



Пристрої обробки сигналів на основі електромагнітнокристалічних неоднорідностей складної форми

*звіт першого року навчання в аспірантурі
НТУУ «КПІ» за спеціальністю 05.12.17 —
Радіотехнічні та телевізійні системи*

Аспірант: Біденко Павло Сергійович

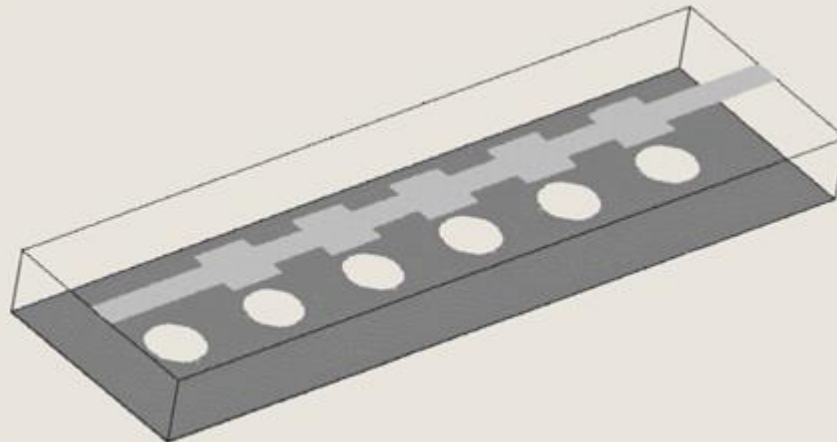
Науковий керівник: д.т.н., проф. Нелін Євгеній Андрійович

5 листопада 2014

Електромагнітні кристали



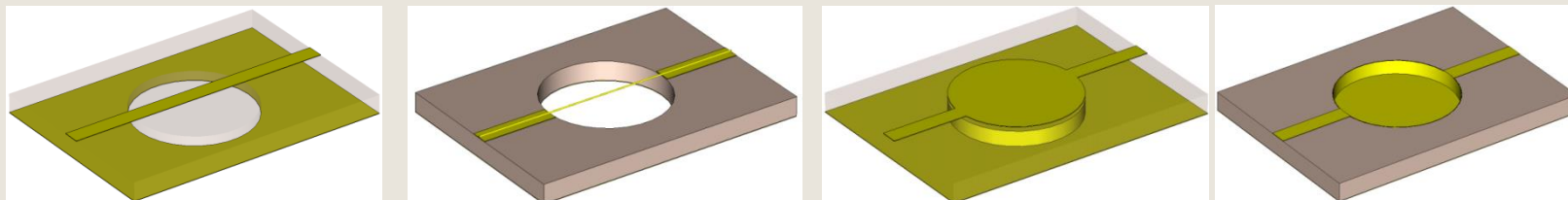
Кристалоподібні структури, що характеризуються особливими спектральними властивостями, широко досліджують для пристроїв обробки сигналів. Один з нових напрямків в конструюванні мікросмужкових пристроїв, що розвивається найбільш інтенсивно, — застосування **електромагнітних кристалів**. Аналогія з природними кристалами обумовлена вузловою періодичністю кристалоподібних структур і тим, що у вузлах розташовані неоднорідності зі значним впливом на хвилю.



ЕК-неоднорідності

Тривимірним неоднорідностям можуть відповідати декілька конструктивних рішень:

- отвори в металізації і наскрізні або ненаскрізні отвори в діелектричній основі
- ненаскрізні металізовані отвори в діелектричній основі
- наскрізні або ненаскрізні отвори в діелектричній основі, заповнені діелектричним матеріалом з діелектричною проникністю, відмінною від діелектричної проникності основи

