



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38174 (13) A

(51) 7 G01R27/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВАРИКАПІВ ПО ЄМНОСТІ, КОЕФІЦІЄНТУ ПЕРЕКРИТТЯ ПО ЄМНОСТІ І ДОБРОТНОСТІ

(21) 2000063222

(22) 05.06.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Голощапов Сергій Степанович

(73) Херсонський державний технічний університет

(57) Пристрій для контролю варикапів по ємності, коефіцієнту перекриття по ємності і добротності, що містить два генератори високочастотного сигналу, вихід одного з яких залучений до входу керованого підсилювача, вихід якого навантажений на виток зв'язки, а керуючий вхід залучений до виходу цифроаналогового перетворювача, аналоговий вхід якого залучений до виходу детектора, а цифровий - до виходу реверсивного лічильника, вхід напрямку рахування якого залучений до виходу SR-тригера, R-вхід якого залучений до виходу першого граничного елемента, S-вхід, тактовий вхід реверсивного лічильника, один із входів блока АБО залучені до виходу блока збігу, один вхід якого залучений до генератора імпульсів, другий вхід блока АБО залучений до виходу другого SR-тригера, а вихід через формувач - до входу джерела напруги, що змінюється, вимірювальний контур, вхід якого через спільний і нормально замкнений контакти першого ключа залучений до загальної шини, а вихід через підсилювач високочастотного сигналу залучений до входу детектора, вихід якого сполучений із входами першого і другого граничних елементів, вихід другого граничного елемента залучений до C-входу D-тригера, D-вхід якого залучений до виходу другого SR-тригера і через блок затримки - до R-входу другого SR-тригера, індуктивність, калібровочний варикап і ємність розв'язки, що входять до складу вимірювального контуру, дві клеми для підключення контрольованого варикапа, одна з яких залучена до загальної шини, а друга - до виходу вимірювального контуру, резистор і дві шини для підключення опорних напруг, другий і третій ключі для переключення режимів калібровочного і контрольованого варикапів, перша і друга пускові шини, який відрізняється тим, що в нього додатково введені другий керований підсилювач, ємність ємнісного дільника, два підсилювачі високочастотного сигналу, два детектори, блок порівняння, блок віднімання, другий генератор тактових імпульсів, три-входовий блок збігу, двоїчний лічильник, другий

цифроаналоговий перетворювач, три граничних елементи, два D-тригери, два блоки затримки, інвертор, блок завдання режиму, третій SR-тригер, другий блок АБО, третя шина для підключення опорної напруги, при цьому вихід другого генератора високочастотного сигналу через другий керований підсилювач залучений до входу другого підсилювача високої частоти і через ємність ємнісного дільника - до входу третього підсилювача високої частоти і нормально розімкненому контакту першого ключа, вихід другого підсилювача високої частоти через другий детектор залучений до одного з входів блока віднімання, другий вхід якого з'єднаний із шиною для підключення першої опорної напруги, а вихід - із входом третього граничного елемента й аналоговим входом другого цифроаналогового перетворювача, цифровий вхід якого залучений до виходу двоїчного лічильника, R-вхід якого і S-вхід другого SR-тригера залучені до другої пускової шини, тактовий вхід двоїчного лічильника залучений до виходу тривходового блока збігу, один вхід якого сполучений із виходом другого генератора тактових імпульсів, другий вхід тривходового блока збігу, вхід другого блоку затримки і вхід блока завдання режиму залучені до виходу п'ятого граничного елемента, вхід якого спільно зі входом четвертого граничного елемента залучений до виходу другого цифроаналогового перетворювача, третій вхід тривходового блока збігу разом із C-входом другого D-тригера залучений до виходу третього блоку затримки, вихід третього підсилювача високої частоти через третій детектор залучений до одного з входів блока порівняння, другий вхід якого з'єднаний із шиною для підключення другої опорної напруги, а вихід - до керуючого входу другого керованого підсилювача, вихід третього граничного елемента з'єднаний із D-входом другого D-тригера, вихід четвертого граничного елемента з'єднаний із D-входом третього D-тригера, C-вхід якого разом із R-входом третього SR-тригера залучений до виходу інвертора, вхід якого з'єднаний із виходом другого блоку затримки, вихід першого блоку затримки залучений до S-входу третього SR-тригера, вихід якого з'єднаний із керуючими входами першого і третього ключів, входом третього блоку затримки і першим входом другого блоку АБО, другий вхід якого залучений до виходу другого SR-тригера, а вихід - до керуючого входу другого ключа, спільний вивід якого залуче-

(19) UA (11) 38174 (13) A

ний до виходу джерела напруги, що змінюється, нормально розімкнений контакт з'єднаний із нормально замкненим контактом третього ключа, а нормально замкнений контакт - з резистором і керуючим входом вимірювального контуру, другий вивід резистора з'єднаний із шиною для підключення

третьої опорної напруги, вихід блока завдання режиму з'єднаний із нормально розімкненим контактом третього ключа, спільний вивід якого залучений до виходу вимірювального контуру, другий вхід блока збігу залучений до першої пускової шини.

Винахід відноситься до контрольно-вимірювальної техніки і може бути використаний для контролю параметрів напівпровідникових діодів.

