

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра радіотехніки**

**ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ
Магістерська кваліфікаційна робота
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Магістр»
за напрямком 8.050901 – Радіотехніка**

**Виконав:
студент 2 курсу, групи РТ– 15м
Олійник І.М.
Керівник: Осадчук В.С.**

ВНТУ Вінниця 2017р.

Мета

Покращення метрологічних параметрів перетворювачів температури на основі транзисторних структур з від'ємним опором.

Об'єкт дослідження

Процес перетворення теплової потужності у частотний сигнал на основі транзисторних структур з від'ємним опором.

Предмет дослідження

Статичні і динамічні характеристики мікроелектронних частотних перетворювачів теплової потужності з піроелектричними чутливими елементами на основі транзисторних структур з від'ємним опором.

Піроелектричні перетворювачі

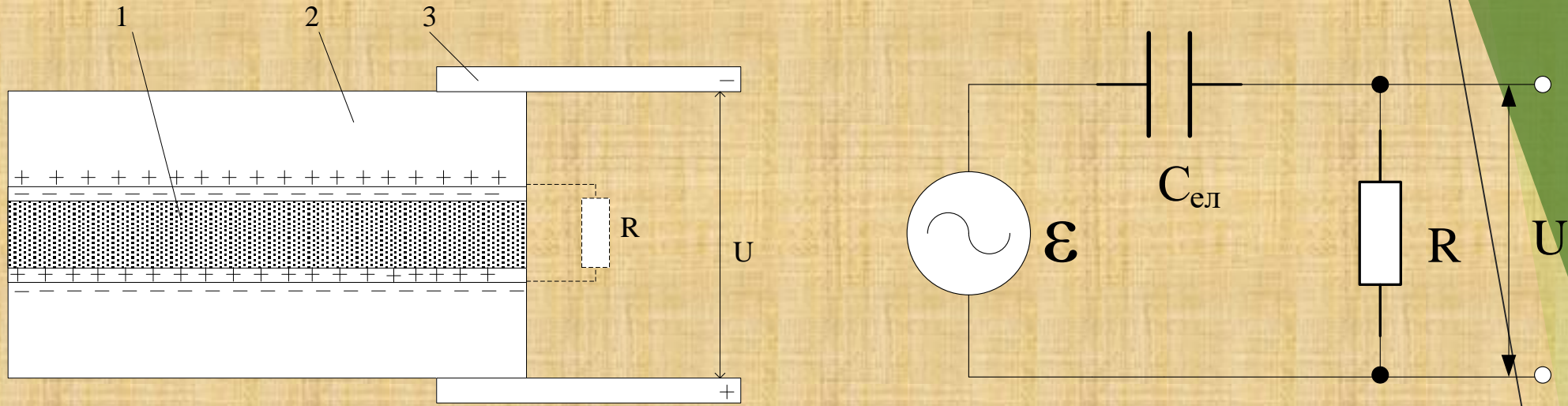


Рисунок 1.1 - Ввімкнення піроелектрика у зовнішнє коло (а) і його еквівалентна схема (б)

В піроелектричному перетворювачі полярний діелектрик використовується у вигляді пластини 1, покритої металічними електродами 2, до яких під'єднанні зовнішні виводи 3. Піроелектрик володіє об'ємною провідністю, врахованою опором втрат R.

Структурна схема перетворення в чутливому елементі більшості піроелектричних пристроїв складається з трьох етапів:

1. $W - \Delta T$: теплова дія W викликає зміну температури ΔT піроелектрика
2. $\Delta T - \Delta Q$: зміна температури ΔT зумовлює появу зарядів ΔQ на електродах піроелектрика.



Рисунок 1.2 - Структурна схема піроелектричних перетворювачів

3. $\Delta Q - U$: заряд ΔQ на електродах піроелектрика створює різницю потенціалів U , значення якої залежить від власної ємності піроелектрика та імпедансу навантаження.

По функціональному призначенню перетворювачі, побудовані по цій схемі є сенсорами. Дані сенсори є перетворювачами теплової потужності.

