



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 59763

(13) A

(51) 7 G01K7/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 20021210112

(22) 16 12 2002

(24) 15 09 2003

(46) 15 09 2003, Бюл. № 9, 2003 р.

(72) Яцук Василь Олександрович, Яцук Юрій Васильович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА", Яцук Василь Олександрович, Яцук Юрій Васильович

(57) 1 Спосіб вимірювання температури, який полягає в тому, що вимірювальний діод поміщають в середовищі з вимірюваною температурою, подають на діод різну за значенням напругу живлення з полярністю, яка відкриває р-п перехід діода, і вимірюють спад напруги на діоді, пропорційний до вимірюваної температури, який відрізняється тим, що на діод подають три різні за значенням вимірювальні струми, які відкривають діод, за три проміжки часу, перший з яких удвічі більший за два інших, причому за перший проміжок часу на діод подають перше значення струму, визначають різницю спаду напруги на діоді та напруги, близької за значенням до спаду напруги на діоді при 0°C, підсилюють отриману різницю напруг і визначають та запам'ятовують перше результуюче значення напруги як різницю точно відомої за значенням напруги та попередньо визначеної і підсиленої різниці напруг, за другий проміжок часу на діод подають друге значення струму, визначають різницю спаду напруги на діоді та напруги, близької за значенням до спаду напруги на діоді при 0°C, підсилюють отриману різницю напруг і визначають друге значення напруги як різницю точно відомої за значенням напруги та попередньо визначеної і підсиленої різниці напруг, визначають різницю значення першої результуючої напруги та другого значення напруги і отримують друге значення результуючої напруги та запам'ятовують його, за третій проміжок часу на діод подають третє значення струму, визначають різницю спаду напруги

на діоді та напруги, близької за значенням до спаду напруги на діоді при 0°C, підсилюють отриману різницю напруг і визначають третє значення напруги як різницю точно відомої за значенням напруги та попередньо визначеної і підсиленої різниці напруг, визначають різницю значення другої результуючої напруги та третього значення напруги і отримують значення напруги, яке пропорційне до вимірюваної температури, вимірюють та індикують його

2 Пристрій для вимірювання температури, який містить вимірювальний діод, поміщений у вимірюване середовище, диференціальний підсилювач, перший подільник напруги і вихідний вольтметр, який відрізняється тим, що введені джерело опорної напруги, другий та третій подільники напруги, триходовий комутатор, генератор струму, перемикач полярності, суматор, підсумовуючий блок пам'яті та блок керування, причому перший вихід джерела опорної напруги сполучений із першими входами всіх трьох подільників напруги, вихід другого подільника напруги підключений до першого входу перемикача полярності, другий вхід якого під'єднаний до анода вимірювального діода та виходу генератора струму, три виходи третього подільника напруги через триходовий комутатор підключені до входу генератора струму, вихід першого подільника напруги сполучений з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до виходу диференційного підсилювача, два входи якого підключені до виходів перемикача полярності, вихід суматора з'єднаний із входом підсумовуючого блока пам'яті, до виходу якого під'єднаний вихідний вольтметр, три виходи блока керування підключені до входів керування триходового комутатора, перемикача полярності та підсумовуючого пристрою пам'яті, а другий вихід джерела опорної напруги, катод вимірювального діода та другі входи всіх трьох подільників напруги сполучені між собою

Винахід відноситься до техніки вимірювання температури і може бути використаний для підвищення точності вимірювання температури і забезпечення взаємозамінності напівпровідникових сенсорів з р-п переходом

Відомий спосіб вимірювання температури, який полягає в тому, що напівпровідниковий діод розміщують в середовищі з вимірюваною температурою, подають на діод різну за значенням напругу живлення з полярністю, яка відкриває р-п

(13) A
59763
(11)
UA
(19)

перехід діода, і вимірюють спад напруги на діоді, пропорційний до вимірюваної температури [патент України 10540, МКВ G01K7/22, 1996р.]