Відомо пристрій для розбракування варикапів по ємнісних параметрах і добротності (див.: Ас. СРСР № 1367700, G01R27/26), що містить множно-ділильний блок, вимірювальний контур, вхід якого з'єднаний із виходом блока завдання режиму і генератора високої частоти, управляючий вхід з'єднаний із виходом джерела напруги, що змінюється, а вихід через підсилювач високої частоти з входом детектора, перетворювач ємності в напругу, цифроаналоговий перетворювач, лічильник імпульсів, регістр зсуву, два керованих підсилювачі, аналоговий суматор, чотири граничних блоки, п'ять тригерів, блок віднімання, два елементи затримки, два елементи І, при цьому вихід перетворювача ємності в напругу з'єднаний з аналоговим входом цифроаналогового перетворювача і входом другого граничного блоку, цифровий вхід цифроаналогового перетворювача з'єднаний із виходом лічильника імпульсів і входом регістра зсуву, вхід лічильника імпульсів через елемент І з'єднаний із виходом генератора імпульсів, а вихід регістра зсуву з'єднаний із керуючими входами двох керованих підсилювачів, вхід першого керованого підсилювача з'єднаний із клемою опорного сигналу, а його вихід з'єднаний з одним із входів аналогового суматора, інший вхід якого з'єднаний із клемою другого опорного сигналу, а вихід суматора з'єднаний із входом блока віднімання і другого керованого підсилювача, вихід якого з'єднаний із входом множно-ділильного блока, інший вхід якого з'єднаний із виходом блока віднімання, а третій вхід - із виходом детектора і другим входом блока віднімання, вихід множно-ділильного блока через перший граничний блок з'єднаний із рахунковим входом першого тригера, вихід цифроаналогового перетворювача з'єднаний із входами третього і четвертого граничних блоків, виходи другого і третього граничних блоків з'єднані з інформаційними входами другого і третього тригерів відповідно, рахунковий вхід другого тригера з'єднаний з інформаційним входом першого тригера і виходом, що інвертує, четвертого тригера, і другим входом елемента І, прямий вихід четвертого тригера з'єднаний із входом другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний із виходом п'ятого тригера і входом скиду четвертого тригера, а вихід другого елемента І з'єднаний із керуючим входом перетворювача ємності в напругу і з входом елемента затримки, вихід якого з'єднаний із входом п'ятого тригера, із тактовим входом регістра зсуву і рахунковим входом третього тригера, інший вхід п'ятого тригера через другу схему затримки з'єднаний із шиною "Пуск", входами скиду лічильника імпульсів, першого, другого і третього тригерів, вихід че-

твертого граничного блока з'єднаний із настановним входом четвертого тригера.

До недоліків пристрою необхідно віднести те, що ємнісні параметри випробовуваного варикапа визначаються на одній вимірювальній позиції, а добротність - на іншій. Автоматичне переміщення варикапів, виготовлених у деяких типах корпусів, наприклад SOD-23, з однієї вимірювальної позиції на іншу, представляє досить важку задачу і різко ускладнює механічну частину пристрою автоматичного контролю, одночасно знижуючи його надійність. При контролі структур варикапів багатократне зондування кристалів призводить до їхнього пошкодження. У зв'язку з цим доцільно на одній вимірювальній позиції контролювати і ємнісні параметри і добротність. Крім того, вимір ємнісних параметрів у наведеного пристрою провадиться по методу ємнісно-омічного дільника, що припускає ізолювання обох вимірювальних клем від загальної шини. На практиці це не завжди представляється можливим, зокрема, при контролі якості структур варикапів на зондовому обладнанні.

Найбільш близьким за своєю технічною суттю до запропонованого пристрою є пристрій (див.: Ас. СРСР № 1774733, G01R27/26 - прототип) для контролю варикапів, що містить мікро-ЕОМ, з'єднану двонаправленою магістраллю з блоком сполучення, інформаційний вихід якого з'єднаний з інформаційним входом приймального регістру, С-вихід якого залучений до першого блоку сполучення, перший вхід якого з'єднаний із виходом блока затримки, перший і другий генератори високочастотного сигналу, вихід першого з яких з'єднаний із першим виводом першого розділового конденсатора, другий розділовий конденсатор, граничний елемент, блок збігу, джерело напруги, що змінюється, два цифроаналогових перетворювачі, вимірювальний контур, вихід якого через підсилювач високочастотного сигналу залучений до входу детектора, дві клеми для підключення контрольованого варикапа, перша з яких сполучена з загальною шиною пристрою, резистор і шину для підключення джерела опорної напруги, другий підсилювач високочастотного сигналу, вимірювач частоти, управляючий підсилювач, виток зв'язку, другий граничний елемент, генератор імпульсів, два елементи АБО, формувач імпульсів, чотири перемикачі, дві шини пуску, три RS-тригери, D-тригер, реверсивний лічильник, шина для підключення другого джерела опорної напруги, варикап, при цьому вихід першого генератора високочастотного сигналу з'єднаний із замикаючим контактом першого перемикача і через другий підсилювач високочастотного сигналу - зі входом вимірювача частоти, вихід якого залучений до інформаційного входу блока сполучення, інформаційний вихід якого з'єднаний із входом першого цифроаналогового перетворювача, вихід якого залучений до загаль-

