаний при увеличении интенсивности оптического воздействия, что объясняется существенным изменением амплитуды колебаний генератора при оптическом воздействии на него. В этом случае амплитудное изменение частоты вызвано в большей степени нелинейными свойствами реактанса ЛПД.

В рамках настоящей работы был проведен эксперимент по исследованию влияния оптического излучения на работу микрополоскового ГЛПД. На основе рекомендаций [12, 13, 20] была выбрана топология полосковой схемы ГЛПД, представленная на рис. 4, где обозначено 1 – ЛПД; 2 – колебательная система генератора, образованная разомкнутым на конце отрезком несимметричной полосковой линии с волновым сопротивлением 50 Ом; 3 – четвертьволновый трансформатор сопротивления; 4 – фильтр нижних частот; 5 – выходная линия.

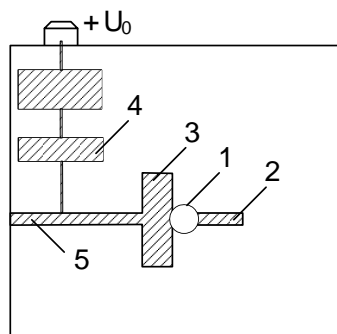


Рис. 5. Топология схемы генератора

В качестве активного элемента генератора был выбран ЛПД типа 3A707B. Материал подложки – флан толщиной 1 мм с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon_{эф} = 9,6$.

Для измерения характеристик генератора использовался стенд, структурная схема которого представлена на рис. 6.

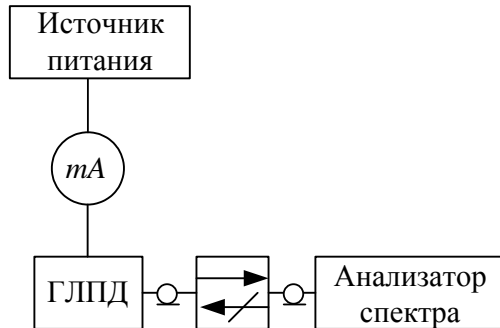


Рис. 6. Структурная схема измерительной установки

Спектральный состав колебания ГЛПД, его мощность и частота измерялись при помощи анализатора спектра Agilent4407B.

Результаты экспериментального исследования электронной перестройки генератора представлены на рис. 7. При экспериментальном исследовании макета генератора был получен диапазон электронной перестройки 57 МГц, при этом выходная мощность генератора увеличилась от 0,5 до 9,89 мВт. Из рис. 7 видно, что пусковой ток составляет 30 мА. На рис. 7 крестиком обозначено заданное значение мощности, для которого проводился теоретический расчет. Как видно из рис. 7, отличие результатов расчета и экспериментального измерения мощности генератора составляет 0,25 мВт, т.е. не более 4 %. Кроме того, отличие расчетного и фактически измеренного значения частоты колебаний генератора при токе питания $I_0 = 60$ мА составило 121 МГц или 1,3 %.

Экспериментально исследовалось влияние воздействия немодулированного оптического колебания на режим работы ГЛПД. Результаты приведены на рис. 8 и 9. В качестве источника оптического сигнала был использован инжекционный полупроводниковый лазер с длиной волны $\lambda = 655$ нм и выходной мощностью $P_{\text{опт}} = 150$ мВт. Максимальный фототок в ЛПД при освещении кристалла составил 80 мкА. Для уменьшения потерь ввода оптического колебания в кристалл ЛПД была применена фокусирующая линза. Для освещения активной области диода была удалена часть корпуса ЛПД. Фототок измерялся при нулевом смещении на ЛПД.

На рис. 8 приведены зависимости мощности и частоты колебаний ГЛПД от величины фототока. Результаты исследования приведены для трех значений тока питания ЛПД $I_0 = 31$ мА (рис. 8,а), $I_0 = 35$ мА (рис. 8,б) и $I_0 = 50$ мА (рис. 8,в). Как видно из рис. 8, для всех приведенных токов питания с ростом фототока происходит уменьшение мощности колебаний генератора. Частота колебаний генератора при увеличении интенсивности оптического сигнала также уменьшалась, что объясняется сильной амплитудно-частотной конверсией.

При токе питания $I_0 = 31$ мА (рис. 8,а) было получено полное подавление колебаний ГЛПД оптическим воздействием. Изменение мощности колебаний генератора составило 170 мкВт, а изменение частоты 11 МГц. В случае рис. 8,б (при токе питания ЛПД $I_0 = 35$ мА) при увеличении фототока мощность колебаний генератора уменьшилась от 560 до 360 мкВт, что составляет 32 %. При этом частота уменьшилась на 11 МГц (0,0012 %). В случае рис. 8,в (при токе питания ЛПД $I_0 = 50$ мА) при увеличении фототока мощность колебаний генератора уменьшилась от 4,99 до 4,35 мВт, что составляет 13 %. При этом частота уменьшилась на 12 МГц (0,0013 %).