Однак, на точність вимірювання температури при цьому впливатиме розкид значень напруги живлення при різних її полярностях через неоднаковість амплітуд та технологічний і конструктивний розкид параметрів діодів, оскільки для кожної з полярностей вона формується шляхом подачі її через інші однотипні діоди, які повинні знаходитись в добромому тепловому контакті з вимірювальним діодом і бути включеними зустрічне по відношенню до нього. Точність вимірювання температури також зменшуватиметься через зміну значення напруги живлення викликану зміною електрофізичних параметрів діодів, через які вона подається, при змінах вимірюваної температури, а також за рахунок наявності опорів ліній зв'язку між напругою живлення і вимірюваним діодом, розкиду значень цих опорів від зразка до зразка і зміни їх значень при зміні умов довкілля.

Відомий також пристрій для вимірювання температури, який містить напівпровідниковий діод, розміщений у вимірюваному середовищі, диференціальний підсилювач, подільник напруги і вихідний вольтметр [патент України 10540, МКВ G01K7/22, 1996р.]

Через технологічний розкид параметрів чотирьох діодів (декілька процентів у межах однієї мікросхеми) та нерівність амплітуд додатного та від'ємного імпульсів генератора змінної напруги і температурну залежність параметрів струмозадавальних діодів виникатимуть адитивна та мультиплікативна складові похибки вимірювання температури, що не забезпечує взаємозамінності напівпровідникових сенсорів. Крім того, у цьому пристрої для вимірювання температури виникатимуть додатково адитивна, мультиплікативна та нелінійна складові похибки за рахунок технологічного розкиду параметрів діодів (їх зворотних струмів, температурних коефіцієнтів зворотних струмів та опорів баз і виводів областей бази і емітера) та омичного опору двопровідної лінії зв'язку сенсора з вимірювачем напруги, п-розкиду в залежності від довжини ліній, а також зміни їх опорів при змінах умов довкілля. Крім того, виникатиме методична похибка за рахунок нерівності температур усіх чотирьох діодів.

В основу винаходу покладена задача створення способу вимірювання температури та пристрою для його реалізації, в якому шляхом вдосконалення завдання струму через відкритий р-п перехід, а також алгоритму опрацювання спадків напруг на відкритому р-п переході, забезпечувались би високі точність та лінійність вимірювання температури, інваріантність до опорів бази, виводів областей бази та емітера діода і двопровідної лінії зв'язку, і результат вимірювання не залежав би від індивідуальних електрофізичних параметрів діодів, параметрів двопровідної лінії зв'язку, забезпечувалась би лінійність перетворення та висока точність і завадостійкість.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі для вимірювання температури, який полягає в тому, що вимірювальний діод поміщають в середовищі з вимірюваною температурою, по-

дають на діод різну за значенням напругу живлення з полярністю, яка відкриває р-п перехід діода, і вимірюють спад напруги на діоді, пропорційний до вимірюваної температури, згідно з винаходом, на діод подають три різні за значенням вимірювальні струми, які відкривають діод, за три проміжки часу, перший з яких удвічі більший за два інших, причому за перший проміжок часу на діод подають перше значення струму, визначають різницю спаду напруги на діоді та напруги, близької за значенням до спаду напруги на діоді при 0°C, підсилюють отриману різницю напруг і визначають та запам'ятовують перше результуюче значення напруги як різницю точно відомої за значенням напруги та попередньо визначеної і підсиленої різниці напруг, за другий проміжок часу на діод подають друге значення струму, визначають різницю спаду напруги на діоді та напруги, близької за значенням до спаду напруги на діоді при 0°C, підсилюють отриману різницю напруг і визначають друге значення напруги як різницю точно відомої за значенням напруги та попередньо визначеної і підсиленої різниці напруг, визначають різницю значення першої результуючої напруги та другого значення напруги і отримують друге значення результуючої напруги та запам'ятовують його, за третій проміжок часу на діод подають третє значення струму, визначають різницю спаду напруги на діоді та напруги, близької за значенням до спаду напруги на діоді при 0°C, підсилюють отриману різницю напруг і визначають третє значення напруги як різницю точно відомої за значенням напруги та попередньо визначеної і підсиленої різниці напруг, визначають різницю значення другої результуючої напруги та третього значення напруги і отримують значення напруги, яке пропорційне до вимірюваної температури, вимірюють та індукують його.

