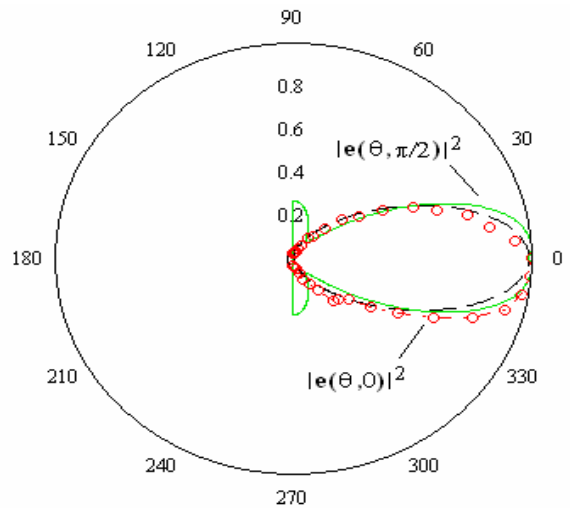


Частотна залежність коефіцієнта відбиття антени з боку хвилеводу наведена на рис.3а (крапки - вимірні значення). Розраховані нормовані значення модулів амплітуд змушених коливань парціальних ДР показані на рис. 3б. Положення ДР 1-3 вибиралося з умови мінімального значення бічних пелюстків і рівності ширини головного пелюстка в ортогональних площинах xOy і yOz . Діаграма спрямованості антени в площинах $xOz - |\vec{e}(\theta, 0)|^2$, та



наведена на рис. 4 (крапки результати вимірів). Використані ДР з $\epsilon_{1r} = 82$, $Q_D = 1/\text{tg}\delta = 1800$, відношенням висоти к діаметру - $\Delta = L/(2r_0) = 0,2$. Хвилевід - $58 \times 25 \text{ мм}^2$.

Висновки

Отримані дані показують можливість побудови із застосуванням напівциліндричних ДР антени см-діапазону з однопелюстковою діаграмою спрямованості, яка має малі розміри, виражені селективні властивості, підвищену заводо захищеність й може бути використана в системах *Wi-Fi*, *WiMAX*, ін.

Література

1. Трубин А.А. Резонансные диэлектрические антенны // Тр. 14-й Межд. Крымской конференции. "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии". Севастополь. 2004, с. 366-367.
2. Трубин О.О., Шмиглюк Г.С. Моделирование параметров антенной решетки на цилиндрических диэлектрических резонаторах // Вісник Київ. політехн. ін-та. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2006.- Вып. 33. С. 101-108.

Трубин А.А., Новиков В.И. Планарная антенна для системы Wi-Fi на диэлектрических резонаторах. Приведены результаты исследования антенны для системы беспроводного доступа, которая имеет однопелюстковую диаграмму направленности, планарна и состоит из 4-х диэлектрических резонаторов.	A. Trubin, V. Novikov Planar antenna for system Wi-Fi on dielectric resonators The results of research of the aerial for system without of the conductor access are given which has of the single diagram of an orientation, plate and consists from 4 of the dielectric resonators.
--	---

УДК 621.373

ІНТЕГРАЛЬНІ ГЕНЕРАТОРНІ МОДУЛІ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Каишанов С.Ф., Гололобов В.П.

Представлені конструкції інтегральних генераторних модулів мм- діапазону з складанням потужностей окремих діодів та пасивною параметричною стабілізацією.

Вступ. Постановка задачі

При проектуванні малогабаритних інтегральних генераторних модулів

(ГМ) міліметрового (мм) діапазону як на фіксовану частоту, так і широкодіапазонних (зі зміною частоти за допомогою вар акторів), одними з найбільш актуальних технічних задач є підвищення рівня потужності та забезпечення високої температурної стабільності частоти (ТСЧ) вихідного сигналу ГМ. Метою даної роботи є одночасне вирішення цих двох задач, в рамках розробки [1-3] ГМ з відповідними технічними характеристиками.

Методи вирішення задачі

Підвищення рівня потужності вихідного сигналу в ГМ, які розглядаються в цій роботі, досягається за рахунок використання такого прогресивного на даний час методу, як складання потужностей окремих діодів з негативним динамічним опором (ЛПД, діоди Ганна) на рівні напівпровідникових кристалів, що, в свою чергу, дозволяє забезпечити 100% рівень коефіцієнту корисної дії щодо складання потужностей [1-2]. За звичай, в резонансних системах багатодіодних ГМ використовується зустрічно-послідовне включення як діодів з негативним динамічним опором, так і варакторів, що дозволяє не тільки здійснити ефективне складання потужностей окремих діодів з негативним динамічним опором, а і зменшити, а при відповідному виборі параметрів діодів практично звести до нуля негативний вплив нелінійності ємностей діодів на роботу ГМ і за рахунок цього підвищити сталість автоколивань в резонансних системах багатодіодних ГМ, покращити шумові та спектральні характеристики сигналів, що має особливе значення при використанні низькодобротних резонансних систем [2].