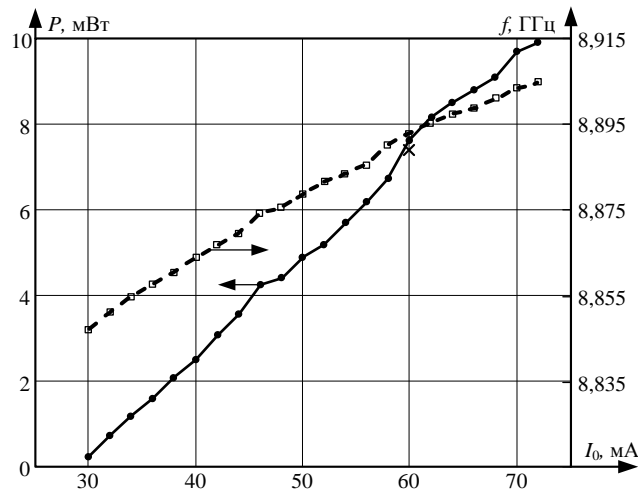
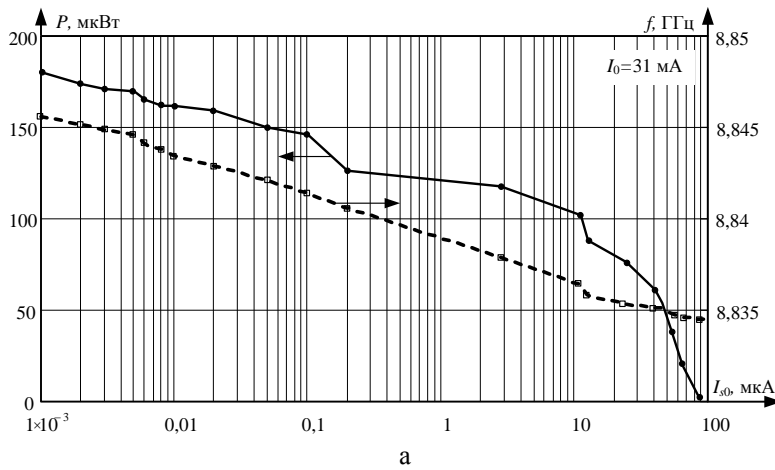
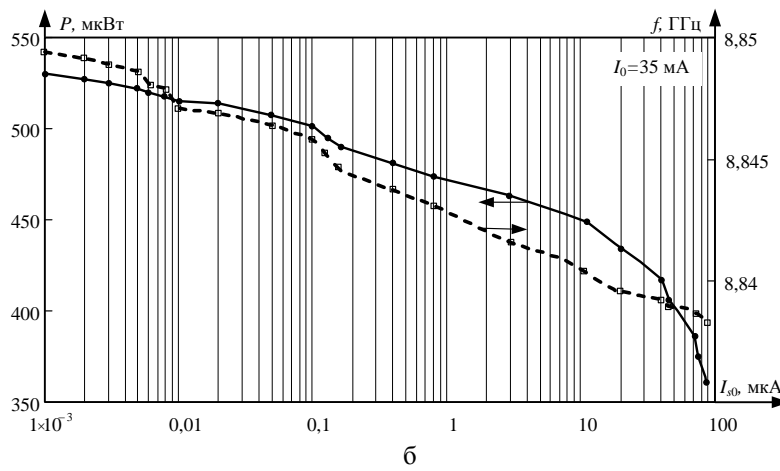


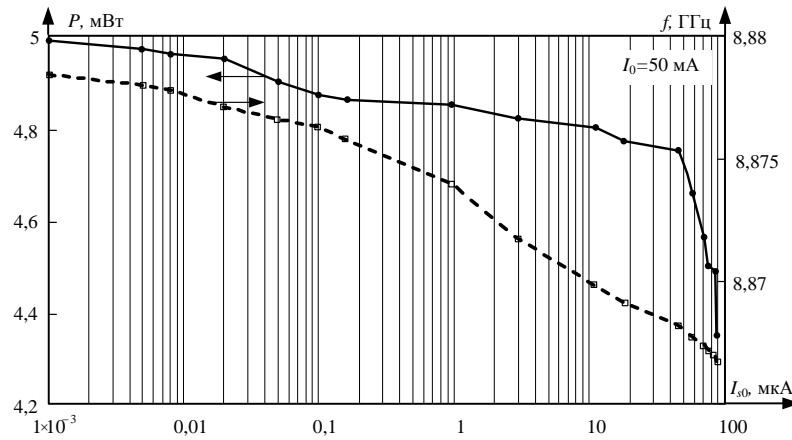
Рис. 7. Электронная перестройка генератора