Це дозволяє підвищити точність, лінійність і завадостійкість вимірювання температури шляхом використання тільки одного вимірювального діода, значення струмів через який вибирають такими, щоб при виконанні всіх операцій запропонованого способу, забезпечувалась би взаємозамінність вимірювальних діодів, інваріантність до опорів бази, виводів бази та емітера, а також з'єднувальних ліній.

Поставлена задача вирішується також тим, що в пристрої для вимірювання температури, який містить вимірювальний діод, поміщений у вимірюване середовище, диференціальний підсилювач, перший подільник напруги і вихідний вольтметр, згідно з винаходом, введені джерело опорної напруги, другий та третій подільники напруги, тривходовий комутатор, генератор струму, перемикач полярності, суматор, підсумовуючий блок пам'яті та блок керування, при цьому перший вихід джерела опорної напруги сполучений із першими входами всіх трьох подільників напруги, вихід другого подільника напруги підключений до першого входу перемикача полярності, другий вхід якого під'єднаний до аноду вимірювального діода та виходу генератора струму, три виходи третього подільника напруги через тривходовий комутатор підключені до входу генератора стру-

му, вихід першого подільника напруги сполучений з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до виходу диференційного підсилювача, два входи якого підключені до виходів перемикача полярності, вихід суматора з'єднаний із входом підсумовуючого блоку пам'яті, до виходу якого під'єднаний вихідний вольтметр, три входи блоку керування підключені до входів керування тривиходового комутатора, перемикача полярності та підсумовуючого пристрою пам'яті, а другий вихід джерела опорної напруги, катод вимірювального діода та другі входи всіх трьох подільників напруги сполучені між собою.

Це дозволяє в пристрої для вимірювання температури при використанні тільки одного діода як сенсора температури, а також прецизійного джерела опорної напруги та подільників напруги з перетворювачем напруга-струм точно задавати всі три значення вимірювального прямого струму діода. Вибір тривалості першого часового проміжку вдвічі більшим за тривалість двох інших та зміна полярності підсилюваного спадку напруги на діоді та зміна полярності частини напруги джерела опорної напруги, дозволяють отримати вихідну напругу пристрою лінійною і точно пропорційною до температури у шкалі Цельсія, а також забезпечити її незалежність від опорів бази, виводів областей бази та емітера і двопровідної лінії зв'язку. Оскільки вихідна напруга пристрою пропорційна до температури з коефіцієнтом пропорційності залежним тільки від співвідношення точно відомих значень трьох вимірювальних струмів, то, тим самим, забезпечується висока точність вимірювання температури та взаємозамінність сенсорів.

На кресленні (Див фіг.) зображена структурна схема пристрою для реалізації способу вимірювання температури з напівпровідниковими сенсорами, де 1 - джерело опорної напруги, 2, 3, 4 - перший, другий та третій подільники напруги, 5 - тривиходовий комутатор, 6 - генератор струму, 7 - вимірювальний діод, 8 - перемикач полярності, 9 - диференційний підсилювач, 10 - суматор, 11 - підсумовуючий блок пам'яті, 12 - вихідний вольтметр, 13 - блок керування.