Сенсор потужності випромінювання

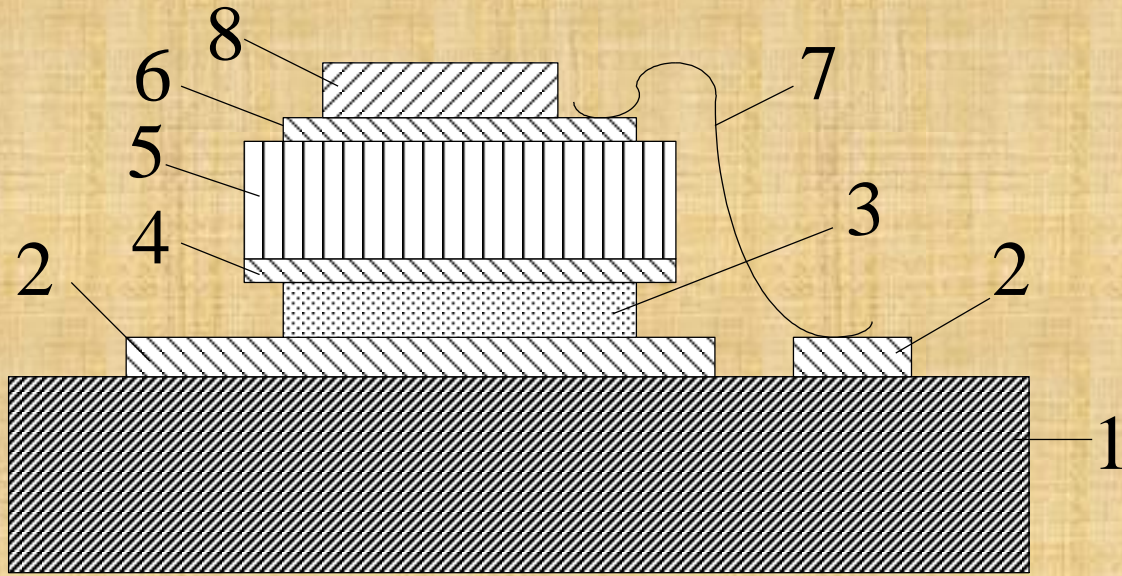


Рисунок 1.3 - Гібридна конструкція СПВ

- 1- ізолююча підкладка;
- 2 – доріжки, що проводять струм;
- 3 – клей, що проводить струм;
- 4 – металічна плівка – загальний контакт;
- 5 – піроелектричний матеріал;
- 6 – металічна плівка – сигнальний контакт;
- 7 – провідникова з'єднувальна перемичка;
- 8 – покриття, що поглинає випромінювання.

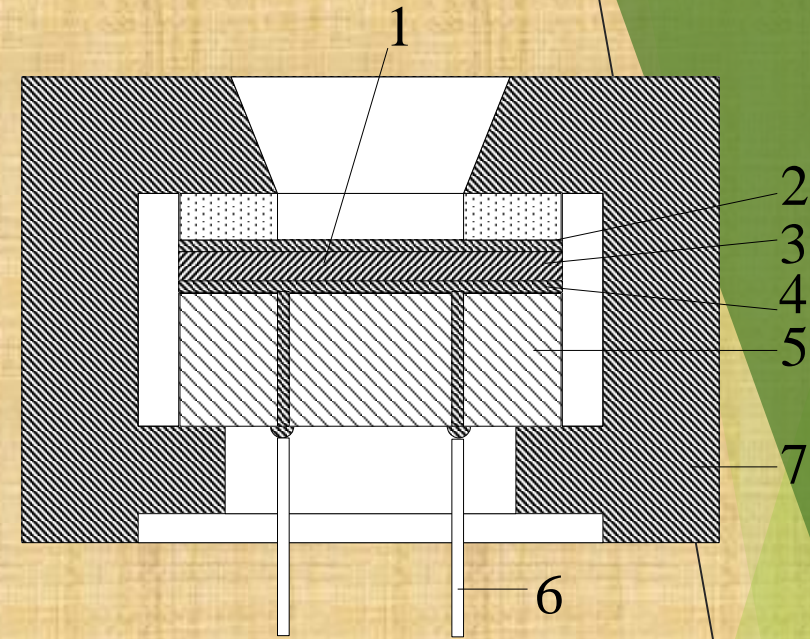


Рисунок 1.4 - Планарна конструкція СПВ

- 1 – падаюче випромінювання, що поглинається;
- 2 – кільцевий металічний перший електрод;
- 3 – плівка піроелектричного матеріалу;
- 4 – провідниковий шар, що слугує другим електродом;
- 5 – ізолююча підкладка з металізованими отворами;
- 6 – провідникові зовнішні виводи;
- 7 – металічний корпус, з'єднаний з першим електродом

Датчики потужності випромінювання

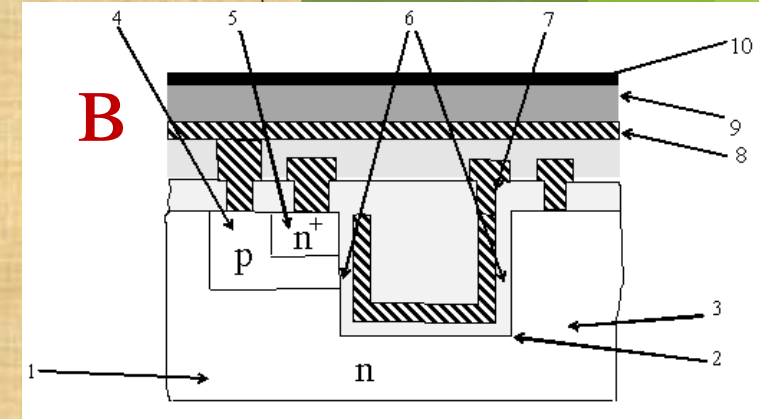
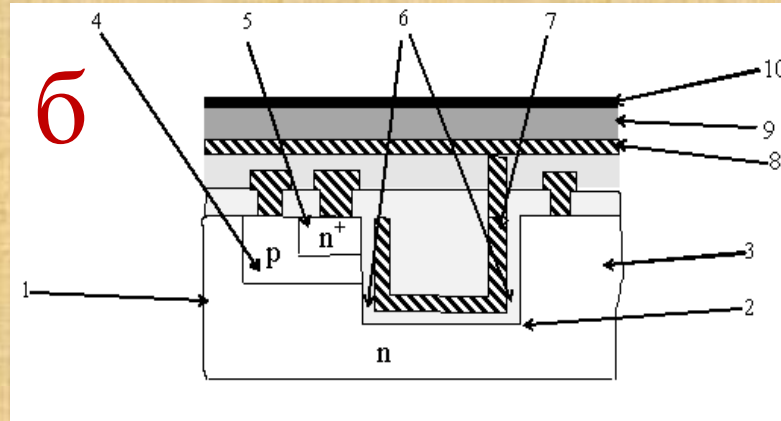
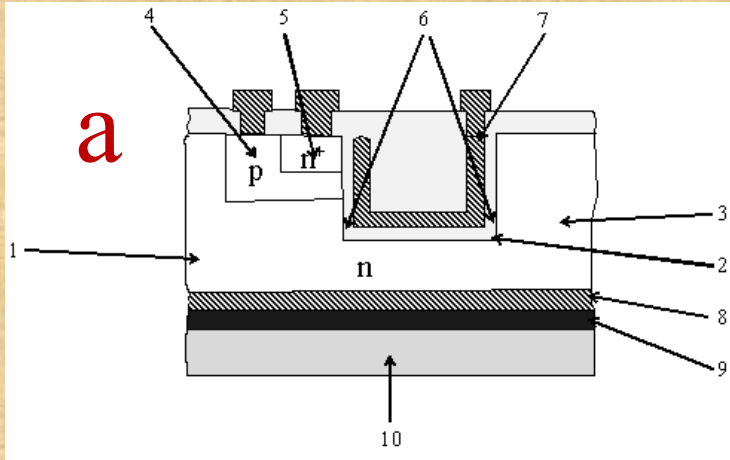