ного виводу четвертого перемикача, розмикаючий контакт якого з'єднаний із другим виводом першого розділового конденсатора, першим виводом варикапа і через резистор із шиною для підключення першого джерела опорної напруги, другий вивід варикапа сполучений із загальною шиною пристрою, розмикаючим контактом першого перемикача і першим виводом витка зв'язки, другий вивід якого залучений до виходу керованого підсилювача, вхід якого залучений до виходу другого генератора височастотного сигналу, запальний вивід першого перемикача з'єднаний із входом вимірювального контуру, вихід якого через другий розділовий конденсатор з'єднаний із другою клемою для підключення контрольованого варикапа і з загальним виводом третього перемикача, розмикаючий контакт якого з'єднаний із замикаючим контактом четвертого перемикача, керуючий вхід якого залучений до керуючого входу першого перемикача, до виходу другого RS-тригера і першого входу другого елемента АБО, вихід якого з'єднаний із керуючим входом другого перемикача, замикаючий контакт якого з'єднаний із шиною для підключення другого джерела опорної напруги, перша шина пуску залучена до другого входу блока сполучення, перший вхід якого з'єднаний із S-входом другого RS-тригера і R-входом першого RS-тригера і виходом блока затримки, S-вхід першого RS-тригера з'єднаний із другою шиною пуску, вихід залучений до входу блока, затримки, D-входу D-тригера, до другого входу другого елемента АБО, до керуючого входу третього перемикача і до першого входу першого елемента АБО, вихід якого через послідовно з'єднані формувач імпульсів і джерело напруги, що змінюється, залучений до розмикаючого контакту другого перемикача і до замикаючого контакту третього перемикача, вихід генератора імпульсів залучений до першого входу блока збігу, другий вхід якого з'єднаний із другим входом блока сполучення, перший вхід якого з'єднаний із R-входом другого RS-тригера, вихід блока збігу залучений до другого входу першого елемента АБО, до тактового входу реверсивного лічильника і до S-входу третього тригера, вихід якого з'єднаний із керуючим входом реверсивного лічильника, вихід якого з'єднаний із входом другого цифроаналогового перетворювача, опорний вхід якого залучений до виходу детектора і до входу першого граничного елемента, вихід якого з'єднаний із C-входом D-тригера, вихід якого залучений до третього входу блока сполучення, вихід другого цифроаналогового перетворювача з'єднаний із керуючим входом керованого підсилювача і через другий граничний елемент із R-входом третього RS-тригера, загальний вивід другого перемикача з'єднаний із керуючим входом вимірювального контуру

До недоліків пристрою варто віднести підвищену складність, і, відповідно, вартість, оскільки ємнісні параметри вимірюються частотним методом, що потребує спеціалізованого обчислювального пристрою з високою дозволяючою спроможністю, виконаного, у даному випадку на базі мікроЕОМ. Використання ЕОМ у якості обчислювача потребує додатково наявності блоків, призначених для введення і виводу інформації, а також спеціалізованого програмного забезпечення, яке, як пра-

вило, здорожчує устаткування і збільшує строки його розробки. Крім того, із метою забезпечення необхідних метрологічних характеристик, загальний цикл роботи наведеного пристрою складається з чотирьох етапів: самокалібровка по ємності, самокалібровка по добротності, вимір добротності і вимір ємнісних параметрів, що обумовлює знижену швидкодію пристрою. На практиці, найчастіше, потрібно оцінити якість варикапа тільки по ємності, коефіцієнту перекриття по ємності і добротності, оскільки ступінь ідентичності вольт-фарадних характеристик визначається тільки для комплектів варикапів.

Задачею винаходу є створення пристрою для контролю варикапів по ємності, коефіцієнту перекриття по ємності і добротності, у якому за рахунок конструктивних особливостей можливо було б одержати збільшення швидкодії і здійснити його спрощення і здешевлення.

Поставлена задача досягається тим, що пристрій містить два генератори височастотного сигналу, вихід одного з яких залучений до входу керованого підсилювача, вихід якого навантажений на виток зв'язки, а керуючий вхід залучений до виходу цифроаналогового перетворювача, аналоговий вхід якого залучений до виходу детектора, а цифровий - до виходу реверсивного лічильника, вхід напрямку рахування якого залучений до виходу SR-тригера, R-вхід якого залучений до виходу першого граничного елемента, S-вхід, тактовий вхід реверсивного лічильника, один із входів блока АБО залучені до виходу блока збігу, один вхід якого залучений до генератора імпульсів, другий вхід блока АБО залучений до виходу другого SR-тригера, а вихід через формувач - до входу джерела напруг, що змінюється, вимірювальний контур, вхід якого через спільний і нормально замкнений контакти першого ключа залучений до загальної шини, а вихід через підсилювач височастотного сигналу залучений до входу детектора, вихід якого сполучений із входами першого і другого граничних елементів, вихід другого граничного елемента залучений до C-входу D-тригера, D-вхід якого залучений до виходу другого SR-тригера і через блок затримки - до R-входу другого SR-тригера, індуктивність, калібровочний варикап і ємність розв'язки, що входять до складу вимірювального контуру, дві клемми для підключення контрольованого варикапа, одна з яких залучена до загальної шини, а друга - до виходу вимірювального контуру, резистор і дві шини для підключення опорних напруг, другий і третій ключі для переключення режимів калібровочного і контрольованого варикапів, перша і друга пускові шини, другий керований підсилювач, ємність ємнісного дільника, два підсилювачі височастотного сигналу, два детектори, блок порівняння, блок віднімання, другий генератор тактових імпульсів, тривходовий блок збігу, двоїчний лічильник, другий цифроаналоговий перетворювач, три граничних елементи, два D-тригери, два блоки затримки, інвертор, блок завдання режиму, третій SR-тригер, другий блок АБО, третя шина для підключення опорної напруги, при цьому вихід другого генератора височастотного сигналу через другий керований підсилювач залучений до входу другого підсилювача високої частоти і через ємність ємнісного дільника - до