Спосіб для вимірювання температури здійснюють так:

Вимірювальний діод 7 поміщають в середовищі з вимірюваною температурою. З допомогою двопровідної лінії зв'язку на діод 7 подають три значення вимірювального струму I_1 , I_2 , I_3 ,

$$I_1 = m_1 E_0 = p_1 G E_0, \quad (1)$$

$$I_2 = m_2 E_0 = p_2 G E_0, \quad (2)$$

$$I_3 = m_3 E_0 = p_3 G E_0, \quad (3)$$

де E_0 - значення вихідної прецизійної напруги джерела опорної напруги 1,

m_1 , m_2 , m_3 - відповідно коефіцієнти перетворення прецизійної напруги у вимірювальний струм діода в трьох часових проміжках,

G - коефіцієнт перетворення генератора струму 6,

P_1 , P_2 , P_3 - коефіцієнти поділу третього подільника напруги 4 відповідно по першому, другому та третьому виходах.

Температурна залежність спадку напруги U_i на відкритому р-п переході описується наступним

рівнянням [Василюк В.М. Принципи побудови високоточних температурних сенсорів на основі р-п переходу // Міжвідомчий науково-технічний збірник "Вимірювальна техніка та метрологія" - №53 - Львів ДУ "Львівська політехніка", 1998, С 70-76]

$$U_i = (r_b + R_b + R_n) \cdot I_i - (m_0 + m_T T_x) \cdot E_d \cdot G_T \cdot \Theta_x + 2\Phi_T \ln \left[\frac{\sqrt{I_{R0}^2 + 4 \cdot I_i \cdot I_{S0}} - I_{R0}}{2 \cdot I_{S0}} \right] \quad (4)$$

де $r_b = r_{b0} \frac{\ln(1+\delta)}{\delta}$ - температурна залежність опору бази,

r_{b0} - опір бази при температурі $\Theta = 0^\circ\text{C}$ ($T_0 = 273,15 \text{ K}$),

$\delta = \delta_0 + \delta_T T_x$ - коефіцієнт інжекції,

δ_0 - коефіцієнт інжекції при $T_x = T_0$,

δ_T - температурний коефіцієнт інжекції,

m_0 - коефіцієнт, що враховує дрейфову складову вимірювального струму при $\Theta_0 = 0^\circ\text{C}$,

m_T - температурний коефіцієнт дрейфового струму,

E_d - ширина забороненої зони напівпровідника при $T_x = T_0$,

G_T - температурний коефіцієнт ширини забороненої зони напівпровідника,

R_b - опір виводів областей бази та емітера діода,

R_n - опір лінії зв'язку,

$\Phi_T = \frac{kT_x}{q}$ - температурний потенціал,

k - стала Больцмана,

q - заряд електрона,

T_x - вимірювана температура,

I_i - значення вимірюваного струму через відкритий р-п перехід в i -тому проміжку часу,

I_{S0} , I_{R0} - відповідно значення теплового та рекомбінаційного струмів р-п переходу при $T_x = T_0$.

При виборі значення вимірювального струму в діапазоні вимірювання від -100 до $+200^\circ\text{C}$ не більшим 1 mA , з похибкою не більшою від $0,1 \text{ mV}$ або $0,05^\circ\text{C}$, рівняння (4) переписується у вигляді [Засименко В.М., Яцук В.О. Якісна оцінка метрологічних характеристик температурних каналів індивідуальних теплолічильників // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" - №445 - Львів, 2002 - С 155-160]

$$U_i = (r_b + R_b + R_n) \cdot I_i - (m_0 + m_T T_x) \cdot E_d \cdot G_T \cdot \Theta_x + \Phi_T \ln \frac{I_i}{I_{S0}} \quad (5)$$

За перший проміжок часу спад напруги на діоді 7 U_1 дорівнюватиме

$$U_1 = (r_b + R_b + R_n) \cdot I_1 - (m_0 + m_T T_x) \cdot E_d \cdot G_T \cdot \Theta_x + \Phi_T \ln \frac{I_1}{I_{S0}} \quad (6)$$

