

Технічні науки

УДК 624.323.64.012.8

Меняйло Олександр Дмитрович

кандидат технічних наук,

доцент кафедри проектування та експлуатації електронних апаратів

Харківський національний університет радіоелектроніки

Menyaylo Oleksandr

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the

Department of Design and Operation of Electronic Devices

Kharkiv National University of Radio Electronics

Махонін Віктор Геннадійович

асистент кафедри проектування та експлуатації електронних апаратів

Харківський національний університет радіоелектроніки

Mahonin Viktor

Assistant of the Department of Design and Operation of Electronic Devices

Kharkiv National University of Radio Electronics

Світличний Микита Сергійович

здобувач освіти

Харківського національного університету радіоелектроніки

Svitlychnyi Mykyta

Student of the

Kharkiv National University of Radio Electronics

ГЕНЕРАТОР НА ЛАВИНО-ПРОЛІТНОМУ ДІОДІ

КОМБІНОВАНОГО ТИПУ

GENERATOR ON A COMBINED-TYPE AVALANCHE DIODE

Анотація. Стаття присвячена дослідженню параметрів розробленого генератора на лавино пролітному діоді. Особливістю генератора, що досліджується є генератора є застосування комбінованої коливальної системи.. Це дало можливість підвищити загальну добротність коливальної системи, у порівнянні з-полозковою. Генератор, що досліджувався має можливість як механічного налаштування, так і налаштування в певному діапазоні електронним шляхом. При дослідженнях основну увагу було приділено вихідній потужності та частоті налаштування.

Ключові слова: мікрохвильові коливання, генератор, діодно-пролітний діод, потужності ГЛПД, лавинний ефект.

Summary. The article is devoted to the study of the parameters of the developed avalanche diode generator. The peculiarity of the generator under study is the use of a combined oscillating system. This made it possible to increase the overall Q factor of the oscillating system, compared to the slide system. The studied generator has the possibility of both mechanical adjustment and electronic adjustment in a certain range. During the research, the main attention was paid to the output power and tuning frequency.

Key words: microwave oscillations, generator, diode-flying diode, GLPD power, avalanche effect.

Вступ. Незважаючи на те, що лавинний ефект в напівпровідному $p-n$ переході відкритий досить давно, інтерес до його використання в пристроях НВЧ до теперішнього часу досить великий, про що свідчать, наприклад останні публікації [1],[2],[3]. Суттєвий інтерес представляє собою питання розробки конструкції таких генераторів та дослідження їх параметрів. Данна робота представляє собою намагання об'єднати об'ємний резонатор з

полозковими елементами з метою підвищення як експлуатаційних, так і технологічних показників ГЛПД.

Розробка та дослідження характеристик ГЛПД з комбінованою коливальною системою

В процесі досліджень ГЛПД різних типів була запропонована оригінальна конструкція генератора, що поєднує в собі як полозкові елементи, так і хвильоводний резонатор радіального типу. Основою такого генератора було вибрано двосторонній фольгований діелектрик Polyguide.

Лавино-пролітний діод був розміщений в середині резонатора радіального типу, заповненого діелектриком. Живлення на лавино-пролітний діод надходить через полозковий фільтр. Для виведення мікрохвильової енергії використовується петля, розташована в резонаторі. Регулюючи положення петлі, можна забезпечити узгодження між зовнішнім навантаженням і резонатором. Постійний струм живлення надходить на діод через фільтр низьких частот виконаний по технології друкованої плати. Для відводу теплової енергії передбачено відповідний радіатор з ребрами охолодження.

Зовнішній вигляд розробленого діючого генератора на лавино-пролітному діоді наведено на рис. 1.

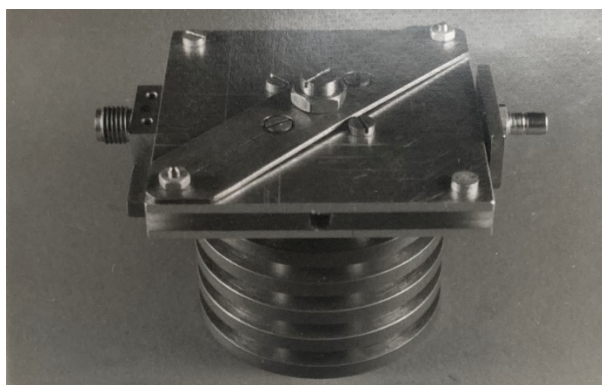


Рис. 1. Зовнішній вигляд ГЛПД

Механічне налаштування генератора відбувається за допомогою гвинта налаштування, розташованого навпроти лавинного діода. Виведення

мікрохвильової енергії здійснюється за допомогою спеціальної петлі зв'язку. Таке рішення дозволило з одного боку суттєво підвищити добротність коливальної системи у порівнянні з чисто полозковим варіантом і, в той же час, надає можливість поєднувати розроблений автогенератор з іншими елементами хвильоводного тракту, виконаними в полозковому варіанті.

В такому ГДПД є можливість регулювати нахил петлі, тобто вихідну потужність генератора. В конструкції розглянутого генератора, був застосований лавино пролітний діод типу Tesla VB 0234.

В процесі дослідження ГЛПД було встановлено характер залежності вихідної потужності від частоти налаштування при різних струмах живлення.

На рис. 2 наведена, отримана експериментальним шляхом залежність вихідної потужності генератора від частоти при різних струмах живлення.