входу третього підсилювача високої частоти і нормально розімкненому контакту першого ключа, вихід другого підсилювача високої частоти через другий детектор залучений до одного з входів блока віднімання, другий вхід якого з'єднаний із шиною для підключення першої опорної напруги, а вихід – із входом третього граничного елементу і аналоговим входом другого цифроаналогового перетворювача, цифровий вхід якого залучений до виходу двоїчного лічильника, R-вхід якого і S-вхід другого SR-тригера залучені до другої пускової шини, тактовий вхід двоїчного лічильника залучений до виходу тривхового блока збігу, один вхід якого сполучений із виходом другого генератора тактових імпульсів, другий вхід тривхового блока збігу, вхід другого блоку затримки і вхід блока завдання режиму залучені до виходу п'ятого граничного елемента, вхід якого спільно зі входом четвертого граничного елемента залучений до виходу другого цифроаналогового перетворювача, третій вхід тривхового блока збігу разом із C-входом другого D-тригера залучений до виходу третього блоку затримки, вихід третього підсилювача високої частоти через третій детектор залучений до одного з входів блока порівняння, другий вхід якого з'єднаний із шиною для підключення другої опорної напруги, а вихід - до керуючого входу другого керованого підсилювача, вихід третього граничного елемента з'єднаний із D-входом другого D-тригера, вихід четвертого граничного елемента з'єднаний із D-входом третього D-тригера, C-вхід якого разом із R-входом третього SR-тригера залучений - до виходу інвертора, вхід якого з'єднаний із виходом другого блоку затримки, вихід першого блоку затримки залучений до S-входу третього SR-тригера, вихід якого з'єднаний із керуючими входами першого і третього ключів, входом третього блоку затримки і першим входом другого блоку АБО, другий вхід якого залучений до виходу другого SR-тригера, а вихід - до керуючого входу другого ключа, загальний вивід якого залучений до виходу джерела напруги, що змінюється, нормально розімкнений контакт з'єднаний із нормально замкненим контактом третього ключа, а нормально замкнений контакт - із резистором і керуючим входом вимірювального контуру, другий вивід резистора з'єднаний із шиною для підключення третьої опорної напруги, вихід блока завдання режиму з'єднаний із нормально розімкненим контактом третього ключа, спільний вивід якого залучений до виходу вимірювального контуру, другий вхід блока збігу залучений до першої пускової шини.

На кресленні (фіг.) подана схема запропонованого пристрою. Вона складається з генератора 1 високочастотного сигналу, керованого підсилювача 2, ключа 3, реверсивного лічильника 4, цифроаналогового перетворювача 5, SR-тригера 6, формувача 7, джерела 8 напруги, що змінюється, витка 9 зв'язку, блока 10 АБО, другого ключа 11, резистора 12, вимірювального контуру 13, клем 17 і 19 для підключення контрольованого варикапа 18, третього ключа 20, підсилювача 21 високочастотного сигналу, детектора 22, першого 23 і другого 24 граничних елементів, D-тригера 25, другого генератора 26 високочастотного сигналу, другого керованого підсилювача 27, ємності 28 ємнісного

ділника, другого 29 і третього 30 підсилювачів високочастотного сигналу, другого 31 і третього 32 детекторів, блока 33 віднімання, блока 34 порівняння, другого цифроаналогового перетворювача 35, третього 36, четвертого 37 і п'ятого 38 граничних елементів, другого 39 і третього 40 D-тригерів, другого блока 41 затримки, інвертора 42, другого генератора 43 тактових імпульсів, тривхового блока 44 збігу, двоїчного лічильника 45, першого генератора 46 тактових імпульсів, блока 47 збігу, блока 48 завдання режиму, другого SR-тригера 49, першого блока затримки 50, третього SR-тригера 51, другого блока 52 АБО, третього блока 53 затримки, шин для підключення першої 55, другої 54 і третьої 56 опорних напруг, першої 57 і другої 58 пускових шин. Вимірювальний контур 13 складається з індуктивності 14, розділової ємності 15 і калібровочного варикапа 16.