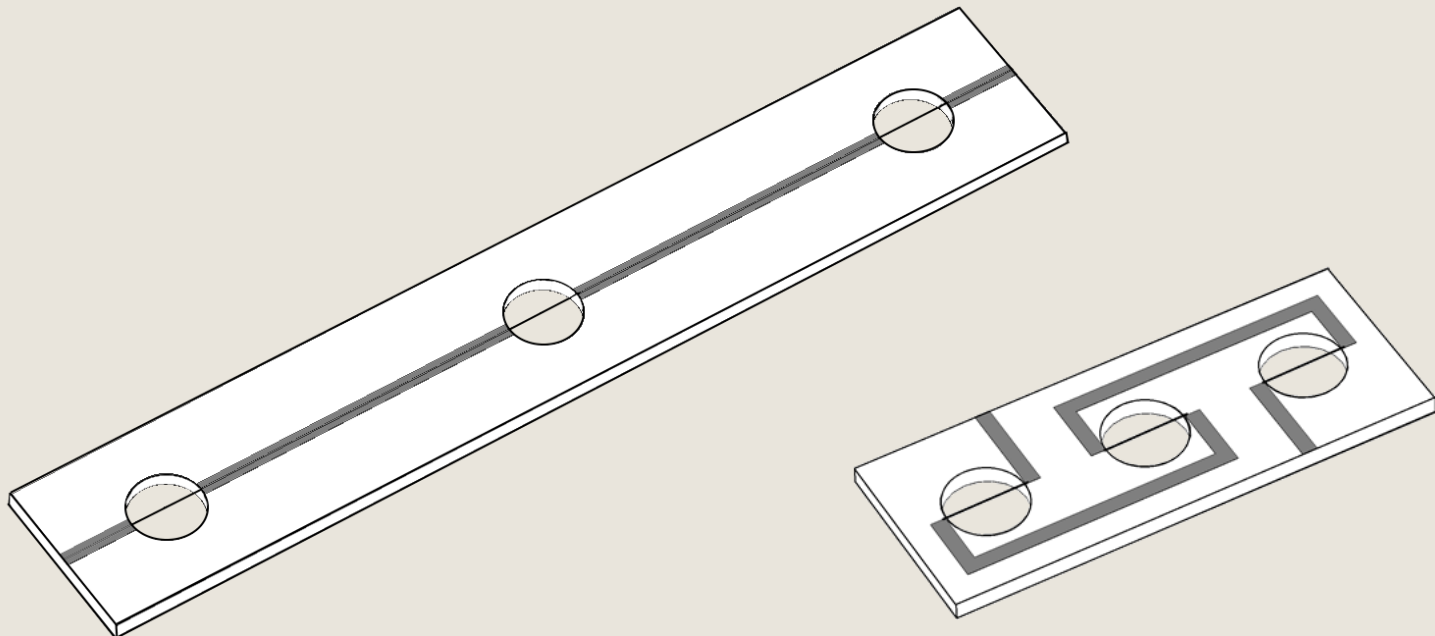


- А.И. Назарько Высокоизбирательный электромагнитный кристалл / А.И. Назарько, Е.А. Нелин, В.И. Попсуй, Ю.Ф. Тимофеева / Журнал технической физики, 2010. — т. 80. — № 4. — С. 138-139.
- А.И. Назарько Электромагнитные кристаллы на основе низкоомных неоднородностей / А.И. Назарько, Е.А. Нелин, В.И. Попсуй, Ю.Ф. Тимофеева / Журнал технической физики, 2011. — т. 81. — № 5. — С. 142-143.

Мінімізація габаритів



Було запропоновано замінити прямолінійні ділянки між неоднорідностями на взаємопов'язані П-подібні петлі, що охоплюють неоднорідності. Така петля ефективніша петлі меандру, оскільки на її окремих ділянках хвиля поширюється у напрямку, протилежному основному. Довжина прямої структури 82 мм, мінімізованої – 36 мм.



Задачі досліджень дисертації

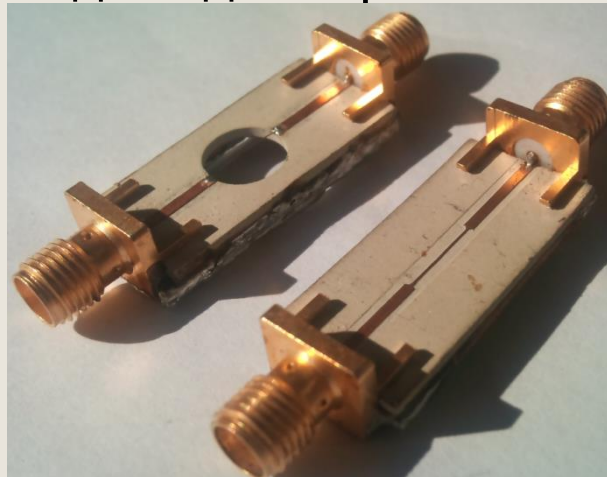


1. Зменшення габаритів ЕК-структур шляхом повторного використання хвильових областей.
2. Реалізація мікросмужкових квазісосереджених реактивностей на основі ЕК-неоднорідностей з суттєво більшими параметрами у порівнянні з традиційними.
3. Розробка технічних рішень пристроїв обробки сигналів на основі складних ЕК-неоднорідностей.

Результати першого року навчання



- Оформлена заявка на патент на корисну модель «Електромагнітнокристалічний пристрій» (u 2014 04464).
- Проведене дослідження, яке доводить можливість використання поодиноких тривимірних неоднорідностей в якості квазісосереджених індуктивностей та ємностей. За матеріалами дослідження готується стаття.
- Проведена робота щодо підвищення технологічності виготовлення ЕК-структур.
- Створено 4 нових дослідних зразка.



