

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ОСАДЧУК ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ



**ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ФОТОЧУТЛИВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ
НА ОСНОВІ ТРАНЗИСТОРНИХ СТРУКТУР З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ**

Спеціальність - 05.13.08 - обчислювальні машини, системи
і мережі, елементи і пристрої
обчислювальної техніки і сис-
тем керування

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 1996

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00752495 (W)

укопис

AB 35,157

Робота виконана на кафедрі мікроелектроніки Вінницького державного технічного університету.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кічак Василь Мартинович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бех Олександр Дмитрович,
кандидат технічних наук
Рижков Віктор Федорович.

Провідна організація: Науково-дослідний інститут індикаторних
приладів "Гелій" м.Вінниця

Захист відбудеться "04" 07 1996р. о "12" годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 10.01.03 в
Вінницькому державному технічному університеті за адресою:
286021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ГУК.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Вінницького
державного технічного університету.

Автореферат розісланий

" 30 "

ЛННБ ім. В. Стефаніка
1996р.
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Колодний В.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Вдосконалення систем автоматичного контролю і керування різними об'єктами, процесами, виробництвами багато в чому визначається досягненнями в області вимірювальних перетворювачів. В останнє десятиліття сформувалось направлення, яке використовує оптичне випромінювання і унікальні властивості напівпровідникових середовищ для визначення різноманітних фізичних впливів. В зв'язку з цим до фоточутливих перетворювачів ставляться жорсткі вимоги. Вони повинні бути економічними, забезпечувати високу точність вимірювання, мати якомога менші габарити і вагу, сумісними з сучасними ЕОМ і дозволяти кодування інформації при передачі її на великі відстані. Цим вимогам майже не відповідають існуючі фоточутливі перетворювачі. Тому одним з перспективних наукових напрямків у розробці фоточутливих вимірювальних перетворювачів, запропонованих у роботі, є використання залежності повного опору транзисторних структур з від'ємною активною складовою від потужності оптичного випромінювання і створення на цій основі фоточутливих частотних перетворювачів. Це дозволяє виготовити фоточутливі перетворювачі за мікроелектронною технологією, що дає можливість підвищити їх точність, швидкість і надійність. Крім того, поєднання на одному кристалі первинного вимірювального перетворювача із схемою обробки інформації уможливить створення "інтелектуального" сенсору.

Використання частоти, як інформативного параметру, дозволяє уникнути застосування аналого-цифрових перетворювачів при обробці інформації, що знизить вартість систем контролю і керування.

Метою роботи є створення частотних перетворювачів оптичного випромінювання технологічно сумісних з мікроелектронною елементною базою. Принцип роботи їх оснований на функціональній залежності повного опору транзисторних структур з від'ємною активною складовою від потужності оптичного випромінювання.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі вирішуються наступні задачі:

1. Розробка математичної моделі фоточутливого перетворювача, складовими частинами якої є теоретичний розрахунок повного опору перетворювача на основі транзисторних структур з від'ємним опором і залежність його від потужності оптичного випромінювання, отримання рівняння перетворення, розрахунок вольт-амперних характеристик.

2. Дослідження фізичного механізму взаємодії оптичного випромінювання з функціональними перетворювачами на основі транзисторних структур з від'ємним опором.

3. Розробка і дослідження конструкцій пристроїв, призначених для реалізації функціонального перетворення "потужність оптичного випромінювання - частота".

4. Експериментальна перевірка математичних моделей і дослідження властивостей частотних фоточутливих перетворювачів.

5. Створення експериментальної установки для визначення параметрів частотних фоточутливих перетворювачів і оцінка похибок практичних конструкцій.

Автор захищає:

1. Математичні моделі частотних фоточутливих перетворювачів на основі транзисторних структур з від'ємним опором.

2. Принцип побудови частотних фоточутливих перетворювачів на основі транзисторних структур з від'ємним опором, в яких застосовано взаємозв'язок реактивних властивостей з потужністю оптичного випромінювання.

3. Експериментальні дослідження властивостей частотних фоточутливих перетворювачів на основі транзисторних структур з від'ємним опором.

Методи досліджень засновані на використанні основних положень функції комплексної змінної, диференціального та інтегрального числення, лінійних електричних кіл, теорії ймовірності, на застосуванні ЕОМ на стадіях аналізу та синтезу.

Наукова новизна роботи полягає в отриманні наступних результатів:

1. Теоретично обгрунтовано принцип застосування реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором для побудови частотних фоточутливих перетворювачів.

2. Розроблені математичні моделі частотних фоточутливих перетворювачів, складовими частинами яких є теоретичний розрахунок повного опору перетворювачів в залежності від дії оптичного випромінювання, розрахунок вольт-амперних характеристик, отримання рівняння перетворення.