а



б

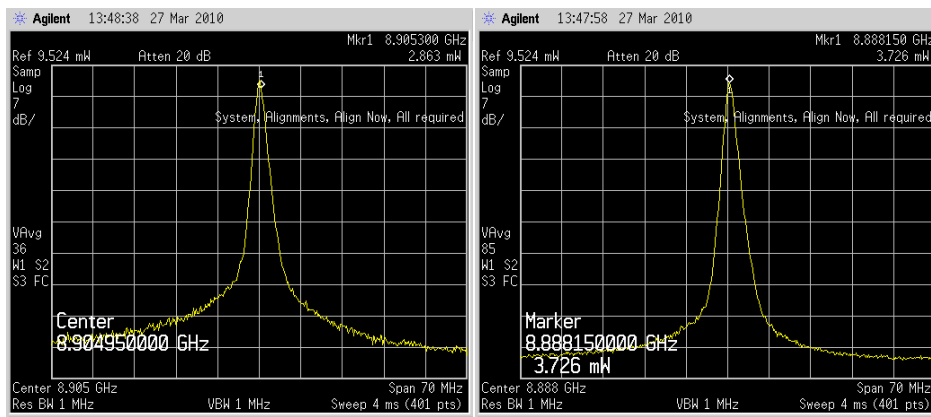


В

Рис. 8. Оптическое управление ЛПД

Из анализа рис. 8 следует, что при увеличении тока питания чувствительность мощности колебаний ЛПД к оптическому воздействию уменьшается. Диапазон изменения частоты колебаний генератора при оптическом воздействии на него одинаков для рассмотренных токов питания. Экспериментальные результаты подтверждают выводы, сделанные в теоретической части настоящей работы: при сопротивлении нагрузки больше оптимального значения с увеличением интенсивности оптического воздействия мощность колебаний генератора уменьшается. Относительное изменение частоты колебаний генератора при оптическом воздействии на него существенно меньше относительного изменения выходной мощности генератора.

В работе экспериментально наблюдалось уменьшение амплитудных шумов ЛПД при оптическом воздействии на него. На рис. 9 приведены спектры колебаний ЛПД без оптического воздействия (рис. 9,а) и при оптическом воздействии (рис. 9,б) с интенсивностью, вызывающей фототок $I_{s0} = 50$ мкА, при токе питания ЛПД $I_0 = 60$ мА.



а

б

Рис. 9. Спектр ЛПД

Из рис. 9 видно уменьшение пьедестала спектральной линии генератора, что свидетельствует об уменьшении амплитудных шумов генератора.

Результаты исследований, изложенные в данной статье, получены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проекта «Создание высокотехнологичного производства для изготовления комплексных реконфигурируемых систем высокоточного позиционирования объектов на основе спутниковых систем навигации, локальных сетей лазерных, СВЧ-маяков и МЭМС-технологий» по постановлению правительства № 218 от 09.04.2010 г. Исследования проводились в ФГАОУ ВПО ЮФУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Alwyn J. Seeds, Alvaro Augusto A. de Salles.* Optical Control of Microwave Semiconductor Devices // IEEE Transaction on MTT. – 1990. – Vol.38, № 5. – P. 577-585.
2. *Андреев В.С., Макаров Н.В.* Оптическое управление полупроводниковыми приборами СВЧ // Радиоэлектроника. – 1995. – № 10. – С. 17-33.
3. *Вендик И.Б., Геворкян С.Ш., Хижа Г.С.* Оптически управляемые полупроводниковые СВЧ-устройства // Зарубежная Радиоэлектроника. – 1987. – № 9. – С. 10-22.
4. *Бахрах Л.Д., Блисковицкий А.А.* Применение лазеров и волоконно-оптических систем для управления формированием СВЧ-сигналов и их распределения в антенных решетках // Квантовая электроника. – 1988. – Т. 15, № 5. – С. 879-914.
5. *Rainee Simons.* Optical Control of Microwave Devices. London: Artech House, 1990. – 236 p.
6. *Хансперджер Р.* Интегральная оптика: теория и технология: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 384 с.
7. *Катыс Г.П., Кравцов Н.В., Чирков Л.Е., Коновалов С.М.* Модуляция и отклонение оптического излучения. – М.: Наука, 1967. – 176 с.
8. *Овечкин С.М.* Управление работой генераторов на лавинно-пролетных диодах с помощью света малой интенсивности // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1982. – Вып. 9 (345). – С. 72-73.
9. *Вайтекунас Ф.К., Вишняускас Ю.Б., Филатов М.Ю. и др.* Исследование оптической модуляции генератора на лавинно-пролетном диоде // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1984. – Вып. 6 (366). – С. 14-19.
10. *Kiehl R.A.* Optically Induced AM and FM in IMPATT Diode Oscillators // IEEE Trans. On Electron Devices. – 1980. – Vol. ED-27, № 2. – P. 426-432.
11. *Вайтекунас Ф.К., Вишняускас Ю.Б., Филатов М.Ю., Шименас Г.Э.* Управление колебаниями генератора ЛПД при помощи постоянного оптического излучения // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1986. – Вып. 8 (392). – С. 11-19.
12. *Тагер А.С., Вальд-Перлов В.М.* Лавинно-пролетные диоды и их применение в технике СВЧ. – М.: Советское радио, 1968. – 479 с.
13. *Давыдова Н.С., Данюшевский Ю.В.* Диодные генераторы и усилители СВЧ. – М.: Радио и связь, 1986. – 184 с.
14. *Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В.* Определение влияния оптического сигнала на импедансные свойства лавинно-пролетного диода // Известия вузов. Электроника. – 2008. – № 3. – С. 58-62.
15. *Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В.* Детектирование оптических амплитудно-модулированных колебаний лавинно-пролетными диодами // Радиотехника. – 2008. – № 11. – С. 80-82.
16. *Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В.* Расчет импеданса лавинно-пролетного диода в малосигнальном режиме // Известия вузов. Электроника. – 2005. – № 1. – С. 25-28.
17. *Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В.* Нелинейный адмиттанс ЛПД миллиметрового диапазона // Петербургский журнал электроники. – 2005. – № 3 (44). – С. 108-112.
18. *Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В., Малиёв И.В.* Экспериментальное определение активного нелинейного СВЧ-сопротивления серийного ЛПД // Приборы и техника эксперимента. – 2004. – № 4. – С. 64-66.
19. *Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В., Малиёв И.В.* Экспериментальное определение реактивного нелинейного СВЧ-сопротивления серийного ЛПД // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 6. – С. 37-40.

