

ХВИЛЕВІДНО-ПЛАНАРНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ З ПРОСТОРОВИМ СУМУВАННЯМ ПОТУЖНОСТІ ДІАПАЗОНУ ЧАСТОТ 30–40 ГГц

Омеляненко М. Ю., ст. викл.; Правда В. І., к.т.н., професор;

Романенко Т. В., магістр

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Просторове сумування потужності (ПСП) являється ефективним методом отримання значних потужностей на частотах міліметрового діапазону довжин хвиль [1]. Підсилювачі з просторовим сумуванням, однак, виявляються ефективними і для потужностей 10~20 дБм, тому що дозволяють досягти необхідного результату, використовуючи бюджетні монолітні схеми малопотужних підсилювачів. Запропонований в даній роботі суматор відповідає всім вимогам до таких пристроїв – високої ефективності сумування потужності, відтворюваності характеристик і малої вартості.

Електродинамічною основою розробленого в даній роботі підсилювача являється компланарна мікросмужкова лінія (*coplanarstripline, CPS*), а власне активна частина підсилювача подібна використаній в [2]. Однак на відміну від [2] для збудження *CPS* зі стандартного прямокутного хвилеводу використовувались не плавні переходи з проміжними секціями хвилевідно-щільної лінії, а поздовжньо-зондові, що забезпечують широку смугу узгодження при значно менших поздовжніх розмірах і втратах. Топологія переходу зображена на рис.1, основні розміри приведені в табл. 1, а на рис. 2 зображена частотна залежність зворотних втрат (розрахунки проведені в програмному пакеті “*CSTMicrowaveStudio*”, точки – результати вимірювань).

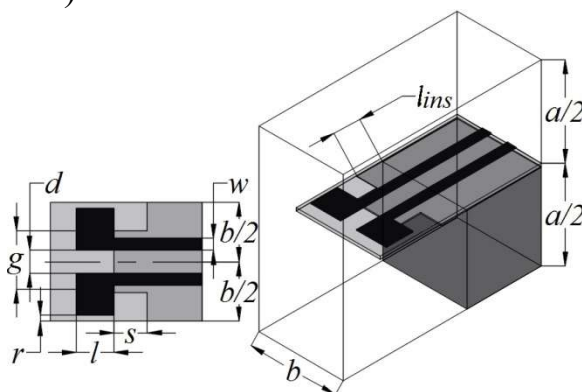


Рисунок 1. Топологія поздовжньо-зондового переходу на *CPS*

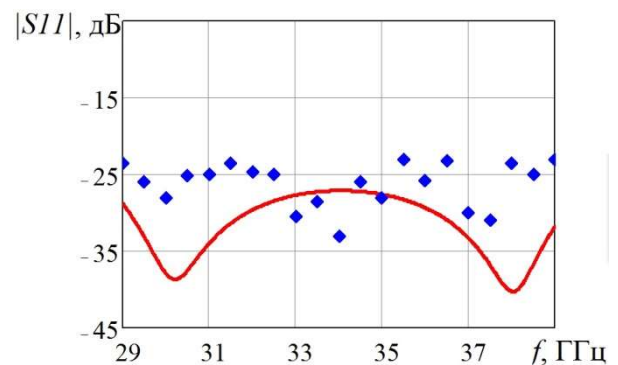


Рисунок 2. Частотна залежність зворотних втрат переходу на *CPS*

Таблиця 1

a, мм	b, мм	w, мм	d, мм	g, мм	r, мм	s, мм	l, мм	l_{ins}
7.2	3.4	0.345	0.65	1.75	0.18	0.95	1.08	1.5

Друкована структура була виконана на полімерному армованому матеріалі з діелектричною проникністю $\epsilon=2.2$, товщиною $d=120$ мкм і шарами двохсторонньої металізації товщиною $t_m=35$ мкм. Як видно з рис.1, половина хвильовдної камери, що прилягає до земляної поверхні СРС, на деякій відстані l_{ins} від початку регулярної лінії повністю схлопується, що є типовим для хвильовдно-планарної технології побудови пристроїв, коли власне хвильовід використовується в якості електродинамічної системи для реалізації фільтрів з малими втратами, вентилів і циркуляторів, елементів зв'язку з антеною і т.п.

Одним з найбільш важливих параметрів ПСП є ефективність складання потужності η . Приймаючи до уваги сказане, для розробленого підсилювача її оцінку варто проводити, порівнюючи коефіцієнт підсилення ПСП з цією ж величиною для тестового підсилювача на одному активному елементі. З цією метою такий підсилювач був виготовлений на підкладинці тієї ж довжини з максимально короткими переходами на звичайну мікросмушкову лінію, виконаними в рамках тієї ж ідеології побудови.

Топологія розробленого підсилювача зі встановленими активними елементами зображена на рис. 3а. В якості них були використані монолітні інтегральні підсилювачі *СНА-2494-QЕС (UMC)*. Напряга живлення подається через отвори в підкладинці і хвильовдній камері. Тут же (рис. 3б) зображена топологія тестового підсилювача на одній використовуваній мікросхемі. Видно, що, хоча обидві підкладинки мають однакову протяжність ($L=17$ мм), протяжність підвідних ліній в суматорі більша, що при повній симетрії каналів являється причиною зниження його ККД η .