3. Принципи побудови частотних фоточутливих перетворювачів на основі транзисторних структур з від'ємним опором, в яких застосовано взаємозв'язок реактивних властивостей з потужністю оптичного випромінювання.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблені частотні перетворювачі, чутливі до зміни потужності оптичного випромінювання, сумісні з цифровими системами обробки інформації і виготовляються із застосуванням стандартної групової інтегральної

технології. Це дозволяє значно знизити вартість систем контролю і керування, повністю реалізувати переваги мікроелектронних перетворювачів.

Реалізація результатів роботи полягає у впровадженні розроблених частотних фоточутливих перетворювачів на ТзОВ "Каннон Ко ЛТД" (м. Вінниця), НДІ індикаторних приладів "Гелій" (м. Вінниця).

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи були викладені і обговорені на Всесоюзній науково-технічній конференції "Прилади з від'ємним опором і інтегральні перетворювачі на їх основі" (м. Баку, 1991р.), на 1,2,3-й науково-технічних конференціях країн СНД "Контроль і керування в технічних системах" (м. Вінниця, 1992,1993, 1995р.), на науково-технічних конференціях країн СНД "Приладобудування - 92" (м. Керчі, 1992р.), "Приладобудування - 93 і нові інформаційні технології" (м. Миколаїв, 1993р.), "Приладобудування - 94" (м. Вінниця, м. Сімферополь, 1994р.), "Приладобудування - 95" (м. Львів, 1995р.), на 2,3-й науково-технічних конференціях країн СНД "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва" (м. Хмельницький, 1993р., 1995р.), на науково-технічній конференції країн СНД "Наука і підприємництво" (м. Львів, 1995р.), на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників і студентів Вінницького державного технічного університету з участю інженерно-технічних робітників підприємств м. Вінниці і області в 1993-1996 роках.

Публікації. По матеріалах дисертаційної роботи опубліковано 20 робіт, в тому числі 4 позитивних рішення на патенти Російської Федерації.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох глав, заключення, переліку використаних літературних джерел із 147 найменувань і 1 додатку, загальний обсяг роботи складає 180 сторінок, в тому числі 151 сторінка основного тексту, 53 рисунки, 2 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність дослідження і розробки частотних фоточутливих перетворювачів на основі транзисторних структур з від'ємним опором.

В першій главі зроблено аналіз існуючих методів і засобів реалізації фоточутливих перетворювачів. Сформульовані задачі досліджень.

Огляд і аналіз публікацій, присвячених теоретичним і експериментальним дослідженням реактивних властивостей напівпровідникових

приладів показав можливість побудови на їх основі фоточутливих перетворювачів. Індуктивний характер повного опору напівпровідникових приладів пов'язаний з комплексним значенням коефіцієнта передачі струму. Дія світла на базову область приводить до зміни кількості носіїв заряду в ній, що впливає на величину індуктивного опору. Фотоемнісний ефект в р-п структурах і МДН-структурах полягає в генерації нерівноважених електронів і дірок в області просторового заряду і в квазінейтральному об'ємі напівпровідника, що еквівалентно зростанню ємності такої структури.

Аналіз існуючих фоточутливих перетворювачів на основі напівпровідникових приладів показав, що вони мають невисоку чутливість, за принципом своєї роботи є аналоговими, що потребує кодування інформації при її передачі або використання аналого-цифрових перетворювачів для її переробки, що значно здорожує контрольно-вимірювальну апаратуру. В зв'язку з цим, в даній роботі запропоновано перспективний принцип побудови частотних фоточутливих перетворювачів, завдяки якому реалізуються високі метрологічні показники пристроїв і можлива технологічна сумісність з мікроелектронними пристроями обробки інформації. Найбільшу функціональність і можливість поліпшення параметрів мають транзисторні структури з від'ємним опором. На їх основі конструктивно і технологічно легко поєднати як сам первинний перетворювач, так і реалізувати від'ємний опір в даній схемі, що дозволяє створити принцип вимірювання "потужність оптичного випромінювання - частота".

В другій главі розглядаються принципи побудови і математичні моделі частотних фоточутливих перетворювачів на основі МДН-транзисторних структур з від'ємним опором.

В основу роботи частотного перетворювача покладено механізм взаємодії оптичного випромінювання з каналами польових транзисторів з ізольованими затворами, схема якої наведена на рис. 1.

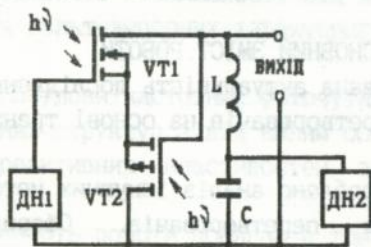


Рис. 1. Схема фоточутливого перетворювача на основі двох МДН-структур.

