

УДК 621.372.54:534

Любомир Смеркло¹, Василь Шкоропад¹, Галина Кучмій²¹Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут²Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

СМУГОВІ ФІЛЬТРИ ПРОМІЖНОЇ ЧАСТОТИ НА ПОВЕРХНЕВИХ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЯХ ДЛЯ СУПУТНИКОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

© Любомир Смеркло, Василь Шкоропад, Галина Кучмій, 2000

Розглянуті результати розробки і виготовлення смугових фільтрів проміжної частоти для тюнерів супутникового телебачення.

The results of elaboration and production of band filter of intermediate frequency on surface acoustic waves for satellite television tuner are considered.

Смугові фільтри на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ) широко застосовують у радіо-електронній апаратурі, зокрема телевізійній. Особливо ефективним є використання фільтрів проміжної частоти на ПАХ для тюнерів супутникового телебачення.

До фільтрів, призначених для телевізійної апаратури, висувають жорсткі вимоги: до прямокутності, подавлення за смугою пропускання амплітудно-частотної характеристики (АЧХ), технологічності виготовлення.

Для досягнення високих значень параметрів фільтрів на ПАХ використовується метод, який орієнтований на розробку таких конструктивних рішень елементів обробки ПАХ і пристроїв в цілому, на параметри яких в можливо меншій мірі чинять вплив повторні ефекти і функціонування яких добре описують прості моделі [1].

Розроблений, виготовлений і досліджений смуговий фільтр першої проміжної частоти на ПАХ для тюнерів супутникового телебачення з параметрами; центральна частота 479,5 МГц, ширина смуги пропускання 28 МГц, нерівномірність затухання <1 дБ, гарантоване відносне затухання в смузі затримання > 45 дБ, коефіцієнт прямокутності по рівню 40/3 дБ < 1,7.

Як і будь-який функціональний пристрій, фільтр на ПАХ складається із передаючого і приймаючого перетворювачів. Середовищем для підтримки ПАХ служить п'єзоелектричний звукопровід, на полірованій робочій поверхні якого розміщуються зустрічно штирові перетворювачі (ЗШП).

При виборі матеріалу звукопроводу для фільтра в діапазоні частот 500 МГц із смугою пропускання 5,8 % керувались такими міркуваннями.

Роздільна здатність фотолітографічного устаткування, на яке ми орієнтувались, близько 2,5 мкм. Як показує простий розрахунок, це не забезпечує реалізації даного фільтра, за умови роботи перетворювачів на основній гармоніці, оскільки довжина ПАХ на цих частотах для звукопроводів, які серійно випускають, становить приблизно 6,5...8,3 мкм. Отже, необхідно використання вищих гармонік, що розширює відносну ширину смуги ЗШП на основній гармоніці в декілька разів. А це вимагає, для забезпечення прийнятних внесених втрат, використання більш сильних п'єзоелектриків, ніж кварц. Ми вибрали такий широко розповсюджений матеріал, як ніобат літію зрізу YZ. Як показує досвід, використання іншого розповсюдженого зрізу ніобату літію – YXL/127,86°, в цьому випадку менше

зручно, незважаючи на такі його незрівнянні переваги, як висока швидкість ПАХ і низький рівень збудження об'ємних акустичних хвиль. Річ в тому, що через більш високий коефіцієнт електромеханічного зв'язку на характеристиках багатоелектродних ЗШП в більшому ступені, ніж на зрізі YZ, позначаються такі повторні ефекти, як відбивання і регенерація ПАХ. Цей зріз відрізняється і більш високим розкидом швидкості ПАХ від зразка до зразка, що особливо суттєво на таких високих частотах.

Для реалізації фільтра досліджена можливість використання структури, яка містить аподизований ЗШП з металізованою пасивною частиною і неаподизований проріджений перетворювач з екраном між ними. Вхідний аподизований ЗШП розрахований для збудження на третій гармоніці. Він містить розщеплені електроди для зменшення відбивань ПАХ. Це необхідно при великій кількості електродів навіть в аподизованих ЗШП з металізованою пасивною частиною. Вихідний проріджений перетворювач, який володіє значною частотною вибірковістю, дозволяє досягнути великого позасмугового подавлення, ніж в структурі аподизований – неаподизований ЗШП. Для того, щоб фільтр не мав паразитної смуги пропускання, яка відповідає основній гармоніці ЗШП, неаподизований проріджений перетворювач збуджується на іншій гармоніці – другій. Це можливо, якщо ЗШП має структуру «три електроди на період». Така структура забезпечує низький рівень відбивань ПАХ без розщеплення електродів.

Недоліком аподизованого перетворювача з металізованою пасивною частиною є неоднорідність його структури – різний ступінь металізації уздовж апертури. Через відмінності швидкостей ПАХ на металізованій і вільній поверхні п'єзоелектрика фазовий фронт випроміненої ПАХ стає неплоским. Це призводить до спотворень частотних характеристик і групового часу затримки.