Рисунок 1.5 - Варіанти структур ДПВ

а) з ЧЕ і КЕ в ланцюзі колектора БТПК; б) з ЧЕ і КЕ в ланцюзі затвора БТПК; в) з ЧЕ і КЕ в ланцюзі бази БТПК.

Вимірювальний перетворювач містить підкладку 1, із кремнію n-типу з орієнтацією (100), на якій виконана ізопланарна транзисторна структура з бічною SiO_2 –ізоляцією, у якій за допомогою анізотропного травлення виконаний паз 2, дно якого розташоване в області колектора 3, а області бази 4 і емітера 5 обмежені однією зі стінок паза, на стінках паза сформований шар SiO_2 - 6 і додатковий польовий електрод – затвор 7. На колекторний контакт 8 послідовно наносяться шари піроелектрика 9 і металовуглицевого композита 10, що здійснюють перетворення потужності сигналу.

Класифікація перетворювачів теплової потужності

Класифікаційна ознака	Конструктивно-технологічні варіанти	Виробники
Матеріал піроелектрика	Кристалічні піроелектрики	1, 2, 3, 4
	Керамічні піроелектрики	5
	Тонкоплівкові полімерні піроелектрики	-
Кількість чутливих елементів	1 елемент	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
	2 елемента	1, 3, 5
	4 елемента	5
	Матриця елементів	1, 2, 5
Спосіб обробки вихідного сигналу	Пасивні	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
	Активні	1, 2, 3, 4, 5
Конструктивне виконання	Дискретні	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
	Гібридні	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
	Інтегральні	1, 2, 5
Спосіб теплоізоляції підсистеми «поглинач – піроелектрик»	Твердий ізолятор	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
	Повітряний ізолятор	1, 2, 5

1 – Infra Tec (Німеччина), 2 - Dias Angewandte (Німеччина), 3 – BAE Systems (Великобританія), 4 – Terahertz Technologies (США), 5 - Murata Manufacturing (Японія), 6 – Scientech (США), 7 – Sensor Physics (Великобританія).

Провідні позиції в області розробки піроелектричних ПТП займають такі компанії: Infra Tec, Dias Angewandte (Німеччина),

Murata Manufacturing (Японія). З іншого боку в якості запатентованих конструкцій піроелектричних ПТП домінують США (рисунок 1.20) [39].