Розрахована вольт-амперна характеристика такої схеми при умові, що порогові напруги польових транзисторів однакові. Дія світла на канали польових транзисторів зменшує величину порогової напруги, а це в свою чергу, змінює реактивну складову повного опору на електродах сток-сток польових транзисторів. При роботі транзисторів у лінійному режимі залежність вихідного струму $I_{вих}$ від прикладеної напруги U_2 має вигляд:

$$I_{вих} = \frac{Z\mu C_0}{L} \left[(U_{з2в2} - U_{пор2}) U_{с2в2} - \frac{1}{2} U_{с2в2}^2 \right] - \frac{(U_1 - U_{з1в1})}{R_{с2в2}}, \quad (1)$$

де Z -ширина каналу, L -довжина каналу, μ -рухливість носіїв заряду у каналі, C_0 -питома ємність підзатворного діелектрика, $U_{пор2}$ -порогова напруга транзистора VT_2 , $U_{з2в2}$ -напруга затвор-витік VT_2 , $U_{с1в1}$ -напруга сток-витік VT_1 , $U_{з1с1}$ -напруга затвор-сток VT_1 , $R_{с2в2}$ -опір сток-витік VT_2 .

Диференційний від'ємний опір визначається із (1), тобто:

$$\left[\frac{dI_{вих}}{dU_2} \right]^{-1} = - \left\{ - \frac{Z\mu C_0}{L} \left[(U_{з2в2} - U_{пор2}) - (U_2 - U_{с1в1}) \right] + \frac{1}{R_{с2в2}} \right\}^{-1}. \quad (2)$$

При роботі польових транзисторів в режимі насичення вольт-амперна характеристика перетворювача має вигляд:

$$I_{вих} = \frac{Z\mu C_0}{2L} (U_2 - U_{с1в1})^2 - \frac{U_2 - U_{з1с1} - U_{з1в1}}{R_{с2в2}}. \quad (3)$$

Диференційний від'ємний опір визначається з (3):

$$\left[\frac{dI_{вих}}{dU_2} \right]^{-1} = - \left\{ \frac{Z\mu C_0}{L} (U_2 - U_{с1в1}) + \frac{1}{R_{с2в2}} \right\}^{-1}. \quad (4)$$

Розходження розрахункових і експериментальних вольт-амперних характеристик знаходиться в межах $\pm 5\%$.

Динамічна поведінка фоточутливого перетворювача визначається залежністю повного опору від дії оптичного випромінювання. Повний опір розраховується на основі високочастотних еквівалентних схем, в які введені елементи, залежні від дії світла, а також враховується фоточутливість опору каналу. Система рівнянь Кірхгофа, яка описує поведінку перетворювача, має вигляд:

$$U_1 = (Z_{17} + Z_{16} + Z_{14} + Z_{11}) i_1 - (Z_{17} + Z_{16}) i_7 + Z_{11} i_8 - Z_{14} i_9 - Z_{16} I\Phi_4,$$

$$0 = (Z_8 + Z_{13}) i_2 + Z_8 i_5 + Z_{13} i_8,$$

$$U_2 = (Z_3 + Z_{18}) i_3 + Z_3 i_4 + Z_{18} i_7,$$

$$0 = -Z_8 i_2 + (Z_9 + Z_{10} - Z_5 S_1 Z_2) i_4 + (Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10}) i_5 + Z_6 I\Phi_1$$

$$- Z_9 I\Phi_2 - (Z_5 + Z_5 S_1 Z_2) i_6,$$

$$0 = Z_3 i_3 + (Z_1 + Z_2 + Z_9 + Z_{10} + Z_3) i_4 + (Z_9 + Z_{10}) i_5 + Z_2 i_6 - Z_9 I\Phi_2, \quad (5)$$

$$0 = (Z_2 + Z_5 S_1 Z_2) i_4 - Z_5 i_5 + (Z_2 + Z_4 + Z_5 + Z_5 S_1 Z_2) i_6,$$

$$0 = -(Z_{17} + Z_{18}) i_1 + Z_{18} i_3 + (Z_{15} + Z_{16} + Z_{17} + Z_{18} + Z_{19} + Z_{20}) i_7 - Z_{19} I\Phi_3 + Z_{16} I\Phi_4 + (Z_{20} + Z_{19} - Z_{15} S_2 Z_{12}) i_8 - (Z_{15} + Z_{15} S_2 Z_{12}) i_9,$$

$$0 = Z_{11} i_1 - Z_{13} i_2 + (Z_{20} + Z_{19}) i_7 + (Z_{11} + Z_{12} + Z_{13} + Z_{19} + Z_{20}) i_8 + Z_{12} i_9 - Z_{19} I\Phi_3,$$

$$0 = -Z_{14} i_1 - Z_{15} i_7 + (Z_{12} + Z_{15} S_2 Z_{12}) i_8 + (Z_{12} + Z_{14} + Z_{15} + Z_{15} S_2 Z_{12}) i_9,$$