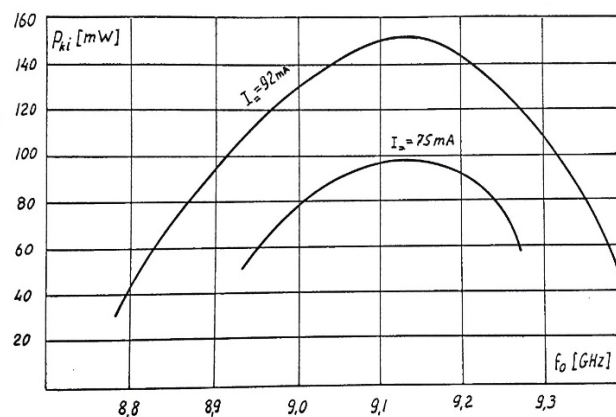


Рис. 2. Залежність вихідної потужності ГЛПД від частоти

Як видно з цього графіка, потужність струму значною мірою залежить від постійного струму живлення, що протікає через лавинний діод. Діапазон налаштування, а також вихідна потужність збільшується зі збільшенням постійного струму.

Як відомо з теорії лавинного ефекту, провідність лавинного діода є функцією постійного струму, що протікає через діод, тому природно, що зі

зміною постійного струму змінюється як вихідна потужність, так і частота генератора. Результати дослідження вихідної частоти ГЛПД від струму живлення наведені на рис. 3

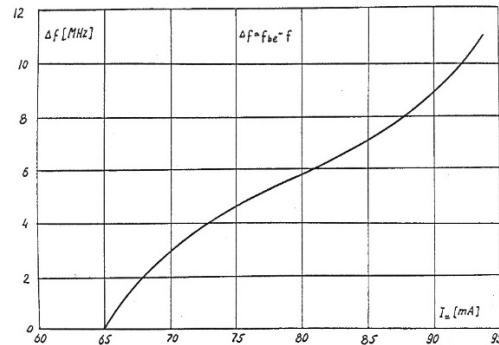


Рис. 3. Залежність вихідної частоти ГЛПД від струму живлення

Залежність, наведена на рис. 3 демонструє можливість електронної настройки ГЛПД - змінюючи постійний струм, можна налаштувати частоту коливань в смузі біля 10 МГц. Додаткове налаштування генератора можливе також і механічним шляхом.

Як відомо з теорії лавинного генератора, вихідні параметри ГЛПД є функцією коефіцієнта добротності зовнішнього коливального контуру. Ця важлива характеристика генератора визначається на основі вимірювання параметрів генератора як в холодному режимі, так і в режимі генерування.

Природно, що в цьому випадку коефіцієнт добротності генератора буде залежати від постійного струму, що протікає через діод. Результат таких досліджень приведено на рис. 4.

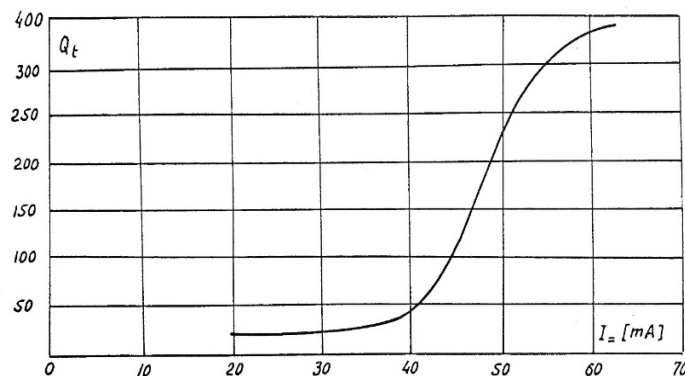


Рис. 4. Залежність коефіцієнта добротності від струму живлення

З цього графіка видно, що залежність навантаженої добротності Q_t від постійного струму слабшає поблизу струму збудження коливачів (в нашому випадку струм збудження коливачів становив $I = 75$ мА) і в подальшому залишається майже постійною.

Виходячи з цього, можна з високою достовірністю сказати, що добротність генератора, виміряна поблизу струму збудження, також є добротністю генератора в робочому режимі.

Отримані результати досліджень свідчать про надійну працездатність запропонованої конструкції автогенератора, задовільну технологічність, при цьому всі його експлуатаційні параметри знаходяться на достатньо високому рівні.

Висновки. Таким чином, результати розробки та дослідження генератора комбінованого типу на лавино-пролітному діоді свідчать про те, що він в певній мірі об'єднує переваги як хвильовідних, так і мікрополоскових конструкцій і дозволяє рекомендувати його використання у відповідних НВЧ пристроях, таких як, наприклад, системи керування безпілотними літальними апаратами.

Література

1. Тагер А.С., Мельников А.И., Кобельков Г.П., Цебиев А.М. Генерация и усиление радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов с помощью полупроводникового диода в области положительного наклона его статической вольт-амперной характеристики; Диплом на открытие 24, приоритет 27.Х.1959 г.
2. Карушкин Н. Ф. Синхронизация генераторов на ЛПД импульсного и непрерывного действия в мм-диапазоне длин волн. Часть 1. Конструкции генераторов и обобщенная модель их синхронизации внешним сигналом. Технология и конструирование в электронной

аппаратyе. 2021. № 1-2. С. 10-20. URL:
http://www.tkea.com.ua/journalarchive/2021_1-2/2.pdf

3. Misawa T. Multiple uniform lagger approximation in analysis of negative resistance in p-n junction in breakdown" IEEE Tran. Electron Devices vol. ED-14. 1967. P. 795-808.
4. Wolff Ch. IMPATT – Diode – Radar Basics. In: radartutorial.eu,
abgerufen am 5. September 2021. URL:
<https://www.radartutorial.eu/21.semiconductors/hl16.en.html>