Генератор 1 високочастотного сигналу з'єднаний із входом керованого підсилювача 2, вихід якого навантажений на виток 9 зв'язку, а керуючий вхід залучений до виходу цифроаналогового перетворювача 5. Аналоговий вхід перетворювача 5 залучений до виходу детектора 22, а цифровий вхід - до виходу реверсивного лічильника 4. Вхід напрямку рахування лічильника залучений до виходу SR-тригера 6, R-вхід якого залучений до виходу граничного елемента 23, S-вхід, тактовий вхід реверсивного лічильника 4, перший вхід блока 10 АБО залучені до виходу блока збігу 47, один із входів якого залучений до генератора імпульсів 46, а другий вхід з'єднаний із першою шиною 57 пуску. Другий вхід блока 10 АБО залучений до виходу SR-тригера 49, а вихід через формувач 7 - до входу джерела 8 напруги, що змінюється. Вимірювальний контур 13, до складу якого входить індуктивність 14, розділова ємність 15 і калібровочний варикап 16 своїм входом залучений до загального виводу ключа 3, нормально замкнений контакт якого з'єднаний із загальною шиною, а вихід контуру через підсилювач 21 високочастотного сигналу і детектор 22 сполучений із входами граничних елементів 23 і 24. Вихід граничного елемента 24 з'єднаний із C-входом D-тригера 25, D-вхід якого залучений до виходу SR-тригера 49. Вихід тригера 49 через блок затримки 50 з'єднаний із R-входом того ж тригера. Вихід генератора 26 високочастотного сигналу через керований підсилювач 27 залучений до входу підсилювача 29 високої частоти і через ємність 28 ємнісного ділника - до входу підсилювача 30 високої частоти і нормально розімкненому контакту ключа 3. Вихід підсилювача 29 через детектор 31 залучений до одного з входів блока 33 віднімання, другий вхід якого з'єднаний із клемою 55 для підключення першої опорної напруги, а вихід - із входом граничного елемента 36 і аналоговим входом цифроаналогового перетворювача 35, цифровий вхід якого залучений до виходу двоїчного лічильника 45, R-вхід якого і S-вхід тригера 49 залучені до другої пускової шини. Тактовий вхід лічильника 45 залучений до виходу тривхового блока 44 збігу, перший вхід якого з'єднаний із виходом генератора 43 тактових імпульсів, другий вхід блока 44 збігу, вхід блока затримки 41 і вхід блока 48 завдання режиму залучені до виходу граничного елемента 38, вхід якого спільно зі входом граничного елемента 37 залучений

до виходу цифроаналогового перетворювача 35. Третій вхід блока 44 збігу разом із С-входом D-тригера 39 залучений до виходу блока 53 затримки. Вихід підсилювача 30 високої частоти через детектор 32 залучений до першого входу блока порівняння 34, другий вхід якого з'єднаний із шиною 54 для підключення другої опорної напруги, а вихід - із керуючим входом керованого підсилювача 27. Вихід граничного елемента 36 з'єднаний із D-входом D-тригера 39. Вихід граничного елемента 37 з'єднаний із D-входом D-тригера 40, С-вхід якого разом із R-входом SR-тригера 51 залучений до виходу інвертора 42, вхід якого з'єднаний із виходом блока 41 затримки. Вихід першого блока 50 затримки залучений до S-входу SR-тригера 51, вихід якого з'єднаний із керуючими входами ключів 11 і 20, входом блока затримки 53 і першим входом блока 52 АБО, другий вхід якого залучений до виходу SR-тригера 49, а вихід - до керуючого входу ключа 11, загальний вивід якого залучений до виходу джерела 8 напруги, що змінюється, нормально розімкнений контакт з'єднаний із нормально замкненим контактом ключа 20, а нормально замкнений контакт - із виводом резистора 12 і керуючим входом вимірювального контуру 13. Другий вивід резистора 12 з'єднаний із шиною 56 для підключення третьої опорної напруги. Вихід блока 48 завдання режиму сполучений із нормально розімкненим контактом ключа 20, загальний вивід якого залучений до виходу вимірювального контуру 13. Контакти 17 і 19 для підключення контрольованого варикапа 18 залучені відповідно до виходу вимірювального контуру 13 і до загальної шини пристрою.

Випробуваний варикап 18 залучений до вимірювального контуру 13. Резистор 12 необхідний для фіксації рівня напруги на варикапі 16 при включеному ключі 11.

Порівняльний аналіз із прототипом показує, що пристрій, який заявляється, відрізняється тим, що зі схеми виключена ЕОМ і блоки для введення і виводу інформації з неї і додатково введені нові блоки: другий керований підсилювач, ємність ємнісного дільника, два підсилювачі височастотного сигналу, два детектори, блок порівняння, блок віднімання, другий генератор тактових імпульсів, триходовий блок збігу, двоїчний лічильник, другий цифроаналоговий перетворювач, три граничних елементи, два D-тригери, два блоки затримки, інвертор, блок завдання режиму, третій SR-тригер, другий блок АБО, третя шина для підключення опорної напруги і їхні зв'язки між собою й іншими елементами схеми.

Пристрій працює таким чином.

У вихідному стані генератори 1 і 26 височастотної напруги виробляють напруги синусоїдальної форми зі значеннями частот, визначуваними режимами виміру добротності і ємності відповідно. Ключі 3, 11, 20 знаходяться в стані, зазначеному на кресленні.

Увесь цикл роботи пристрою розбитий на три етапи, розташованих у такій послідовності: самокалібровка по добротності, контроль добротності, контроль ємності і коефіцієнта перекриття по ємності. Перший етап відбувається при відсутності вимірювального варикапа на клемах 17 і 19. На другому і третьому етапах варикап 18 підключа-

ється до зазначених клем і визначаються його ємнісні параметри та добротність.