де

$$Z_1 = R_z + j\omega L_z, \quad Z_3 = -j/(\omega C_{\text{Скор}}), \quad Z_4 = -j/(\omega C_{\text{Сси}}), \quad Z_7 = RC + j\omega LC,$$

$$Z_2 = \frac{R_{зв}}{1 + \omega^2 R^2 зв C^2 зв} - \frac{jR^2 зв \omega C зв}{1 + \omega^2 R^2 зв C^2 зв}, \quad Z_8 = -j/(\omega C_{\text{Скор}}), \\ Z_{10} = RB + j\omega LB, \quad Z_{11} = Z_1,$$

$$Z_5 = \frac{RCB}{1 + \omega^2 R^2 CB C^2 CB} - \frac{jR^2 CB C CB}{1 + \omega^2 R^2 CB C^2 CB}, \quad Z_{12} = Z_2, \quad Z_{13} = Z_3,$$

$$Z_6 = \frac{RC}{1 + \omega^2 R^2 CC^2 C} - \frac{j\omega R^2 CC C}{1 + \omega^2 R^2 CC^2 C}, \quad Z_{14} = Z_4, \quad Z_{15} = Z_5, \\ Z_{16} = Z_6, \quad Z_{17} = Z_7,$$

$$Z_{18} = Z_8, \quad Z_{19} = Z_9, \\ Z_9 = \frac{RB}{1 + \omega^2 R^2 BC^2 B} - \frac{j\omega R^2 BC B}{1 + \omega^2 R^2 BC^2 B}, \quad Z_{20} = Z_{10}.$$

R_z - омичний опір електрода затвору, L_z - індуктивність електрода затвору, $R_{зв}$ - опір між електродами затвору і витоку, $C_{зв}$ - ємність затвор-витік, $C_{зс}$ - ємність затвор-сток, $R_{св}$ - опір сток-витік, $C_{св}$ - ємність сток-витік, R_c - опір р-п переходу стока, C_c - ємність р-п переходу витоку, L_v - індуктивність електрода витоку, $I\Phi$ - значення фотоструму р-п переходів стоку і витоку, $C_{\text{Скор}}$ - ємність корпусу польового транзистора, S_1, S_2 - крутість польових транзисторів.

Рішення системи рівнянь (5) проведено методом Гауса на персональній ЕОМ IBM PC/AT в середовищі пакету прикладних програм "Matlab". Проведені теоретичні і експериментальні дослідження показали залежність як активної, так і реактивної складових повного опору від дії оптичного випромінювання, що складає основу для побудови частотних фоточутливих перетворювачів. Рівняння перетворення визначається із системи рівнянь (5):

$$f_0 = \left\{ 2\pi \left[L \cdot C_{\text{екв}} (P_{\text{св}}) \right]^{1/2} \right\}^{-1}, \quad (6)$$

де L - зовнішня індуктивність, $C_{\text{екв}}$ - еквівалентна ємність перетворювача. На рис.2. наведена теоретична і експериментальна залежність функції перетворення.

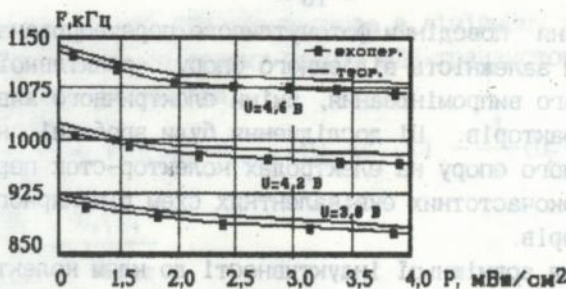


Рис. 2. Залежність резонансної частоти від потужності оптичного випромінювання.

Третя глава присвячена розгляду математичної моделі та експериментальному дослідженню властивостей фоточутливих перетворювачів на основі біполярної та МДН-транзисторних структур (рис. 3). Така конструкція перетворювача забезпечує підвищення чутливості. Оптичне випромінювання діє на базу біполярного і канал польового транзисторів. Від'ємний опір з'являється на ділянці вольт-амперної характеристики перетворювача, коли біполярний транзистор працює в активному режимі, а польовий переходить в режим насичення. Для цього випадку вольт-амперна характеристика має вигляд:

$$I_{\text{вих}} = \left[1 + \frac{h_{21B}}{1-h_{21B}} \right] (I_{\phi} + I_{K0}) - \frac{h_{21B} Z_{\mu} C_0}{(1-h_{21B}) L} (U_{\text{вих}} - U_{\text{пор}})^2, \quad (7)$$

де h_{21B} - коефіцієнт передачі струму в схемі з загальною базою транзистора, I_{K0} - струм насичення колекторного переходу, $U_{\text{вих}}$ - вихідна напруга структури, I_{ϕ} - величина фотоструму.