від якого віднімають напругу $k_2 E_0$ близьку за значенням до спадку напруги U_{d0} на діоді 7 при $\Theta_x = 0^\circ\text{C}$

$$k_2 E_0 \approx U_{d0} = (r_b + R_b + R_n) \cdot I_1 + \frac{kT_0}{q} \ln \frac{I_1}{I_{S0}} = k_2 E_0 \quad (7)$$

де k_2 - коефіцієнт поділу напруги другого подільника напруги 3, підсилюють отриману різницю напруг ($U_1 - k_2 E_0$) в K_n разів, віднімають від неї

точно відому напругу $k_1 E_0$, отримують і запам'ятовують перше значення результуючої напруги U_{p1}

$$U_{p1} = K_{\Pi}(U_1 - k_2 E_0) - k_1 E_0, \quad (8)$$

де k_1 - коефіцієнт поділу прецизійної напруги E_0 першим подільником напруги 2,

K_{Π} - коефіцієнт підсилення диференційного підсилювача 9

За другий проміжок часу спад напруги U_2 на діоді 7 дорівнюватиме

$$U_2 = (r_6 + R_6 + R_{\Pi}) I_2 - (m_0 + m_T T_x) E_d G_T \Theta_x + \Phi_T \ln \frac{I_2}{I_{S0}} \quad (9)$$

який віднімають від стабільної напруги $k_1 E_0$ підсилюють отриману різницю напруг $(k_2 E_0 - U_2)$ в K_{Π} разів, віднімають від неї точно відому напругу $k_1 E_0$, підсумовують отриману різницю напруг $K_{\Pi}(k_2 E_0 - U_2) - k_1 E_0$, із врахуванням співвідношень тривалості першого і другого проміжків часу,

отримують і запам'ятовують друге значення результуючої напруги U_{p2}

$$U_{p2} = U_{p1} - \frac{1}{2} [K_{\Pi}(k_2 E_0 - U_2) - k_1 E_0] \quad (10)$$

За третій проміжок часу спад напруги U_3 на діоді 7 дорівнюватиме

$$U_3 = (r_6 + R_6 + R_{\Pi}) I_3 - (m_0 + m_T T_x) E_d G_T \Theta_x + \Phi_T \ln \frac{I_3}{I_{S0}} \quad (11)$$

який віднімають від стабільної напруги $k_2 E_0$, підсилюють отриману різницю напруг $[k_2 E_0 - U_3]$ в K_{Π} разів, віднімають від неї точно відому напругу $k_1 E_0$, підсумовують отриману різницю напруг $K_{\Pi}(k_2 E_0 - U_3) - k_1 E_0$, із врахуванням співвідношень тривалості першого і третього проміжків часу, з другим значенням результуючої напруги U_{p2} , отримують і запам'ятовують третє значення результуючої напруги U_{p3}

$$U_{p3} = U_{p2} - \frac{1}{2} [K_{\Pi}(k_2 E_0 - U_3) - k_1 E_0] = (r_6 + R_6 + R_{\Pi}) \left(I_1 - \frac{I_2 + I_3}{2} \right) K_{\Pi} + K_{\Pi} \Phi_T \ln \frac{I_1^2}{I_2 I_3} - K_{\Pi} k_1 E_0 \quad (12)$$

Вибирають співвідношення між вимірювальними струмами таким, щоб

$$2I_1 - I_2 - I_3 = 0, \quad (13)$$

з урахуванням чого значення напруги U_{p3} дорівнюватиме

$$U_{p3} = K_{\Pi} \left(\frac{k T_x}{q} \ln \frac{I_1^2}{I_2 I_3} - k_1 E_0 \right) \quad (14)$$