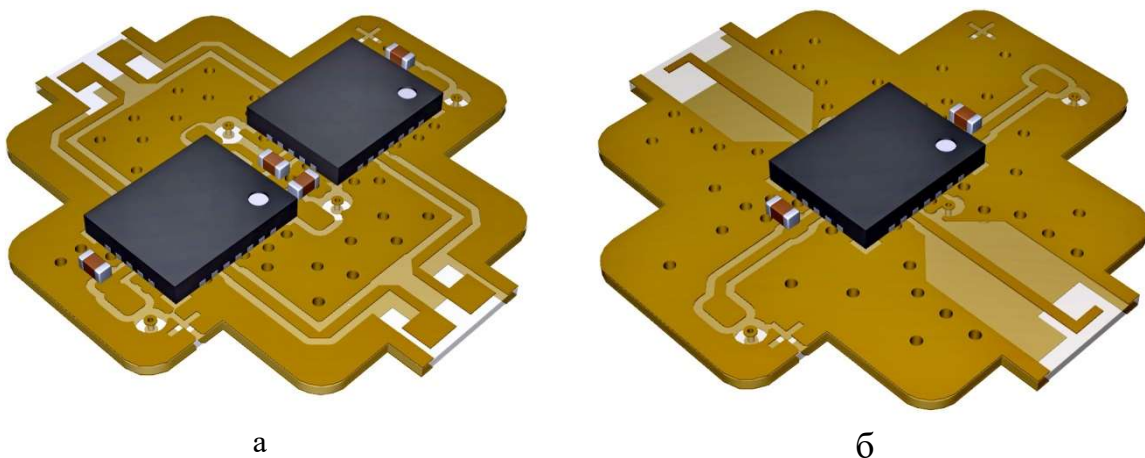


Рисунок 3. Топології розроблених підсилювачів: а – підсилювача з ПСП, б - тестового підсилювача

Виміряні частотні характеристики суматора потужності ($\blacktriangle\blacktriangle\blacktriangle$) і тестового підсилювача ($\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge$) зображені на рис. 4. Тут же точками зображена характеристика з технічного опису використовуваного підсилювача. Видно,

що розбіжність в коефіцієнтах передачі ПСП і тестового підсилювача в області частот, де характеристики зворотних втрат переходів співставимі, дорівнює приблизно 0.7 дБ, що відповідає значенню ККД $\eta=85\%$.

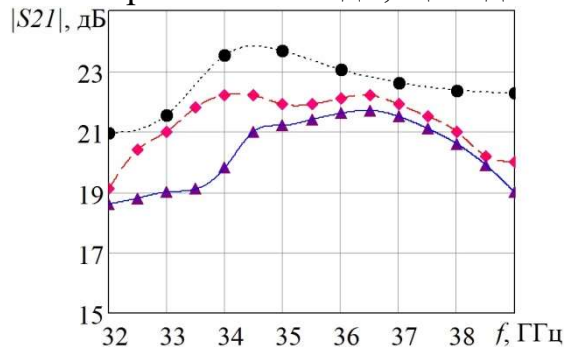


Рисунок 4. Амплітудно-частотні характеристики розроблених підсилювачів

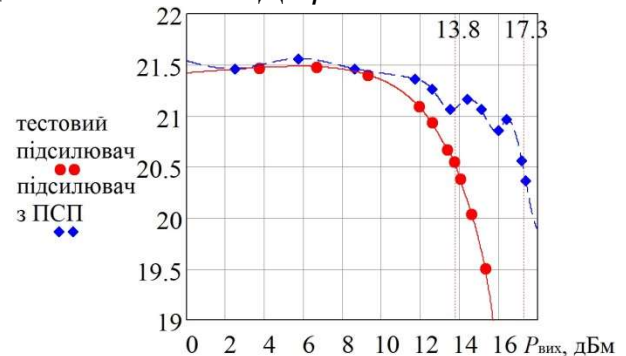


Рисунок 5. Амплітудні характеристики розроблених підсилювачів

На рис. 5 зображені залежності коефіцієнта підсилення обох підсилювачів від рівня вихідної потужності. Видно, що зразки відрізняються на рівню одноступенчатої компресії підсилення на 3.5 дБ, що на 0.5 дБ перевищує очікувану величину 3 дБ. Це перевищення не пояснюється помилкою при вимірюваннях і може бути пов'язано зі схемотехнікою ПСП, де підсилення потужності відбувається в протифазних плечах.

Розроблений підсилювач успішно був використаний в якості підсилювача тракту гетеродинаї вихідного підсилювача потужності прийомопередавача РРЛ міліметрового діапазону.

Перелік посилань

1. Sechi F. Solid-State Microwave High-Power Amplifiers / F. Sechi, M. Bujatti // ArtechHouse. — 2009. — P. 315.
2. Jeong J. 1.6- and 3.3-W Power-Amplifier Modules at 24 GHz Using Waveguide-Based Power-Combining Structures / J. Jeong, Y. Kwon, S. Lee, C. Cheon, E. A. Sovero // IEEE Trans. on MTT. — 2000. — Vol. 48, No. 12. — P. 2700–2708.

Анотація

Представлені результати розробки підсилювача з просторовим сумуванням потужності діапазону частот 30–40 ГГц. На відміну від діючих конструкцій в пристрої використовуються запропоновані поздовжньо-зондові переходи від прямокутного хвилеводу до компланарної мікросмужкової лінії, завдяки чому вдалося отримати високий ККД $\eta \approx 85$ в широкому діапазоні частот.

Аннотация

Представлены результаты разработанного усилителя с пространственным сложением мощности диапазона частот 30–40 ГГц. В отличие от существующих конструкций в устройстве используются предложенные продольно-зондовые переходы от прямоугольного волновода к компланарной микрополосковой линии, благодаря чему удалось получить высокий КПД $\eta \approx 85$ в широкой полосе частот.

Abstract

The waveguide type space-power combiner in the 30–40 GHz frequency band was designed. The new waveguide-to-CPS-waveguide enabled to reduce the transmission losses and to achieve the high efficiency of combining of the order of $\eta \approx 85$ at wide frequency band.