З рівняння (7) визначається величина диференційного від'ємного опору:

$$\left[\frac{dI_{\text{вих}}}{dU_{\text{вих}}} \right]^{-1} = - \left[\frac{h_{21B} Z_{\mu} C_0}{2(1-h_{21B}) L} (U_{\text{вих}} - U_{\text{пор}}) \right]^{-1} \quad (8)$$

Розходження розрахункових і експериментальних вольт-амперних залежностей знаходиться в межах $\pm 5\%$.

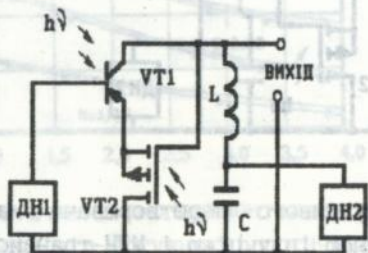


Рис. 3. Схема фоточутливого перетворювача на основі біполярного і польового транзисторів.

Для вивчення поведінки фоточутливого перетворювача в динаміці необхідно знати залежність від'ємного опору, реактивної складової від дії оптичного випромінювання, зміни електричного живлення, частоти та інших факторів. Ці дослідження були зроблені на підставі розрахунку повного опору на електродах колектор-сток перетворювача, виходячи з високочастотних еквівалентних схем біполярного і польового транзисторів.

Підключення зовнішньої індуктивності до клем колектор-сток фоточутливої структури дозволяє створити генератор електричних коливань. При дії світла на перетворювач змінюється його резонансна частота. Зовнішній конденсатор запобігає короткому замиканню джерела постійної напруги U_2 через індуктивність. На рис. 4 наведені теоретична і експериментальна залежності резонансної частоти від потужності оптичного випромінювання.

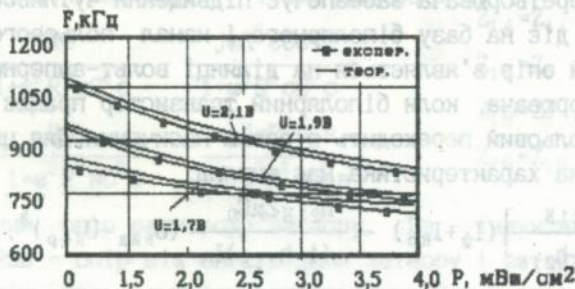


Рис. 4 Теоретична і експериментальна залежності резонансної частоти від потужності оптичного випромінювання.

В четвертій главі описані і досліджені процеси в фоточутливих перетворювачах на основі транзистора з статичною індукцією та МДН-транзистора, що дозволяє подальше підвищення чутливості і вихідної потужності перетворювача (рис. 5).

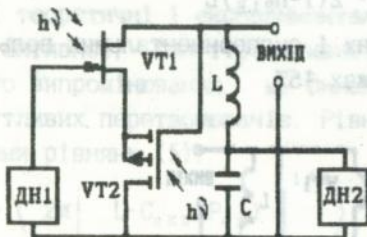


Рис. 5. Схема фоточутливого перетворювача на основі транзистора з статичною індукцією і МДН-транзистора.

Згідно цієї схеми зроблено розрахунок статичної вольт-амперної ха-

рактики при роботі МДН-транзистора в лінійному режимі і режимі насичення. Для лінійного режиму роботи МДН-транзистора вольт-амперна характеристика має вигляд:

$$I_{\text{вих}} = \frac{z\mu C_0}{L} \left[(U_{з2в2} - U_{пор2}) (U_2 - U_{c1в1}) - \frac{1}{2} (U_2 - U_{c1в1})^2 \right] - \frac{U_2 - U_{з1с1}}{R_{з1в1} + R_{c2в2}} \quad (9)$$

Рівняння (9) дозволяє визначити величину від'ємного опору

$$\left[\frac{dI_{\text{вих}}}{dU_2} \right]^{-1} = - \left\{ - \frac{z\mu C_0}{L} \left[(U_{з2в2} - U_{пор2}) - (U_2 - U_{c1в1}) \right] + \frac{1}{R_{з1в1} + R_{c2в2}} \right\}^{-1} \quad (10)$$

При роботі МДН-транзистора в режимі насичення вольт-амперна характеристика описується рівнянням:

$$I_{\text{вих}} = \frac{z\mu C_0}{2L} (U_2 - U_{c1в1})^2 - \frac{U_2 - U_{з1с1}}{R_{з1в1} + R_{c2в2}} \quad (11)$$

Від'ємний опір в режимі насичення МДН-транзистора на основі (11) приймає вигляд:

$$\left[\frac{dI_{\text{вих}}}{dU_2} \right]_{\text{нас}}^{-1} = - \left\{ - \frac{z\mu C_0}{L} (U_2 - U_{c1в1}) + \frac{1}{R_{з1в1} + R_{c2в2}} \right\}^{-1} \quad (12)$$

Порівняння теоретичних і експериментальних вольт-амперних характеристик показало, що вони не співпадають в межах $\pm 5\%$.