Для підвищення ТСЧ вихідних сигналів ГМ використовувався найбільш простий і в той же час достатньо ефективний метод параметричної стабілізації з прямою компенсацією дестабілізуючих факторів [3,4], а саме включення в резонансні системи ГМ додаткових термокомпенсуючих елементів зосередженого типу, які і забезпечують реалізацію компенсаційних механізмів прямої дії. Такій підхід до вирішення задачі підвищення ТСЧ ГМ, які виготовляються методами гбридно-інтегральної та монолітної технологій, є на даний час найбільш ефективним і саме з цієї причини він і був використаний у даній роботі. Його застосування дозволило розробити нові високотехнологічні конструкції багатодіодних інтегральних ГМ міліметрового діапазону, а саме ГМ на фіксовану частоту та широкодіапазонного ГМ, в якому зміна частоти здійснюється за допомогою варакторів, і при цьому забезпечити достатньо високий рівень температурної стабільності частоти ГМ в широкому інтервалі температур.

Застосування такого підходу дозволило також значно спростити математичне моделювання компенсаційних механізмів стабілізації частоти, а також факторів, що впливають на дестабілізацію параметрів розроблених ГМ в залежності від зміни температури оточуючого середовища. З урахуванням результатів математичного моделювання були розроблені програми розрахунків запропонованих інтегральних ГМ, які дозволяють у будь якому заданому діапазоні температур знайти усі основні їх характеристики: частоту, потужність, сталість автоколивань, частотний діапазон роботи,

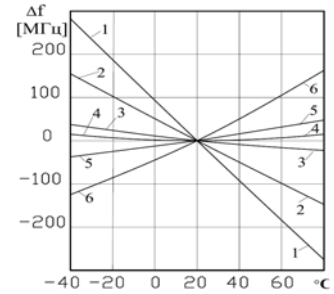
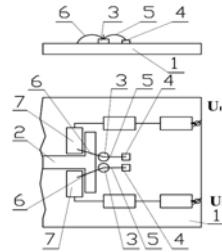
а також коефіцієнт температурної чутливості частоти.

Зазначимо, що особливістю ГМ, які розглядаються в даній роботі, є можливість використовувати в якості навантаження їх резонансних систем як хвилеводних, так і хвилеводно-щілинних ліній передачі.

Експериментальні результати

На рис. 1а представлена конструкція 2-х діодного ГМ на фіксовану частоту, який виконано з використанням

хвилеводно-щілинної лінії передачі. Такий ГМ представляє собою відрізок прямокутного хвилеводу, в Е-площині якого встановлена металева пластина 1 із Т-образною щілиною 2. На боковій поверхні металевої пластини 1, що виконує одночасно роль тепловідводу, методами гібридно-інтегральної технології виконана резонансна система квазізосередженого типу, яка включає два безкорпусних діода 3 з негативним динамічним опором; два термокомпенсуючих конденсатора 4 (C_K) з відповідним значення діелектричної сталої, що включені безпосередньо в резонансну систему ГМ; відрізки провідників 5, 6, що з'єднують ЛПД відповідно з C_K та фільтрами кола живлення, що виконанні з протилежної сторони Т-образної щілини на бічній поверхні металевої пластини 1 методами тонкоплівкової технології ($U_{Г1}$, $U_{Г2}$ – напруги джерел живлення ЛПД).



а б
Рис.1

типу, яка включає два безкорпусних діода 3 з негативним динамічним опором; два термокомпенсуючих конденсатора 4 (C_K) з відповідним значення діелектричної сталої, що включені безпосередньо в резонансну систему ГМ; відрізки провідників 5, 6, що з'єднують ЛПД відповідно з C_K та фільтрами кола живлення, що виконанні з протилежної сторони Т-образної щілини на бічній поверхні металевої пластини 1 методами тонкоплівкової технології ($U_{Г1}$, $U_{Г2}$ – напруги джерел живлення ЛПД).