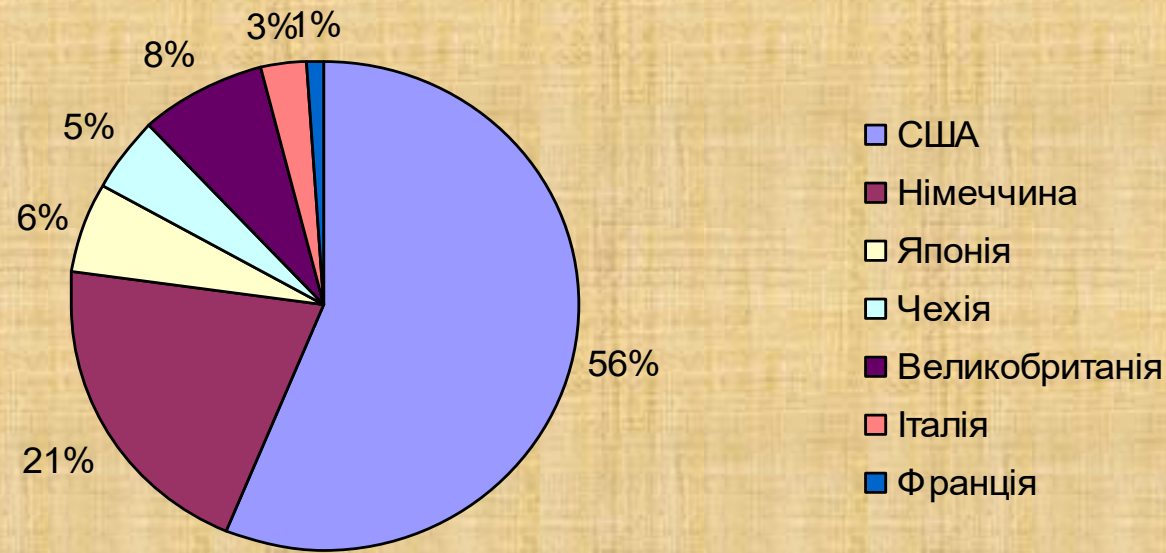


Рисунок 1.6 - Розподіл запатентованих конструкцій по провідним виробникам ПТП

ВАХ мікроелектронного частотного перетворювача теплової потужності

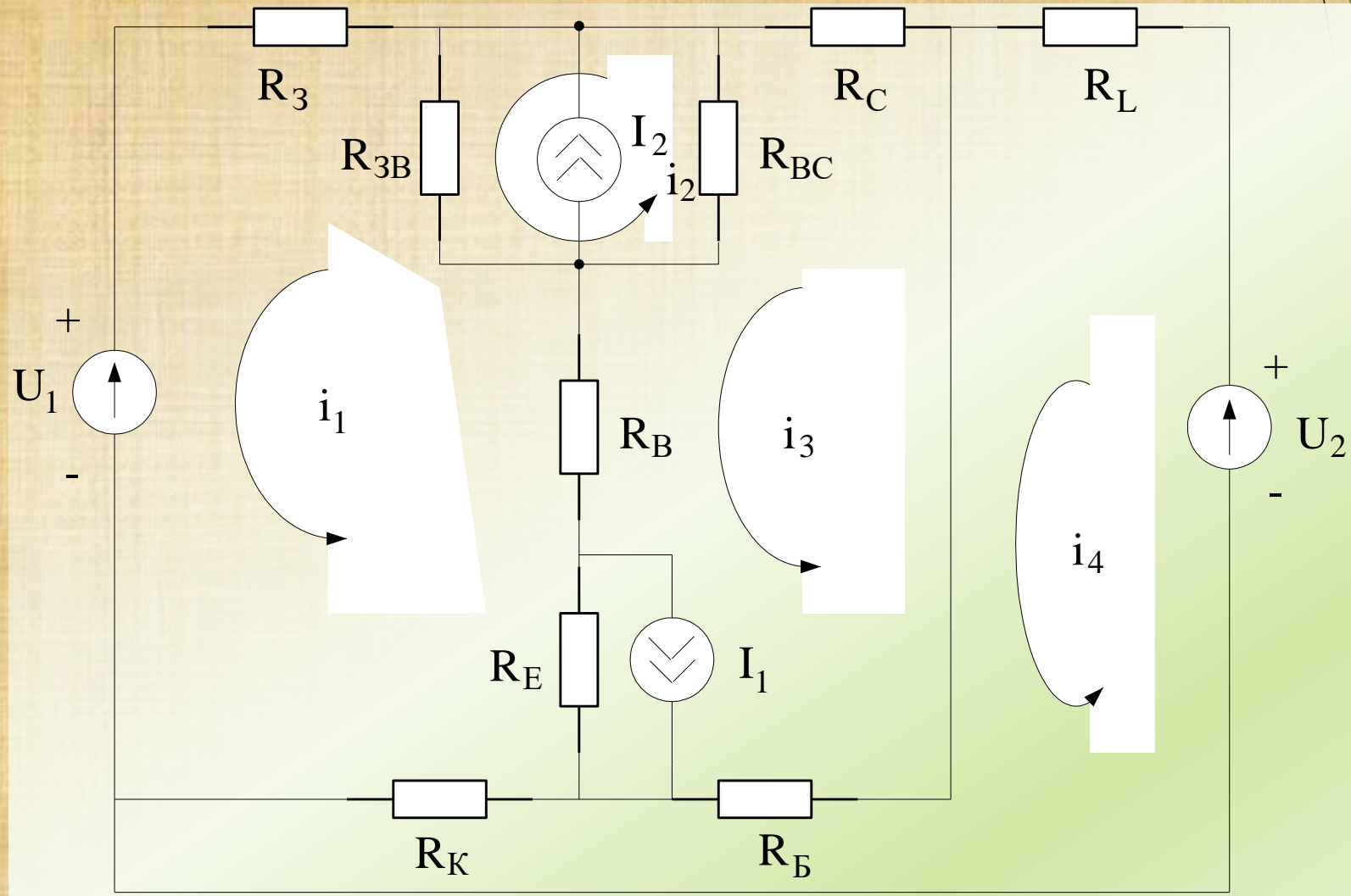


Рисунок 1.7 - Еквівалентна схема перетворювача для постійного струму

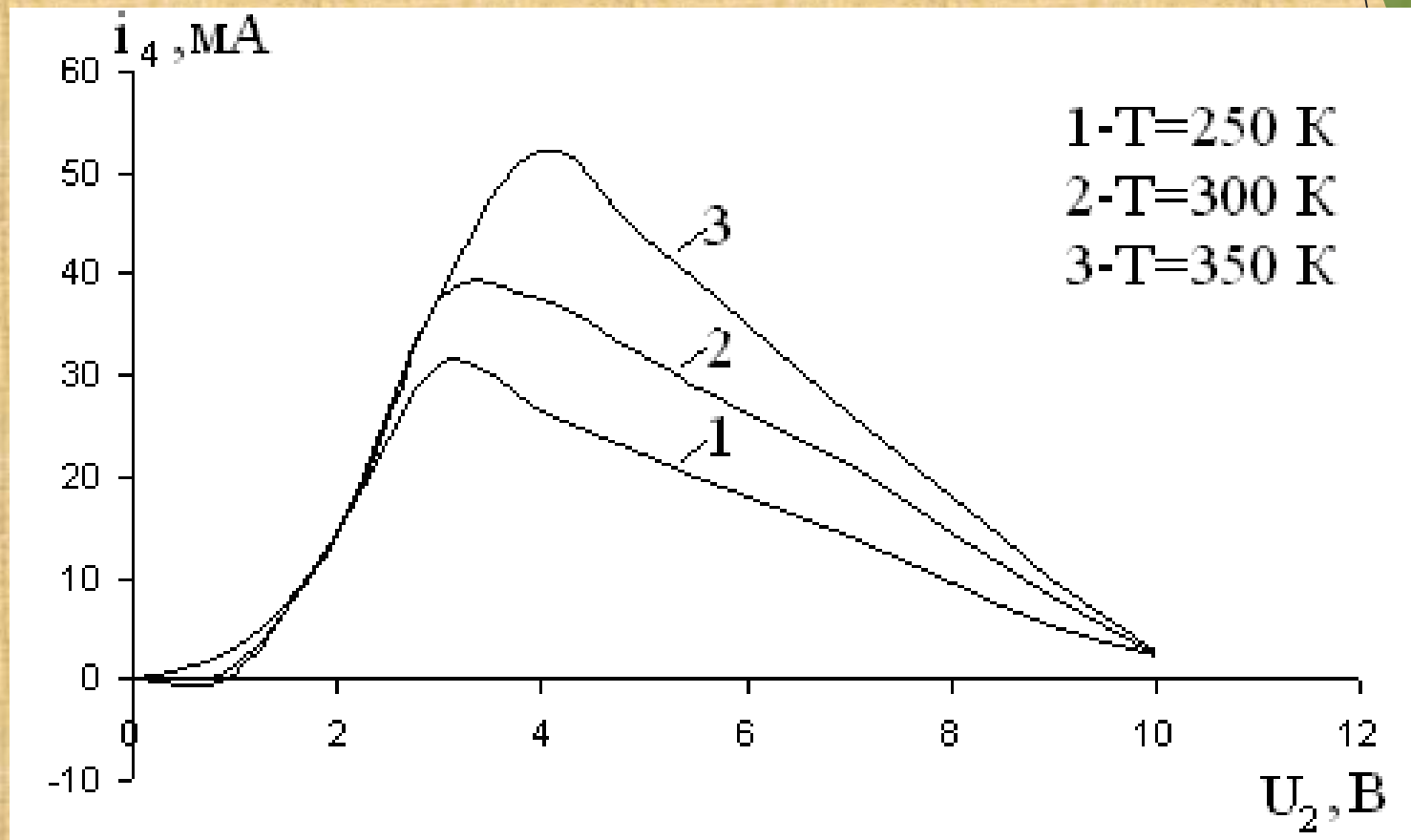
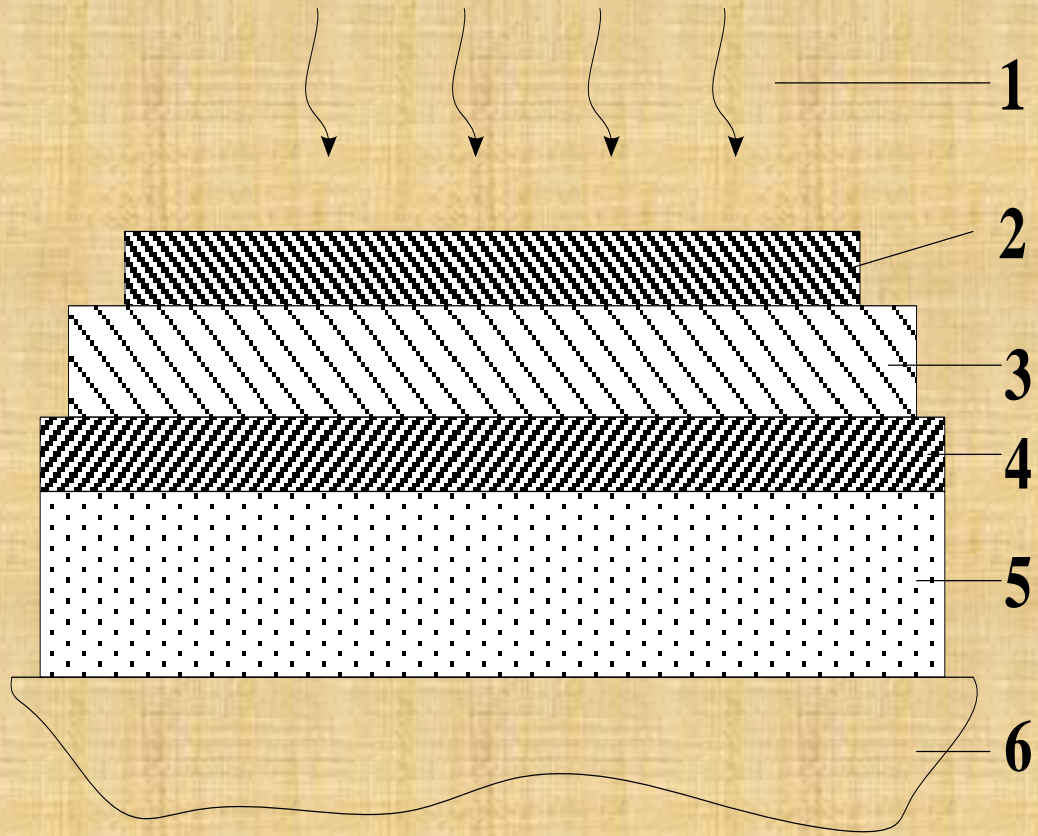


Рисунок 1.8 – Залежність вольт-амперної характеристики мікроелектронного перетворювача теплової потужності у частоту від температури

Мікроелектронні частотні перетворювачі теплової потужності на основі піроелектричного конденсатора



- 1 – ІЧ радіація;
- 2 – поглинач у вигляді платинової пластини;
- 3 – піроелектрик;
- 4 – нижня обкладинка (платина);
- 5 – діелектрик;
- 6 – кремнієва підкладка.