Дослідження властивостей фоточутливого перетворювача в динамічному режимі роботи було проведено на основі рішення системи рівнянь Кірхгофа. На рис.6 наведені теоретична і експериментальна залежності резонансної частоти від потужності оптичного випромінювання.

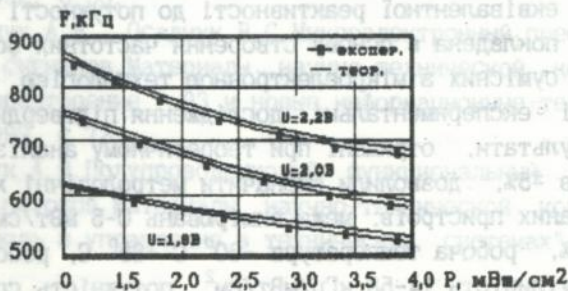


Рис.6. Теоретична і експериментальна залежності резонансної частоти від потужності оптичного випромінювання.

Для сполучення виходу фоточутливого перетворювача з ЕОМ розроблена принципова схема і програмне забезпечення. Принцип роботи пристрою - підрахунок кількості імпульсів, сформованих з вихідного сигналу за нормований проміжок часу. В цій же програмі робиться перерахунок частоти в потужність оптичного випромінювання для кожного типу перетворювача. Повний опір фоточутливих перетворювачів вимірювався фазовим методом, який дозволяє проводити вимірювання на частотах 10^3 - 10^9 Гц. Розрахунок систематичних і часткових похибок показав, що сумарна похибка при вимірюванні повного опору фоточутливих перетворювачів складає $\pm 12\%$. Оцінка похибок фоточутливих перетворювачів при вимірюванні потужності оптичного випромінювання показала, що вона дорівнює $\pm 0,4\%$.

Використання розроблених математичних моделей дозволило створити інженерну методику проектування частотних фоточутливих перетворювачів на основі реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Проведено аналіз основних фізичних явищ, покладених в основу створення фоточутливих напівпровідникових структур для систем контролю і управління. Показано, що найбільш перспективним напрямком є створення фоточутливих перетворювачів на основі транзисторних структур з від'ємним опором, що дозволяє реалізувати "інтелектуальні" перетворювачі по стандартній груповій технології шляхом конструктивного їх об'єднання з мікро-ЕОМ для обробки інформації.

2. Розроблені математичні моделі фоточутливих перетворювачів на основі транзисторних структур з від'ємним опором, розраховані вольт-амперні характеристики, досліджено вплив контрольованих параметрів на активну і реактивну компоненти повного опору, досліджено стійкість і чутливість розроблених перетворювачів. Показано, що висока чутливість еквівалентної реактивності до потужності оптичного випромінювання покладена в основу створення частотних фоточутливих перетворювачів, сумісних з мікроелектронною технологією.

3. Виконані експериментальні дослідження підтвердили основні положення і результати, отримані при теоретичному аналізі, виявили їх розбіжність в $\pm 5\%$, дозволили визначити метрологічні характеристики запропонованих пристроїв: межа вимірювань $0-5$ мВт/см², похибка вимірювань $\pm 0,4\%$, робоча температура -60° С $+85^\circ$ С, робоча частота $10^3 - 10^9$ Гц, чутливість $14-58$ кГц/мВт/см², потужність споживання - $0,5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}$ Вт.

4. Аналіз різних схем включення і режимів експлуатації дозво-

лив розробити ряд фоточутливих перетворювачів, з яких найбільш чутливою є конструкція на основі польового транзистора і транзистора з статичною індукцією, проте найбільш температурно стабільною є конструкція на основі двох МДН-транзисторних структур.

5. Проведений теоретичний аналіз, побудована фізична модель взаємодії оптичного випромінювання з перетворювачем, на основі якої отримані рівняння перетворення, які зв'язують потужність оптичного випромінювання з резонансною частотою розроблених перетворювачів.

6. Розроблена експериментальна установка по визначенню потужності оптичного випромінювання і параметрів фоточутливих перетворювачів на основі фазового методу в діапазоні частот $10^3 - 10^9$ Гц з похибкою визначення потужності оптичного випромінювання $\pm 0,4\%$, а реактивних параметрів $\pm 12\%$.