Етап самокалібровки по добротності починається з приходом запускаючого імпульсу на першу шину 57 пуску. Цей сигнал дозволяє проходження тактових імпульсів від генератора 46 через блок 47 збігу, першим же імпульсом якого збільшується (зменшується) значення коду, що зберігається в реверсивному лічильнику 4 залежно від початкового стану тригера 6, формуючи коефіцієнт передачі цифроаналогового перетворювача 5 і глибини позитивного зворотного зв'язку, що виникає в ланцюзі: генератор 1, керований підсилювач 2, контур 13, підсилювач 21, детектор 22, цифроаналоговий перетворювач 5. Завдання позитивного зворотного зв'язку - скомпенсувати втрати в індуктивності, калібровочному варикапі 16, елементах конструкції і перехідному опорі ключа 3, який може змінюватися від включення до включення. Глибина зворотного зв'язку повинна бути такою, щоб втрати в контурі 13 спільно з вимірювальним варикапом 18 визначалися тільки втратами останнього. Тригер 6 встановлюється в одиничний стан, визначаючи напрямок рахування в лічильнику 4 на збільшення коду. Одночасно цим же імпульсом через блок 10 АБО і формувач 7 запускається джерело 8 напруги, що змінюється, яке формує лінійно або експоненціальне змінювану в часі напругу, що через нормально замкнений контакт ключа 11 подається на варикап 16 вимірювального контуру 13. Під дією цієї напруги контур 13 настроюється в резонанс і на виході детектора 22 формується сигнал дзвіноподібної форми. При цьому, якщо його амплітуда не перевищить граничного значення елемента 23, тригер 6 залишиться в одиничному стані, і з другим імпульсом відбувається збільшення коду лічильника 4 і глибини позитивного зворотного зв'язку, сигнал на виході детектора при другому резонансі збільшується. Якщо сигнал на виході детектора 22 перевищить поріг спрацювання елемента 23, тригер 6 скидається в нульовий стан і з наступним тактовим імпульсом код лічильника 4 зменшується на 1, глибина зворотного зв'язку і, відповідно, сигнал на виході детектора зменшується. Таким чином, при подальшій серії імпульсів від генератора 46 сигнал на виході детектора нормується за рахунок зміни глибини позитивного зворотного зв'язку. Кількість імпульсів самокалібровки залежить від часу дії сигналу "Пуск 1" шини 57, мінімальна тривалість якого повинна бути не менше часу повного циклу розгортки джерела 8 напруги, що змінюється.

З приходом на клеми 17 і 19 випробуваного варикапа 18 на другу пускову шину 58 приходять запускаючий імпульс, що встановлює в одиничний стан тригер 49 і обнуляє лічильник 45. Вихідний сигнал тригера 49 через блок 10 АБО і формувач 7 запускає джерело 8 напруги, що змінюється, і через блок 52 АБО вмикає ключ 11, відмикаючи джерело напруги, що змінюється, від варикапа 16 і підключаючи останній до джерела опорної напруги, поданого на шину 56, величина якої повинна бути такою, щоб варикап 16 робив мінімальний вплив на контур (режим мінімальної ємності). Величина резистора 12 повинна бути достатньо великою (не менше декількох сотень кілоом), щоб не робити впливу на роботу джерела напруги, що

змінюється, при виключеному ключі 11. З включенням ключа 11 сигнал від джерела 8 напруги, що змінюється, через нормально замкнений контакт ключа 20 потрапляє на випробуваний варикап 18. Контур 13 настроюється в резонанс випробуваним варикапом. Сигнал резонансу дзвіноподібної форми з виходу детектора 22 поступає на граничний елемент 24, ступінь якості варикапа по добротності фіксується тригером 25. З метою мінімального впливу на контур 13 варикапа 16 останній повинен мати більшу добротність, ніж рівень розбуржування вимірюваних варикапів, тобто поріг спрацювання граничного елемента 24 повинен бути нижче, ніж граничного елемента 23. При цьому на етапі самокалібровки по добротності на виході граничного елемента 24 виникають імпульси, і, оскільки на його D-вхід поданий нульовий потенціал, він встановлюється в нульовий стан, підготовуючись до прийняття інформації на етапі виміру добротності.

Через час, визначений дією блока 50 затримки, час затримки котрого повинен бути не менше часу повної розгортки джерела 8 напруги, що змінюється, обнуляється тригер 49 і встановлюється в одиничний стан тригер 51, що через блок 52 АБО продовжує утримувати ключ 11 у включеному стані і вмикає ключі 3 і 20, забезпечуючи підключення вимірювального варикапа 18 до ємнісного дільника, утвореного ємністю 28 і ємністю вимірювального варикапа. Оскільки частота виміру ємності звичайно значно нижче, ніж частота виміру добротності, індуктивність 14 контуру 13 не робить істотного впливу на похибку виміру ємнісних параметрів.

Напруга, що знімається з вимірювального варикапа, посилена, а потім продетектована підсилювачем 30 і детектором 32, поступає на блок 34 порівняння, на другий вхід якого надходить опорна напруга U_{on2} із шини 54. Вихід блока порівняння залучений до входу керованого підсилювача 27, забезпечуючи умову:

$$U_1 = \frac{U \cdot k_{y2}}{\frac{1}{\omega C} + \frac{1}{\omega(C_x + C_n)}} \cdot \frac{1}{\omega(C_x + C_n)} = U \cdot k_{y2} \cdot \frac{C}{C_x + C_n + C} \quad (1)$$

де U_1 - напруга на виході детектора 32; U - напруга на виході керованого підсилювача 27; C - значення ємності 28 ємнісного дільника; C_x - величина ємності, що вимірюється; C_n - величина паразитної ємності, яка враховує ємність клем 17 і 19, проводів з'єднань, індуктивності 14 контуру 13, варикапа 16, ємність екрана й елементів конструкції - постійна величина; k_{y2} - коефіцієнт передачі підсилювача 30 і детектора 32.