Рисунок 1.9 - Піроелектричний елемент активного інтегрального піросенсора

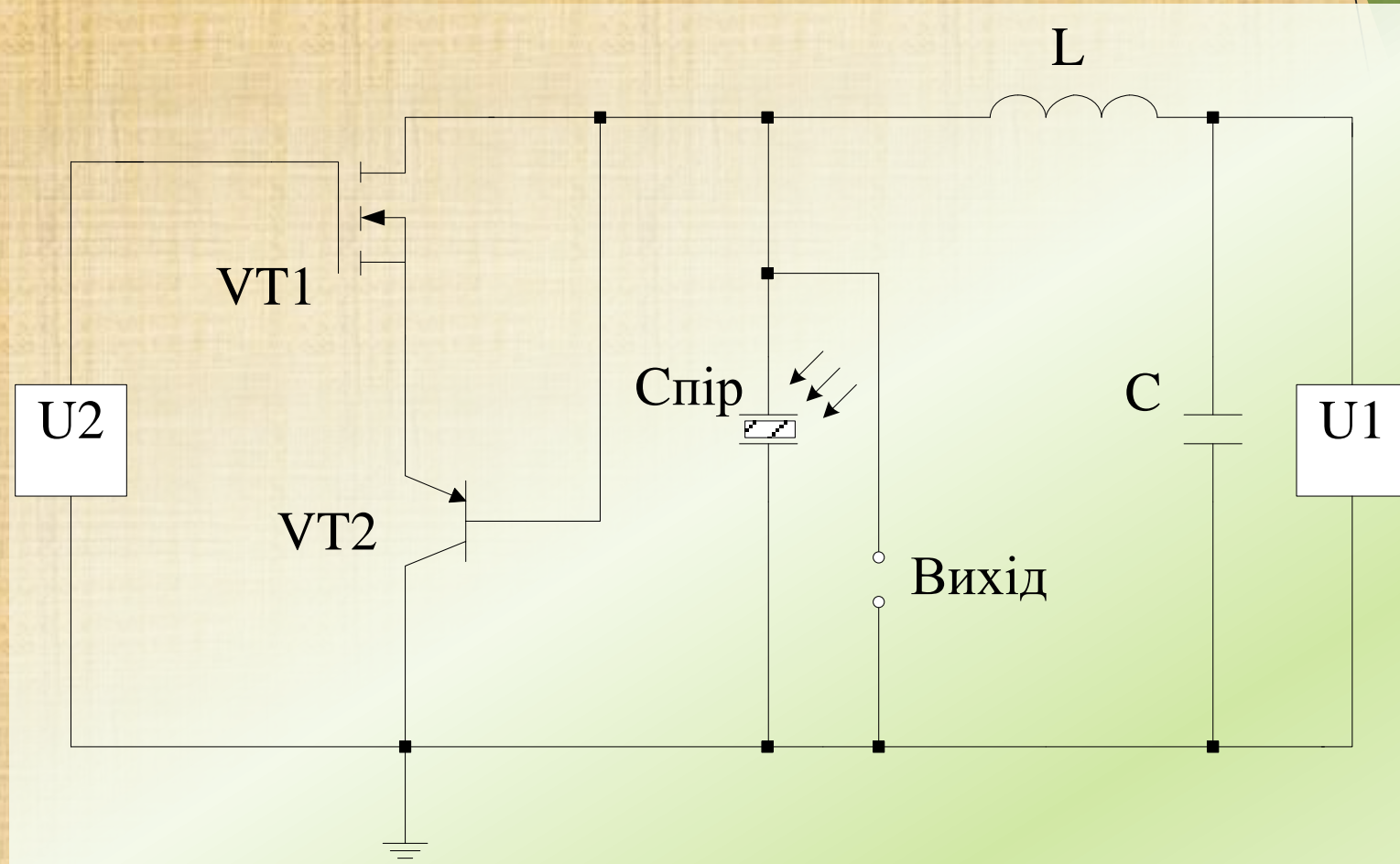


Рисунок 1.10 - Мікроелектронний сенсор теплової потужності

Мікроелектронні частотні перетворювачі теплової потужності на основі польових транзисторів