Підвищення ТСЧ розробленого ГМ досягається за рахунок забезпечення умов взаємного балансу між дією суми усіх дестабілізуючих факторів, серед яких найбільш впливовим є температурна залежність еквівалентної ємності ЛПД, та дією конденсаторів C_K . На рис. 1б наведені залежності абсолютного відходу частоти Δf такого ГМ (номінальна частота 61,5 ГГц при температурі 20°C) від зміни температури оточуючого середовища від -40°C до +80°C для різних значень температурного коефіцієнту діелектричної стали α_ϵ термокомпенсуючих конденсаторів C_K : 1 - $\alpha_\epsilon=0$ (компенсація відсутня); 2 - $\alpha_\epsilon=-200 \cdot 10^{-6}$ (режим недокомпенсації); 3 - $\alpha_\epsilon=-370 \cdot 10^{-6}$ (режим недокомпенсації); 4 - $\alpha_\epsilon=-400 \cdot 10^{-6}$ (режим оптимальної компенсації); 5 - $\alpha_\epsilon=-425 \cdot 10^{-6}$ та 6 - $\alpha_\epsilon=-600 \cdot 10^{-6}$ (режим перекомпенсації). При використанні режиму оптимальної компенсації (крива 4) коефіцієнт температурної чутливості частоти ГМ в діапазоні від -40°C до +80°C не перевищує по модулю 0,35 МГц/град, що в 10 і більш разів менше, ніж при повній її відсутності (крива 1) і еквівалентно підвищенню ТСЧ ГМ відповідно в 10 і більш разів. Цей ефект стає ще більшим при зменшенні температурного діапазону роботи ГМ, наприклад, при зміні робочих температур від +10°C до +80°C, коли його коефіцієнт температурної чутливості частоти вже не перевищує по модулю 90 кГц/град, що відповідає підвищенню ТСЧ вже в 50 і більш разів. Суттєве підвищення ТСЧ розробленого ГМ досягнуто також за ра-

хунок використання режиму оптимальної компенсації, коли його коефіцієнт температурної чутливості частоти має знакозмінний характер відносно номінального значення температури оточуючого середовища ($T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$), що еквівалентно (додатково) зменшенню діапазону абсолютного відходу частоти ГМ в два рази.

Слід зауважити, що розрахунок параметрів запропонованих ГМ виконувався з використанням спеціально розроблених для цієї мети математичних моделей, які дозволяють враховувати вплив як компенсаційних механізмів стабілізації частоти, так і факторів, що дестабілізують параметри ГМ при змінній температурі оточуючого середовища. Враховувався вплив практично усіх елементів конструкції ГМ, що мали хоча б будь-який помітний вплив на ТСЧ. Результати вимірювань температурної чутливості частоти макету ГМ на фіксовану частоту, в якому в якості діелектрика конденсаторів C_K використовувався матеріал *RT/duroid 6010LM* з $\alpha_{\epsilon} = -425 \cdot 10^{-6}$ [5], практично співпали з розрахунковими даними, що підтвердило адекватність розроблених математичних моделей, а значить і правомірність їх застосування в програмах розрахунків параметрів запропонованих ГМ.

Що стосується широкодіапазонного ГМ, в якому зміна частоти здійснюється за допомогою варакторів, то його конструкція, наведена на рис. 2а. Резонансна система такого ГМ це резонансна система квазі-зосередженого типу, що виконана методами гібридно-інтегральної технології на боковій поверхні металевої пластини 1, яка встановлена в E -площині прямокутного хвилеводу і має T -образну щілину 2. До складу резонансної системи ГМ входить два безкорпусних діода з негативним динамічним опором 3 (ЛПД), що встановлені безпосередньо на металевій пластині 1, яка одночасно виконує і функції тепловідводу; два безкорпусних варактора 4, які встановлюються на фільтр кола живлення 5 (U_{B12} – напруга джерела живлення варакторів), що виконаний, як і два інших фільтра кола живлення 6 ($U_{Г1}, U_{Г2}$ – напруги джерел живлення ЛПД) на протилежній стороні T -образної щілини, методами тонкоплівкової технології; відрізки провідників 7 та 8, що з'єднують ЛПД відповідно з варакторами 4 та з фільтрами кола живлення 6; термокомпенсуючі конденсатори 9 (C_{K1}) та 10 (C_{K2}), що з'єднанні відрізками провідників 11 та 12 відповідно з варакторами та ЛПД.