вимірювання в шкалі Цельсія приймають

$$\frac{k T_0}{q} \ln \frac{I_1^2}{I_2 I_3} = k_1 E_0 \quad (14)$$

Третє значення результуючої напруги U_{p3}

$$U_{p3} = \Theta_x \frac{k K_{\Pi}}{q} \ln \frac{I_1^2}{I_2 I_3} = \Theta_x \frac{k K_{\Pi}}{q} \ln \frac{p_1^2}{p_2 p_3} \quad (15)$$

запам'ятовують та індукують як результат вимірювання

З рівняння (15) видно, що вимірюване значення температури Θ_x пропорційне до напруги U_{p3}

$$\Theta_x = \frac{q}{k K_{\Pi} \ln \frac{I_1^2}{I_2 I_3}} = \frac{q}{k K_{\Pi} \ln \frac{p_1^2}{p_2 p_3}} \quad (16)$$

не залежить ні від технологічних розкидів параметрів напівпровідникових діодів, ні від типу напівпровідникового матеріалу. Залежність (16) є принципово лінійною, її точність визначається тільки похибками коефіцієнтів поділу прецизійної напруги і коефіцієнта підсилення, які на сучасному етапі розвитку мікроелектроніки можуть бути реалізовані дуже точно, і бути стабільними в часі і при зміні умов довкілля.

Пристрій для вимірювання температури містить джерело опорної напруги 1, до першого виходу якого підключені перші входи всіх подільників напруги 2, 3, 4, тривходовий комутатор 5, три входи якого сполучені з трьома виходами третього подільника напруги 4, а вихід - із виходом генератора струму 6, вихід якого через вимірювальний діод 7 під'єднаний до спільної шини пристрою

та до другого входу перемикача полярності 8, перший вхід якого сполучений з виходом другого подільника напруги 3, а обидва виходи - із виходами диференційного підсилювача 9, виходом з'єднаного з другим виходом суматора 10, перший вхід якого підключений до виходу першого подільника напруги 2, а вихід - до виходу підсумовуючого блоку пам'яті 11, до виходу якого під'єднаний вихідний вольтметр 12, та блок керування 13. Входи керування тривходового комутатора 5, перемикача полярності 8 та підсумовуючого блоку пам'яті 11 під'єднані до виходів блоку керування 13. Другий вихід джерела опорної напруги 1, катод вимірювального діода 7 та другі входи всіх трьох подільників напруги 2, 3, 4 сполучені між собою та підключені до спільної шини пристрою.

Пристрій для вимірювання температури працює так

У перший проміжок часу блок керування підключає перший (середній за фігурою) вихід третього подільника напруги 4 через тривходовий комутатор 5 до виходу генератора струму 6, з виходу якого через вимірювальний діод 7 протікає вимірювальний струм I_1 . Блок керування 13 включає перемикач полярності 8 так, що до неінвертуючого входу диференційного підсилювача 9 підключається спадок напруги на діоді 7, а до його інвертуючого входу - вихідна напруга другого подільника 3. Диференційний підсилювач 9 підсилює цю різницю напруг і подає її на другий вхід суматора 10, на перший вхід якого подане точно відоме значення напруги з виходу першого подільника 2. Вихідна напруга суматора 10 за перший проміжок часу накопичується в підсумовуючому блоці пам'яті 11. Підсумовуючий блок пам'яті 11 може бути виконаний на базі інтегратора Міллера з пристроєм вибірки-зберігання та скидом в початковий стан [Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах - Л. Энергия, 1982 - 346с.]

За другий проміжок часу тривходовий комутатор 5 під'єднує другий (нижній за фігурою) вихід третього подільника напруги 4 до виходу генера-

тора струму 6, з виходу якого протікає струм I_2 через діод 7. Перемикач полярності 8 під'єднує спад напруги на діоді 7 до інвертуючого входу диференційного підсилювача 9, а його неінвертуючий вхід - до виходу другого подільника напруги 3. Створена різниця напруг підсилюється диференційним підсилювачем 9 і подається на другий вхід суматора 10, на перший вхід якого подане значення точно відомої напруги з виходу першого подільника 2, а вихід суматора 10 з'єднаний із входом підсумовуючого блоку пам'яті 11, на виході якого, з урахуванням стану перемикача полярності 8, зменшується напруга за проміжок часу удвічі менший від першого проміжку.