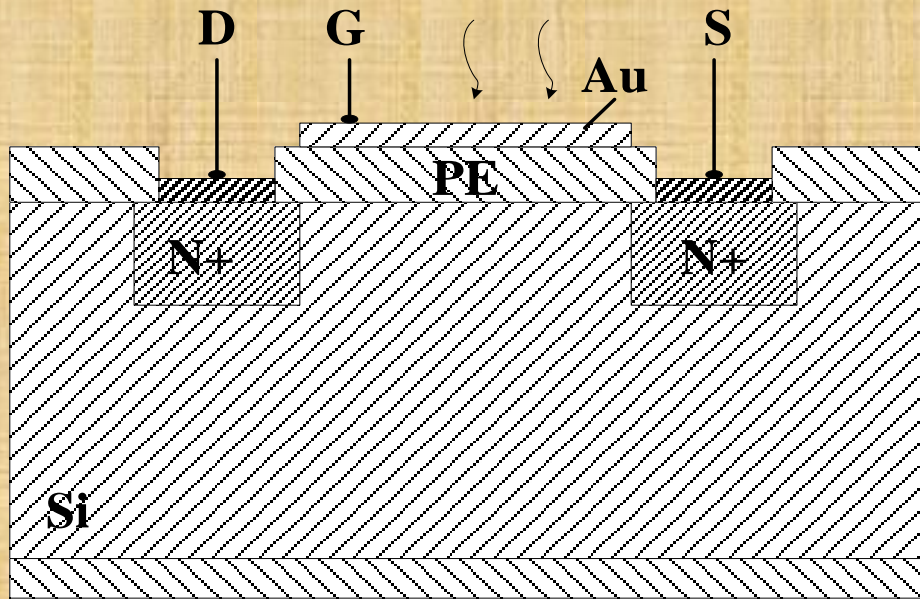


Рисунок 1.11 - Піроелектричний польовий транзистор

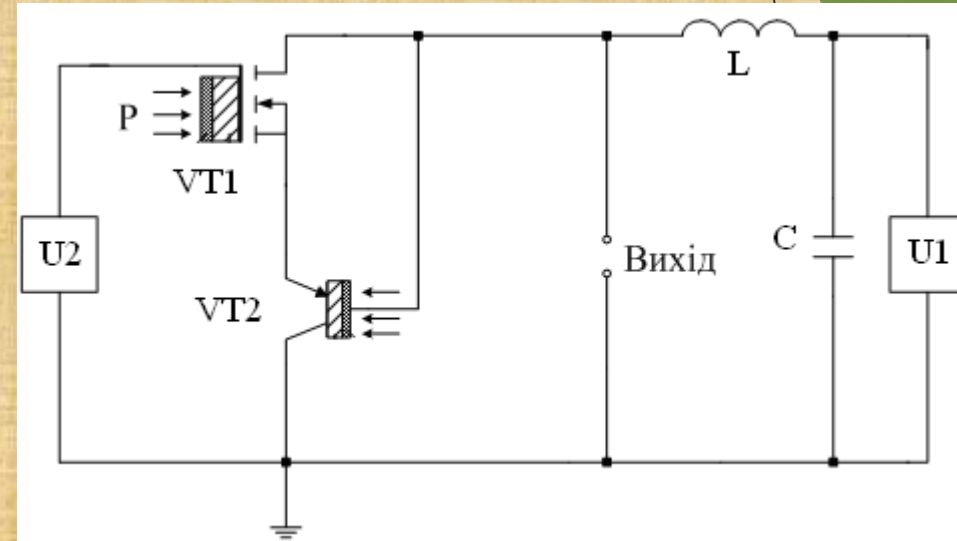


Рисунок 1.12 - Мікроелектронний пристрій для виміру температури

Моделювання мікроелектронні частотні перетворювачі теплової потужності

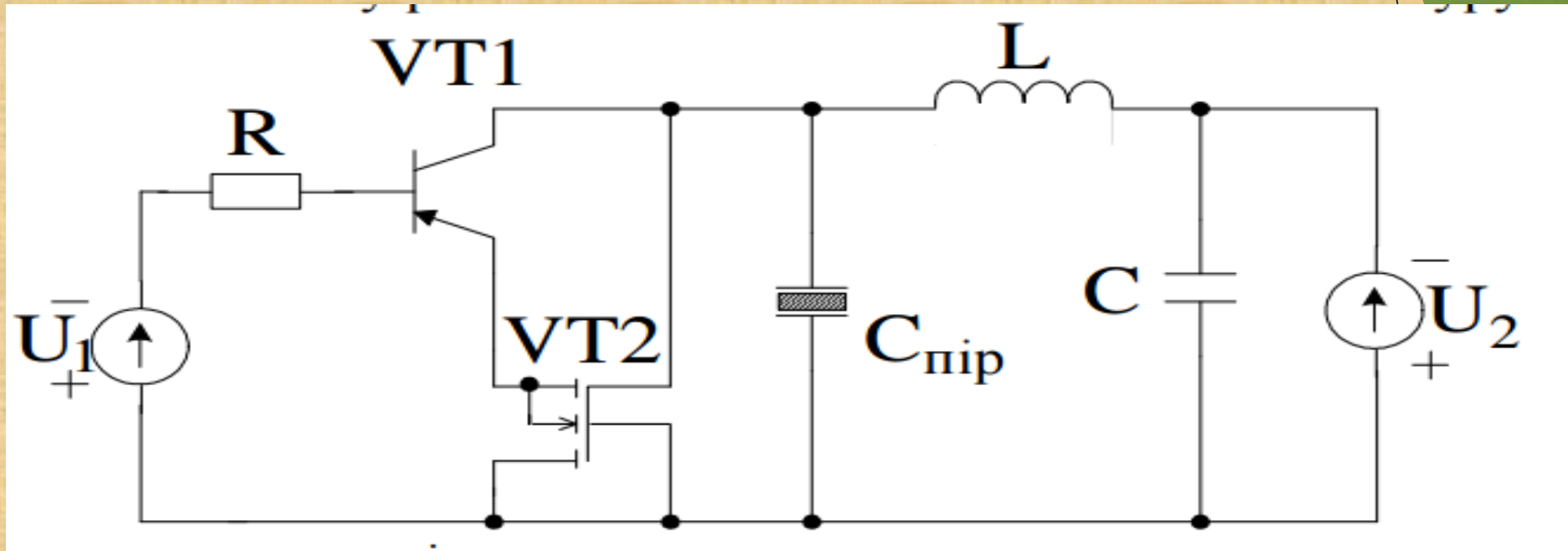


Рисунок 1.13 – Електрична схема мікроелектронного частотного перетворювача для моніторингу температури довкілля

Робота пристрою базується на основі автогенератора, утвореного транзисторною структурою $VT1$ і $VT2$ і індуктивністю L .