Для усунення спотворень частотних характеристик і групового часу затримки використовуємо аподизований перетворювач, в якого границя області перекриття електродів виконана в формі двох несиметричних суміжних контурів, сполучених по електродах з максимальним ступенем перекриття. Кут α між поздовжніми осями симетрії ділянок електродів аподизованого ЗШП, які розміщені поза областю перекриття (пасивні електроди) і ділянок електродів, які розміщені в області перекриття, вибрані із виразу

$$\alpha = 1/2 \operatorname{arctg} b/a, \quad (2)$$

де b – акустична апертура неаподизованого ЗШП; a – відстань між неаподизованим і аподизованим ЗШП.

Аподизація в ЗШП виконана за законом парної функції $\operatorname{sinc} x$, зрізаної симетрично по будь-яких нулях із зміщеними боковими пелюстками уздовж апертури (див.рис.1).

Для забезпечення позасмугового подавлення фільтра, близького до розрахункового, необхідно подавити сигнали, які зумовлені об'ємними акустичними і електромагнітними хвилями. Для їх подавлення використовується грубе шліфування нижньої поверхні звукопроводу в поєднанні з акустичним поглиначем.

Розроблений, виготовлений і досліджений смуговий фільтр другої проміжної частоти на ПАХ з параметрами: центральна частота 70 МГц, ширина смуги пропускання 27 МГц, нерівномірність затухання < 1 дБ, гарантоване відносне затухання в смузі затримання > 40 дБ, коефіцієнт прямокутності по рівню $35/3$ дБ $< 1, 3$.

Аналіз викладених вище параметрів дозволяє охарактеризувати фільтр так: широко-смуговий фільтр (смуга 38,5 %) з жорсткими вимогами на прямокутність і нерівномірність АЧХ, помірним подавленням в смузі затримання. Широка смуга і не дуже жорсткі вимоги на стабільність центральної частоти визначають вибір матеріалу звукопроводу: найбільш прийнятним стає ніобат літію зрізу $YXL/127,86^\circ$. Ніобат літію зрізу $YXL/127,86^\circ$ є достатньо сильний п'єзоелектрик, що стає перевагою для широкосмугових малоелектродних перетворювачів, а також має низький рівень збудження об'ємних акустичних хвиль.

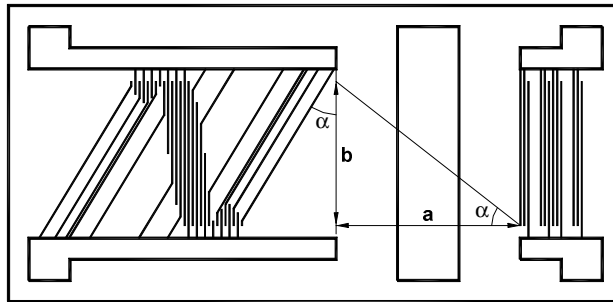


Рис. 1. Структура фільтра з центральною частотою 479,5 МГц

Для реалізації фільтрів в діапазоні відносних частот 10...50%, для яких форма АЧХ в смузі пропускання більш суттєва, ніж подавлення поза смугою пропонується структура із двох ЗШП віяльного типу, які працюють на основній гармоніці і з екраном між ними (рис. 2). Недоліком таких перетворювачів є високий рівень бокових пелюстків АЧХ.

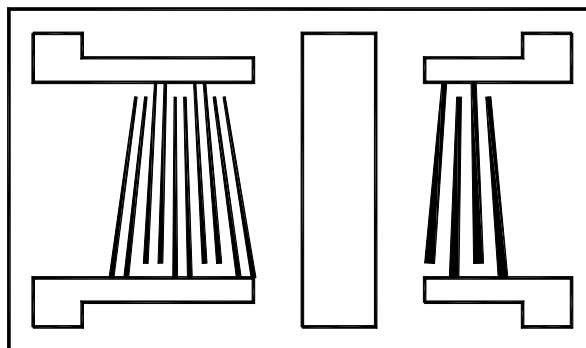


Рис.2. Структура фільтра з центральною частотою 70 МГц

Використання віяльних вхідного і вихідного ЗШП, які мають різну протяжність (1:0,8) дозволяє збільшити позасмугове подавлення для забезпечення необхідних вимог. Для зменшення сигналів, зумовлених відбиванням ПАХ від електродів застосовуються розщеплені електроди вхідного ЗШП, що достатньо для задоволення заданої нерівномірності АЧХ.

Вибір технології виготовлення фільтрів проміжних частот для тунерів супутникового телебачення проводився, зважаючи на їх призначення і конструктивні особливості. Однією із вимог, яка ставиться до фільтрів, є їх невисока вартість. Невисоку вартість виробів мікроелектроніки можна забезпечити тільки лише за умови групової технології виготовлення.