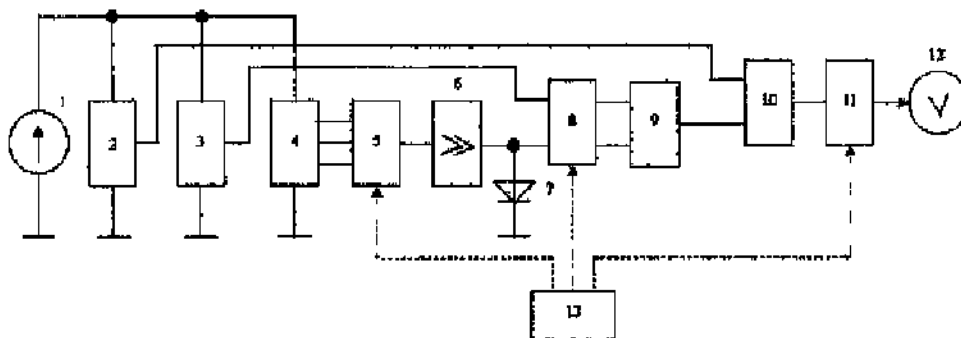
За третій проміжок часу тривходовий комутатор 5 під'єднує третій (верхній за фігурою) вихід третього подільника напруги 4 до входу генератора струму 6, з виходу якого протікає струм I_3 через діод 7. Перемикач полярності під'єднує спад напруги на діоді 7 до інвертуючого входу диференційного підсилювача 9, а його неінвертуючий вхід - до виходу другого подільника напруги 3. Створена різниця напруг підсилюється диференційним підсилювачем 9 і подається на другий вхід суматора 10, на перший вхід якого подане точно відоме значення напруги з виходу першого подільника напруги 2, а вихід суматора 10 з'єднаний із входом підсумовуючого блоку пам'яті 11, на виході якого, з урахуванням стану перемикача полярності 8, зменшується напруга за проміжок часу удвічі менший від першого проміжку часу.

В кінці третього проміжку часу вихідна напруга підсумовуючого блоку пам'яті 11 подається на вольтметр 12 та індукується як результат вимірювання.

Для підвищення точності при градуюванні шкали вольтметра зміною коефіцієнта поділу першого подільника напруги 2 можна встановлювати таке значення напруги, при якій покази вихідного вольтметра 12 стають рівними нулю при $T_x = T_0 = 273,15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$, таким чином, скорегувати адитивну складову похибки всього пристрою для вимірювання температури. Для корекції мультиплікативної складової похибки зміною коефіцієнта передачі K_D диференційного підсилювача 9 можна встановлювати покази вихідного вольтметра в кінці шкали.

Як напівпровідникові сенсори можна використовувати будь-які діоди, в т.ч. безкорпусні, що дає можливість "точкових" вимірювань температури. Точність вимірювання температури визначається тільки похибками відношення резисторів, може сягати значень тисячних процента, причому стабільність цих відношень буде набагато вищою від стабільності окремого резистора. Запропонований пристрій легко може бути виконаний в інтегральному виконанні, у вигляді окремої мікросхеми, або як вимірювальний канал температури у багатофункціональних мікросхемах.

Таким чином, запропонований спосіб та пристрій для вимірювання температури підвищує точність і стабільність вимірювання температури, забезпечує взаємозамінність напівпровідникових сенсорів за рахунок виключення нестабільних параметрів напівпровідникових сенсорів із результату вимірювання, забезпечують інваріантність до впливу опорів бази і виводів бази та емітера вимірювального діода, а також опорів двопровідної з'єднувальної лінії зв'язку.



Фіг.