Беручи до уваги, що в режимі слідкування $U_1 = U_{on2}$ і вирішуючи (1) відносно U , одержимо:

$$U = \frac{U_{on2} \cdot \frac{C_x + C_n + C}{C}}{k_{y2}} = \frac{U_{on2} \cdot \frac{C_x}{C} + \frac{U_{on2} \cdot \frac{C_n}{C}}{k_{y2}} + \frac{U_{on2}}{k_{y2}} \quad (2)$$

Напруга U , що знімається з виходу керованого підсилювача 27, посилена і випрямлена підсилювачем 29 і детектором 31, поступає на блок 2(3) віднімання, куди її якості від'ємної величини над-

ходить сигнал U_{on1} із шини 55. На виході блока 33 одержимо напругу

$$U_{вих} = U \cdot k_{y1} - U_{on1}$$

де k_{y1} - коефіцієнт передачі підсилювача 29 і детектора 31. Або з урахуванням (2):

$$U_{вих} = U_{on2} \cdot \frac{k_{y1}}{k_{y2}} \cdot \frac{C_x}{C} + U_{on2} \cdot \frac{k_{y1}}{k_{y2}} \cdot \frac{C_n}{C} + U_{on2} \cdot \frac{k_{y1}}{k_{y2}} - U_{on1}$$

Напевно, що при

$$U_{on1} = U_{on2} \cdot \frac{k_{y1}}{k_{y2}} \cdot \frac{C_n}{C} + U_{on2} \cdot \frac{k_{y1}}{k_{y2}}$$

вихідна напруга схеми

$$U_{вих} = U_{on2} \cdot \frac{k_{y1}}{k_{y2}} \cdot \frac{C_x}{C}$$

вираз, пропорційний ємності, що вимірюється, оскільки всі інші члени, що входять в отриманий вираз - постійні величини.

Таким чином, змінюючи значення U_{on1} , можна коректувати паразитну складову вимірювача ємності.

За виконання умови

$$\frac{k_{y1}}{k_{y2}} = \text{const} \quad (3)$$

вихідний сигнал не буде залежати від коефіцієнта підсилення підсилювача, а отже, приведений пристрій режиму самокалібровки по ємності не потребує. Здійснення умови (3) не представляє особливої складності при здійсненні ідентичними каналів підсилення 30 і 29. Крім того, при застосуванні методу ємнісного дільника коефіцієнт підсилення каналу підсилення може бути значно менше, ніж при застосуванні методу ємнісно-омічного дільника (Держстандарт 18986. 4-73. Діоди напівпровідникові. Методи виміру ємності), що також полегшує виконання умови (3), оскільки виконання ідентичних підсилювачів із малим коефіцієнтом підсилення значно простіше, ніж із великими.

Отже, на виході блока 33 формується сигнал, пропорційний ємності, що вимірюється.

Через включений ключ 20 напруга від блока завдання режиму, що виробляє його значення, необхідне для контролю ємності в першій точці вольт-фарадної характеристики, потрапляє на випробуваний варикап. Через час, необхідний для встановлення перехідних процесів, і визначений блоком затримки 53, формується сигнал, що реєструє ступінь якості варикапа по ємності в тригері 39, яка визначається порогом спрацювання граничного елемента 36. Оскільки лічильник 45 знаходиться в нульовому стані, сигнал на виході цифроаналогового перетворювача дорівнює нулю і граничний елемент 38 видає дозволяючий потенціал на блок 44 збігу. Одночасно з опитуванням стану граничного елемента 36 на вхід блока 44 збігу приходить потенціал, який дозволяє проходження тактових імпульсів від генератора 43 на вхід лічильника 45. Код лічильника збільшується і, відповідно, зростає сигнал на виході цифроаналогового перетворювача 35, при досягненні котрим рівня, визначеним граничним елементом 38, виникає потенціал, що забороняє проходження такто-

вих імпульсів через блок 44 збігу. Таким чином, після закінчення роботи цифроаналогового перетворювача 35 сигнал на його виході визначається виразом:

$$U_{c1} \cdot k = U_{\pi} \quad (4)$$

де U_{c1} - напруга на виході блоку 33 віднімання в першій точці вольтфарадної характеристики; k - коефіцієнт передачі цифроаналогового перетворювача 35; U_{π} - гранична напруга елемента 38.