Оптимальним варіантом при виготовленні фільтрів стає використання технологічної бази напівпровідникового виробництва. В якості підкладок пропонується використовувати диски ніобату літію зрізів YZ і $YXL/127,86^\circ$ діаметром 76 мм завтовшки 0,8 мм.

Для захисту від зовнішніх впливів п'єзоелектричні підкладки, на яких розміщені структури фільтрів на ПАХ, розміщують у корпуси.

Для фільтрів застосовують два типи корпусів: пластмасові з планарними виводами і металоскляні. Пластмасові корпуси з планарними виводами добре вписуються в планарну технологію інтегральних схем, технологічні і дешеві. Металоскляні корпуси із штирковими виводами мають розв'язку входу і виходу - 70...75 дБ і впроваджені в серійне виробництво.

На рис. 3, 4 показані експериментальні АЧХ розроблених фільтрів. Втрати становлять 12...15 дБ без використання узгоджених елементів.

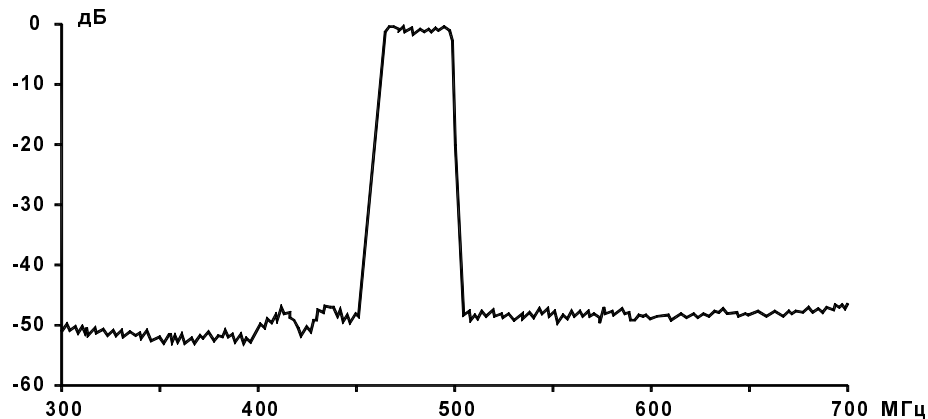


Рис. 3. АЧХ фільтра з центральною частотою 479,5 МГц

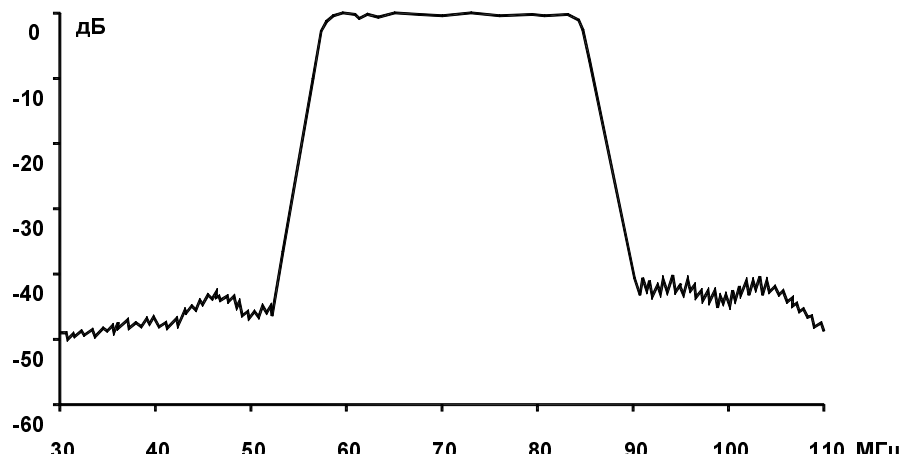


Рис. 4. АЧХ фільтра з центральною частотою 70 МГц

Для проектування фільтрів проміжної частоти на ПАХ для тюнерів супутникового телебачення розроблений на базі комплексу ПЕОМ типу IBM PC пакет прикладних програм, який дозволяє проводити аналіз і синтез конструкцій, розрахунок електричних і топологічних параметрів, підготовку управляючої інформації для виготовлення фотошаблонів на фотонабірній установці та випуск конструкторсько-технологічної документації.

1. Смеркло Л.М., Шкоропад В.П., Кучмій Г.І. Фільтри на поверхневих акустичних хвилях діапазону НВЧ // Вісн. ДУ «Львівська політехніка». – 2000, N387. – С.346 – 354. 2. А.с. 1517721 ССРСР, 1989. Полосовой фильтр на поверхностных акустических волнах / Л.М. Смеркло, З.Ю. Готра, Б.Т. Семен, Ю.Г. Вульчин, В.Ф. Шкоропад, М.Й. Николишин.