20. Балыко А.К., Голант Е.И., Мелешкевич П.М. Теоретическое и экспериментальное исследование усилителя мощности на ЛПД // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1987. – Вып. 1 (395). – С. 28-30.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.В. Соколов.

Демьяненко Александр Викторович – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: demalex@inbox.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371733; кафедра антенн и радиопередающих устройств; к.т.н.; доцент.

Demjanenko Alexander Viktorovich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: demalex@inbox.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371733; the department of antennas and radio transmitters; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 621.391.26

Д.П. Волик, С.С. Шibaев, А.В. Помазанов

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРОВ РАДИОСИГНАЛОВ

Приведено описание измерительных средств радиотехнического назначения работающих на основе акустооптического эффекта. Основными типами акустооптических радиотехнических измерителей являются устройства, разработанные на основе классической схемы акустооптического спектроанализатора, с последовательным выводом информации о пространственно-временном распределении оптического аналога анализируемого радиосигнала, использующие в качестве регистрирующего устройства ПЗС-линейки, а также с параллельным выводом информации, у которых в качестве регистрирующих устройств используются линейки параллельных быстродействующих фотодиодов. Помимо измерителей на основе классической схемы, рассматривается возможность использования конструкции с двумя установленными последовательно по свету акустооптическими ячейками, в качестве регистрирующего устройства в котором используется одиночный сверхбыстродействующий фотоприемник. Данные устройства находят применение в системах пассивного радиоконтроля и в разностно-дальномерных системах, данные применения диктуют требования относительно совокупности технико-эксплуатационных параметров таких измерительных приборов, к которым относятся не только диапазон рабочих частот, частотное разрешение, точность измерения частоты и фазы анализируемых радиосигналов, а также энергопотребление, масса и габариты, которые становятся существенными при использовании радиотехнических измерителей в мобильных измерительных комплексах.

Акустооптический измеритель; радиосигнал; последовательный вывод информации; параллельный вывод информации; акустооптический модулятор; Фурье-объектив; лазер.

D.P. Volik, S.S. Shibaev, A.V. Pomazanov

RADIOSIGNALS PARAMETERS ACOUSTOOPTIC MEASURERS IMPLEMENTATION PRINCIPLES

This article contains the description of radio assigned instruments operating on the basis of acoustooptical effect. These facilities are used in the passive radiomonitoring systems and range-difference systems. The main types of acoustooptical radiotechnical meters are devices developed on the basis of classical scheme of acoustooptical spectrum analyzer with serial information output concerning space-time allocation of analysed radiosignal optical analog using CCD bars as a recorder and with parallel information output as well which use parallel high-speed photodiode bars as a recorder. Besides the meters developed on the basis of classical scheme there is an opportunity to use construction with two consistent light-located acoustooptical cells which use sin-