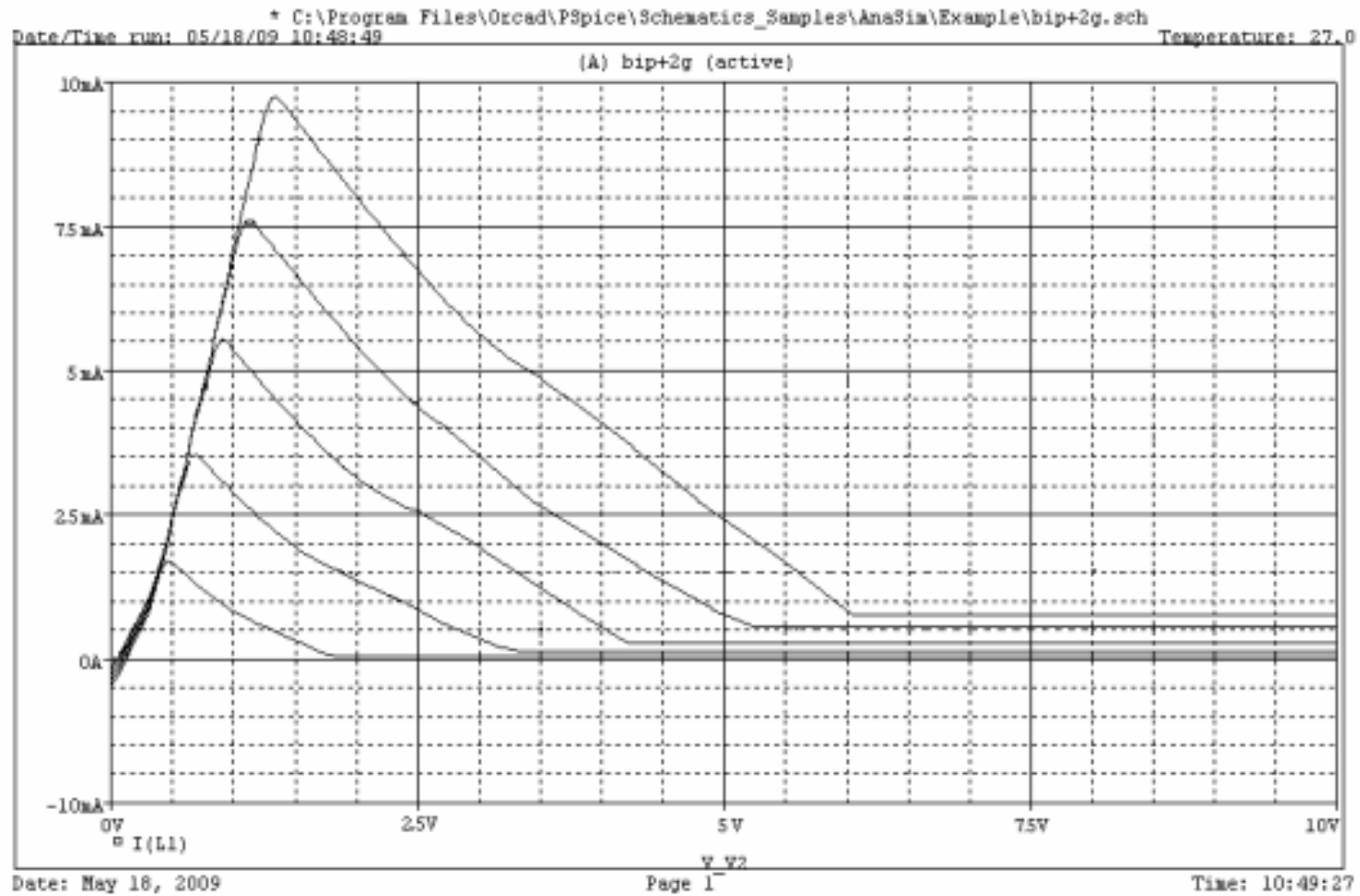


Рисунок 1.14– ВАХ перетворювача температури при різних значеннях напруги керування

Технологічного процесу виготовлення мікроелектронного перетворювача теплової потужності



Рисунок 1.17 - Схема технологічного процесу виготовлення мікроелектронного перетворювача теплової потужності

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасний стан розвитку перетворювачів теплової потужності, розглянуто конструктивно-технологічні особливості ПТП, зроблено аналіз їх позитивних і негативних сторін. Запропоновано будувати дані конструкції на основі транзисторних структур з від'ємним опором, що дозволяє покращити метрологічні характеристики існуючих перетворювачів потужності випромінювання і розширити область їх застосування, зокрема для вимірювання температури.

2. Вперше запропоновані схеми і досліджено принцип дії перетворювачів теплової потужності на основі транзисторних структур з від'ємним опором. Дані сенсори потужності випромінювання поєднують функціонально інтегровані підсистеми поглинача випромінювання, первинного перетворювача потужності випромінювання на основі піроелектрика і транзисторну структуру з від'ємним опором в якості виконавчої і керуючої підсистеми.

3. Змодельовано вольт-амперні характеристики піроелектричного конденсатора і МСЕН ПТ – первинних перетворювачів в схемах ПТП. Розроблено технологічний маршрут виготовлення даних ПТП.

4. На основі математичної моделі пристрою отримано залежності аналітичного виразу вольт-амперної характеристики мікроелектронного частотного перетворювача теплової потужності від температури, аналітичні вирази функції перетворення і чутливості пристрою, реактивної складової повного опору і частоти генерації від потужності теплового випромінювання.

Доповідь завершено

Дякую за увагу