Одночасно із сигналом заборони роботи цифроаналогового перетворювача на блок завдання режиму надходить сигнал, під дією якого той виробляє напругу, необхідну для виміру ємнісних параметрів у другій точці вольтфарадної характеристики. На виході цифроаналогового перетворювача 35 формується напруга

$$U_{\text{вих}} = U_{c2} \cdot k \quad (5)$$

де U_{c2} - напруга на виході блоку 33 у другій точці вольтфарадної характеристики. Або, з урахуванням (4)

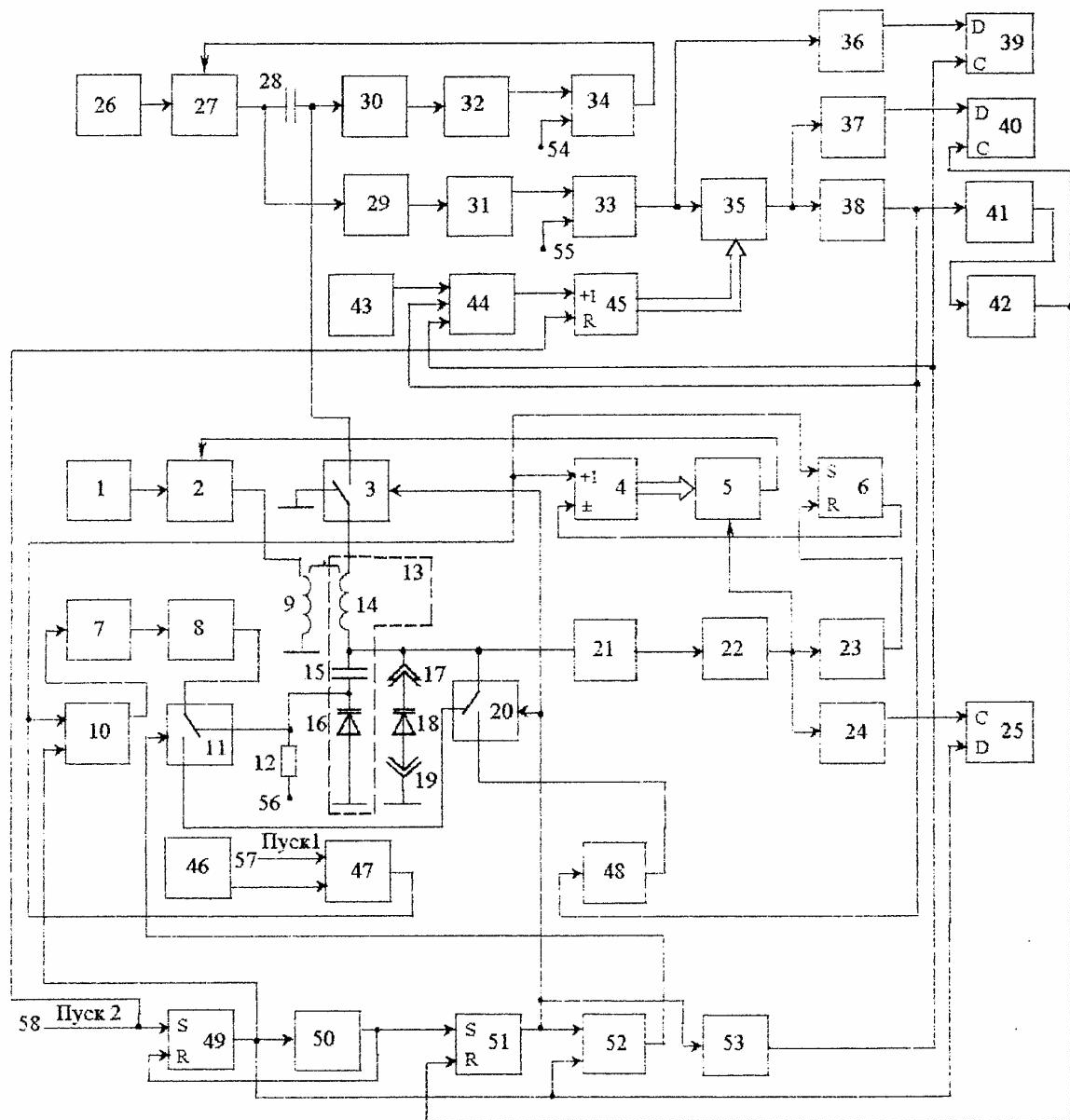
$$U_{\text{вих}} = U_{\pi} \cdot \frac{U_{c2}}{U_{c1}}$$

Оскільки можна зробити так, що $\frac{U_{c2}}{U_{c1}}$ буде являтися величиною коефіцієнта перекриття, на

виході цифроаналогового перетворювача виникне сигнал, пропорційний цьому параметру, ступінь якості якого визначається граничним елементом 37. Через час, необхідний для встановлення перехідних процесів, викликаних переключенням режиму виміру і визначений блоком 41 затримки, через інвертор 42 на С-вхід тригера 40 надходить сигнал, що фіксує стан граничного елемента 37. Одночасно цим же сигналом скидається в нуль тригер 51, приводячи пристрій у вихідний стан.

Таким чином, застосований у запропонованому пристрої засіб виміру ємнісних параметрів методом ємнісного дільника у варіанті, що не потребує операції самокалібровки по ємності, дозволив створити щодо простий пристрій, виключити складне математичне опрацювання вимірювального сигналу, тим самим підвищити швидкодію пристрою, знизити апаратні витрати і виключити витрати, пов'язані з розробкою програмного забезпечення.

Запропонований пристрій дозволяє робити контроль варикапів по ємнісних параметрах і добротності з високою точністю й особливо ефективний при його використанні в ручному або автоматичному режимі. Пристрій доцільно використовувати при масовому або серійному випуску варикапів.



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22