В конструкціях широкодіапазонних ГМ підвищення ТСЧ може досягатися як при сумісному, так і при роздільному використанні термокомпенсуючих конденсаторів C_{K1} та C_{K2} , тобто в його конструкції допускається можливість використання лише одного з двох термокомпенсуючих конденсаторів. Крім того, допускається можливість використання термокомпенсу-

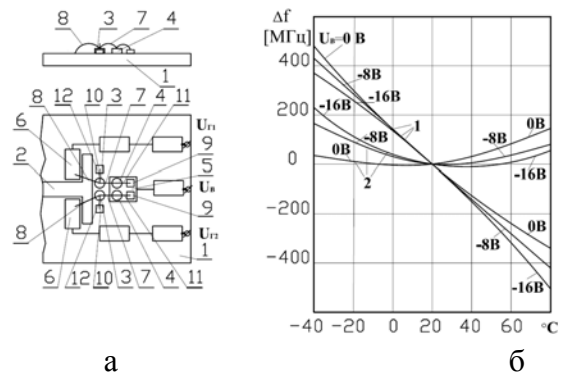


Рис.2

ючих конденсаторів C_{K1} та C_{K2} з різними значеннями температурного коефіцієнту діелектричної сталості

На рис. 2б представлені залежності абсолютного відходу частоти Δf широкодіапазонного ГМ (номінальна частота $f_{ном}$ відповідає температурі $20\text{ }^\circ\text{C}$) від зміни температури $T\text{ }^\circ\text{C}$ оточуючого середовища від $-40\text{ }^\circ\text{C}$ до $+80\text{ }^\circ\text{C}$ для різних значень напруги на варакторах ($U_{B1}=U_{B2}= 0\text{В}; -8\text{ В}; -16\text{ В}$). Дані приведені для 4-х діодного широкодіапазонного ГМ, в якому зміна частоти здійснюється в межах 64-71 ГГц. Криві 1 - повна відсутність температурної компенсації, криві 2 - режим оптимальної температурної компенсації ГМ. В діапазоні температур від $-40\text{ }^\circ\text{C}$ до $+80\text{ }^\circ\text{C}$ зменшення коефіцієнту температурної чутливості частоти широкодіапазонного ГМ при використанні термокомпенсуючих конденсаторів C_{K1} та C_{K2} складає в усьому частотному діапазоні в середньому 2 і більш разів. Як і в ГМ на фіксовану частоту, коефіцієнт температурної чутливості частоти даного ГМ при використанні режиму оптимальної компенсації має знакозмінний характер відносно номінального значення температури оточуючого середовища ($T=20\text{ }^\circ\text{C}$), що забезпечує додаткове підвищення ТСЧ ГМ.

Висновки

В запропонованих конструкціях ГМ мм-діапазону задачі по підвищенню рівня потужності та забезпеченню високої температурної стабільності частоти вихідного сигналу вирішені простими та ефективними способами, при цьому рівень коефіцієнту корисної дії щодо складання потужностей окремих діодів з негативним динамічним опором сягає майже 100%, а коефіцієнт температурної чутливості частоти ГМ, завдяки використанню метода пасивної параметричної стабілізації частоти з прямою компенсацією дестабілізуючих факторів, може бути зменшений в декілька разів у широкодіапазонних ГМ, та в десятки разів у ГМ на фіксовану частоту.

Література

1. Multichip IMPATT power combining, a summary with new analytical and experimental results/ С.Т. Rucker et al.// IEEE Trans. MTT.-1979. Vol.MTT-27.Dec.P.951-957.
2. Анализ многодиодных ЛПД-генераторов с варикапной перестройкой частоты /С.Ф.Каштанов // Изв.вузов. Сер. Радиоэлектроника.-1985.-Т.28, N10.- С85-87.
3. Интегральные генераторные модули КВЧ диапазона с повышенной температурной стабильностью частоты /С.Ф.Каштанов, В.П.Гололобов, В.С.Косинский // Изв. Вузов. Сер. Радиоэлектроника.-1998.-Т.41, №3.-С.55-62.
4. Cohen L.D., Sard E. Advances in microwave and mm-wave oscillator and VCO technology challenge system designers creativity //Microwave J.-1990.V. 33.No.11. P.151, 153-157.
5. <http://www.rogerscorporation.com/mwu/pdf/6000data.pdf>.

Каштанов С.Ф., Гололобов В.П. Интегральные генераторные модули миллиметрового диапазона Представлены конструкции интегральных генераторных модулей мм-диапазона с суммированием мощности отдельных диодов и пассивной параметрической стабилизацией	Kashtanov S.F., Gololobov V.P. Millimeter wave integrated generating modules The designs of integrated generating modules of a millimeter range with summation of capacity of separate diodes and passive parametrical stabilization are submitted
--	---