7. Розроблені фоточутливі перетворювачі знайшли застосування в радіоелектронних пристроях на ТзОВ "Каннон Ко ЛТД" (м. Вінниця), НДІ індикаторних приладів "Гелій" (м. Вінниця).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ВІДОБРАЖЕНО В СЛІДУЮЧИХ РОБОТАХ:

1. Осадчук А. В., Осадчук В. С. Датчики освещенности на основе полупроводниковых структур с отрицательным сопротивлением. Материалы всесоюзной научно-технической конференции "Приборы с отрицательным сопротивлением и интегральные преобразователи на их основе". - Баку, 1991, с. 90.

2. Осадчук А. В., Осадчук В. С. Полупроводниковый преобразователь оптических сигналов. Материалы научно-технической конференции "Контроль и управление в технических системах". - Винница, 1992, с. 117.

3. Осадчук А. В., Осадчук В. С. Полупроводниковые оптические преобразователи на основе структур с отрицательным сопротивлением. Материалы научно-технической конференции стран СНГ "Приборостроение - 92". - Керчь, 1992, с. 53.

4. Осадчук А. В., Осадчук В. С. Микроэлектронный преобразователь оптических сигналов. Материалы научно-технической конференции стран СНГ "Приборостроение - 93 и новые информационные технологии". - Николаев, 1993, с. 72.

5. Осадчук А. В. Полупроводниковый функциональный преобразователь световых потоков. Материалы научно-технической конференции стран СНГ. "Контроль и управление в технических системах". Винница, 1993, - с. 199.

6. Осадчук А. В. Полупроводниковый частотный преобразователь оптических сигналов. Материалы научно-технической конференции "Наука и предпринимательство". г. Львов, 1994, - с. 69.

7. Осадчук А. В. Транзисторный оптический датчик. Материалы научно-технической конференции "Приборостроение-94", г. Винница - Симферополь, 1994, -с.111.

8. Осадчук А. В., Осадчук Е. В. Полупроводниковый датчик магнитного поля. Материалы научно-технической конференции стран СНГ "Приборостроение - 94". -Винница-Симферополь, 1994, -с.112.

9. Осадчук А. В. Транзисторный оптический датчик на основе лямбда-структуры. Материалы научно-технической конференции стран СНГ "Контроль и управление в технических системах". -Винница, 1995, -с.294.

10. Кічак В. М., Осадчук О. В. Математичні моделі перетворювачів на базі транзисторних структур з від'ємним опором. Вісник ВПІ, №(5), 1994, -с.44-47.

11. Осадчук А. В. Экспериментальные исследования оптического датчика на основе структур с отрицательным сопротивлением. Материалы научно-технической конференции стран СНГ "Контроль и управление в технических системах". -Винница, 1995, -с.292-293.

12. Осадчук О. В. Частотний оптоелектронний перетворювач. Матеріали науково-технічної конференції держав СНД "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва". -Хмельницький, 1995, -с.143.

13. Осадчук О. В., Осадчук В. С. Напівпровідниковий оптичний перетворювач з частотним виходом. Матеріали науково-технічної конференції держав СНД "Приладобудування - 95" .-Львів, 1995, -с.62.

14. Осадчук О. В. Дослідження впливу оптичного випромінювання на від'ємний опір транзисторної структури. Вісник ВПІ, №2, 1995, -с.62-67.

15. Осадчук А. В. Фоточувствительные преобразователи на основе реактивных свойств полупроводниковых приборов с отрицательным сопротивлением. Рук. деп. в ГНТБ Украины 05.05.96, №1101 -Укр96. -17с.

16. Осадчук А. В. Исследование свойств фоточувствительного преобразователя на основе полевого транзистора и транзистора со статической индукцией. Рук. деп. в ГНТБ Украины 05.05.96, №1102 -Укр96. -16с.

17. Положительное решение на выдачу патента РФ по заявке №92004093/28-050089 от 27.06.1995, МПК G01 R 33/06. Полупроводниковый датчик магнитного поля. (Осадчук А. В., Осадчук Е. В., Осадчук В. С.). Заявлено 16.10.1992.

18. Положительное решение на выдачу патента РФ по заявке №92004097/25-050094 от 5.01.1995, МПК G01 27/12. Полупроводниковый датчик газа. (Осадчук А. В., Осадчук Е. В., Осадчук В. С.). Заявлено 16.10.1992.

19. Положительное решение на выдачу патента РФ по заявке N94028635/25-028688 от 19.03.1996, МПК H01 L 27/14. Полупроводниковый датчик освещенности. (Осадчук А. В., Осадчук Е. В., Осадчук В. С.) Заявлено 29.07.1994.