Квазізосереджені елементи



В низькочастотному наближенні ($l < \lambda/8$) широкий та вузький відрізки МСЛ еквівалентні ємності або індуктивності значення яких визначається формулами []:

$$C = \frac{l}{Z_l V_p} \quad L = \frac{Z_l l}{V_p}$$

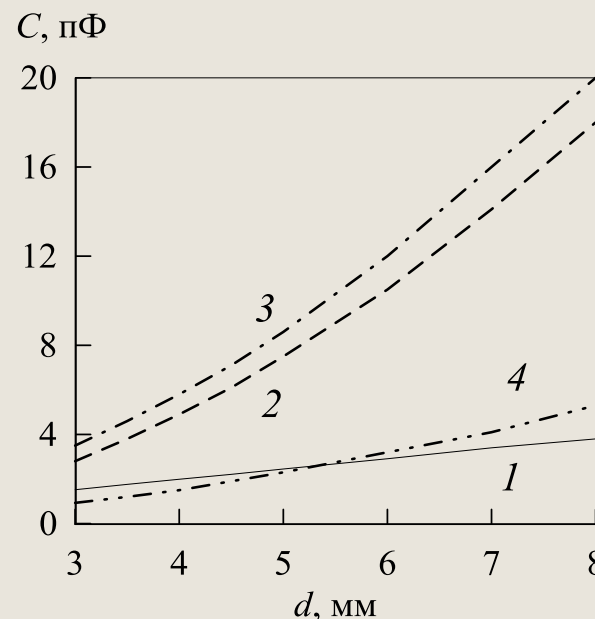
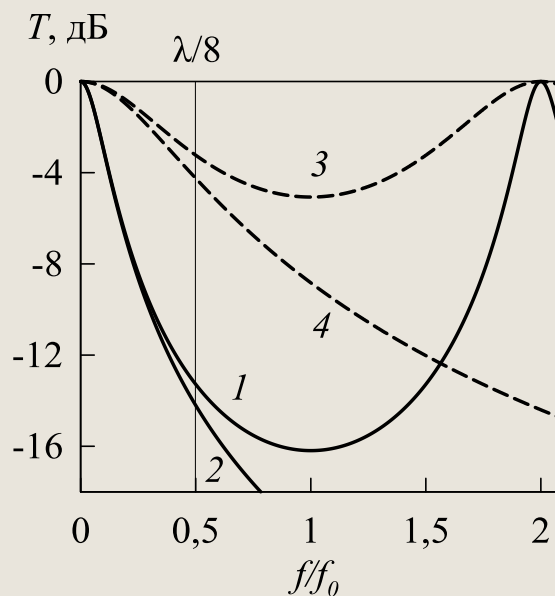
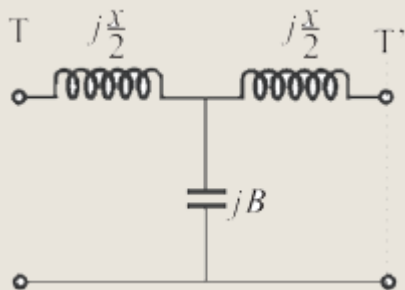
де Z – імпеданс неоднорідності, l – її довжина, V_p – фазова швидкість.

Зазвичай Z 10...100 Ом. Використання ЕК-неоднорідностей дозволяє розширити діапазон значень імпедансів. Для них Z 5...500 Ом.