20. Положительное решение на выдачу патента РФ по заявке N94028632/25-028687 от 24.04.1996, МПК H01 L 31/16. Полупроводниковый магнитооптический преобразователь. (Осадчук А. В., Осадчук Е. В., Осадчук В. С.) Заявлено 29.07.1994.

Особистий внесок автора в работах, опублікованих в співавторстві, полягає в наступному: [1]-розробив і дослідив фоточутливу структуру на основі біполярного транзистора; [2]-дослідив вплив оптичного випромінювання на резонансну частоту фоточутливої структури на основі двох польових транзисторів; [3]-дослідив властивості фоточутливої структури на основі двох біполярних транзисторів; [4]-запропонував і дослідив властивості фоточутливого генератора; [8]-дослідив залежність резонансної частоти від дії магнітного поля; [10]-розробив математичні моделі фоточутливих перетворювачів, включаючи складання рівнянь і розрахунок на ЕОМ; [13]-дослідив залежність активної і реактивної складових від дії оптичного випромінювання; [17]-запропонував схему включення магнітного елемента; [18]-запропонував структуру з від'ємним опором; [19]-запропонував структуру і визначив електричні режими живлення; [20]-запропонував схему включення магніточутливого світлодіода.

Автор вважає своїм обов'язком висловити подяку д. т. н., професору Осадчуку В. С. за допомогу і консультації у вирішенні поставлених задач.

Осадчук А. В. Исследование и разработка фоточувствительных преобразователей на основе транзисторных структур с отрицательным сопротивлением.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - вычислительные машины, комплексы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления. Винницкий государственный технический университет, Винница 1996. Защищается 20 научных работ, содержащих теоретические и экспериментальные исследования информационных характеристик фоточувствительных частотных преобразователей в зависимости от мощности оптического излучения. Основными параметрами, влияющими на информационные характеристики, в частности, на чувствительность преобразования мощности оптического излучения в частоту, являются величина

мощности оптического излучения, конструктивные особенности и степень легирования активной части транзисторных структур, электрические режимы питания по постоянному току, частота и температура среды. Проведенные исследования были положены в основу создания фоточувствительных частотных преобразователей в широком диапазоне частот, которые нашли применение в радиоэлектронной аппаратуре.

Osadchuk A.V. The investigation and elaboration of the photosensitive converters based on transistor structures with negative resistance.

The dissertation for the submission for the award of Doctorate degree in Engineering Sciences on speciality 05.13.08-computers, complexes and networks, units and devices of computers and control systems. Vinnitsa State Technical University. Vinnitsa, 1996. Theoretical and experimental studies of the dependencies of photosensitive frequency converters informative characteristics on the power of optic radiation are discussed in 20 scientific works. The main parameters influencing the informative characteristics, particularly, the sensivity of optic radiation power transformation in frequency are the power of optic radiation, design peculiarities and degree of transistor structures active region doping, direct current supply modes, frequency and temperature of the medium. The results of the studies were used for the development of photosensitive frequency converters functioning in the wide range of frequencies. These photosensitive converters have found application in radioelectronic equipment.

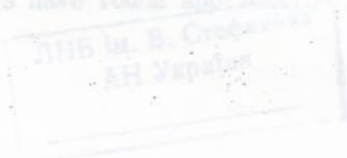
ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Ключові слова: перетворювач, фоточутливість, від'ємний опір, реактивні властивості транзисторних структур, частота, потужність оптичного випромінювання.

можности оптического излучения, конструктивные особенности и степень активизации активной части транзисторной структуры, оптимальные режимы работы по частотному току, частота и температура среды. Проведены исследования в области создания току чувствительных частотных преобразователей в широком диапазоне токов, которые имеют применение в радиолокационной аппаратуре.

Сандиш А.В. The investigation and elaboration of the photosensitive converters based on transistor structures with negative resistance.

The dissertation for the submission for the award of doctorate degree in Engineering Sciences on specialty 05.18.06 amplifiers, oscillators and networks units and devices of computers and control systems Voronezh State Technical University, Voronezh, 1996. Theoretical and experimental studies of the dependencies of photosensitive frequency converters information characteristics on the power of light radiation are discussed in 25 scientific works. The main parameters, influencing the information characteristics, particularly, the sensitivity of light radiation power transformation in frequency and the power of light radiation, design peculiarities and degree of transistor structures active and an output direct current efficiency, frequency and temperature of the device. The results of the studies were used for the development of photosensitive frequency converters functioning in the wide range of frequencies. These photosensitive converters have found applications in radiation control equipments.



Завантажено з бібліотеки Інституту фізики НАН України. Підписано до друку 28.05.1996 р.

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,93.
Тираж 100 прим. Замовлення № 96-575.01.
Надруковано фірмою "КОНТИНЕНТ"
м. Вінниця, вул. Козицького, 13, т. 35-35-20.

436621

AB 35.157

AB 35.157