Ємнісні квазізосереджені неоднорідності



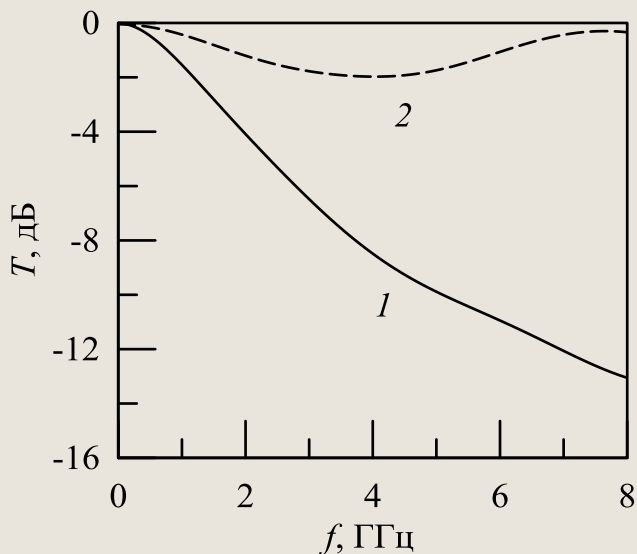
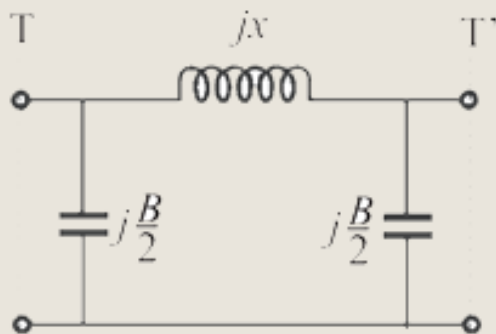
При використанні низькоімпедансної ЕК-неоднорідності з $Z_l = 3,9 \text{ Ом}$ було отримане значення еквівалентної ємності $C = 20 \text{ пФ}$. Традиційна плоска неоднорідність з такими розмірами має $Z_l = 14,4 \text{ Ом}$ та $C = 5,3 \text{ пФ}$. Характеристика проходження демонструє, що на довжинах хвиль менше $\lambda/8$ розбіжність значень для ємнісної ЕК-неоднорідності (1) та поодинокі квазізосередженої ємності (2) не перевищує 5,5%. Для традиційно



Індуктивні квазізосереджені елементи



При використанні високоімпедансної ЕК-неоднорідності з $Z_h = 460$ Ом було отримане значення еквівалентної квазізосередженої індуктивності $L = 13$ нГн. Традиційна плоска неоднорідність з такими розмірами має $Z_h = 100$ Ом та $L = 6,6$ нГн. Вплив імпедансу на значення еквівалентної індуктивності не такий значний як у ємнісних неоднорідностях у зв'язку з тим, що зі збільшенням імпедансу зменшується значення ε_{eff} . Для ЕК-неоднорідності $\varepsilon_{eff} = 1,14$, відповідне значення для традиційної структури дорівнює 6,13. Проте за рахунок зменшення ε_{eff} ми отримуємо більш широкосмугову характеристику.



Підвищення технологічності виготовлення ЕК-структур



Було виявлено:

- Недостатньо якісна пайка корпусу порту з шаром заземлення призводить до паразитних режекторних піків на довжинах хвиль, співрозмірних з розміром структури.
- Елементи пайки нависного провідника несуттєво впливають на характеристики поодиноких неоднорідностей та не впливають на характеристики періодичних структур.

Дослідні зразки



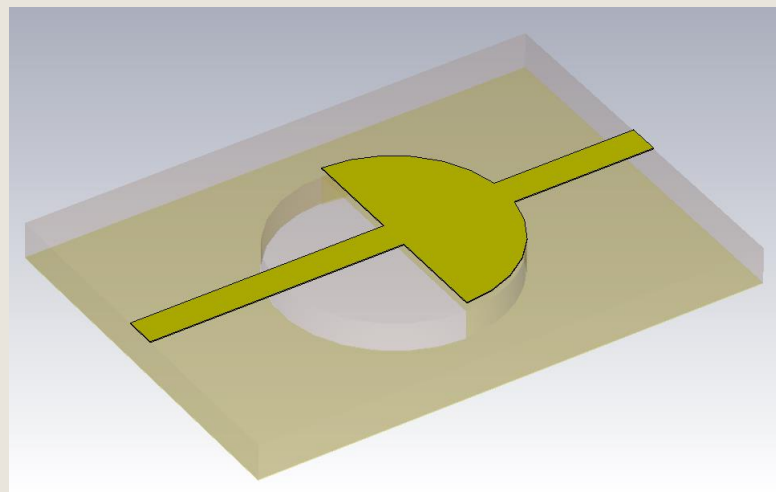
З урахуванням вищеперерахованих особливостей конструкції портів, а також використовуючи нові методи формування топології сигнального провідника були створені 4 дослідні зразки:

- Структура, що складається лише з 50-Омного сигнального провідника і використовується для калібрування вимірювального пристрою. Частотні характеристики даної структури дозволяють зрозуміти вплив технології виготовлення на характеристики інших структур.
- 2 структури, що містять традиційну плоску високоімпедансну секцію та відрізняються лише якістю формування топології.
- Структура, що має високоімпедансну ЕК-неоднорідність у формі наскрізного отвору над яким розміщено навісний сигнальний провідник.

Подальша робота



Далі в роботі планується використовувати складні комбіновані неоднорідності, які містять каскадне з'єднання низькоімпедансного та високоімпедансного елемента. Планується створити пристрій обробки сигналів на їх основі.





Дякую за увагу!