

<sup>1</sup>Василь Вікторович Кузавков (канд. техн. наук, доцент)<sup>2</sup>Сергій Миколайович Кононенко<sup>2</sup>Євген Олександрович Судніков<sup>1</sup>Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, Київ, Україна<sup>2</sup>Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

## ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ КОНТАКТНОГО СПОСОБУ ЗНЯТТЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В МЕТОДІ ВЛАСНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Розглянуто основні характеристики датчиків температури, сукупність яких дозволяє порівнювати датчики між собою та цілеспрямовано обирати найбільш відповідні поставленим завданням, достоїнства та недоліки напівпровідникових датчиків температури (діоди, транзистори) зміна концентрації носіїв заряду в яких приводить до зміни струму, що протікає через напівпровідниковий прилад, температурних датчиків на основі автоепітаксимальних та гетероепітаксимальних структур. Крім того, розглянуто особливості виміру діагностичного параметру (температури) в методі власного випромінювання, через контакт двох поверхонь (поверхня радіоелектронного компонента (РЕК) – пристрій зняття діагностичної інформації). Цей метод застосовано для локалізації несправного РЕК в складі цифрового блоку сучасної радіоелектронної техніки (РЕТ) засобами автономної автоматизованої системи діагностування (АА СД).

**Ключові слова:** датчик температури; діагностична інформація; метод власного випромінювання.

### Вступ

**Постановка проблеми.** У даний час все більше поширення набувають об'єкти РЕТ, які є об'єднанням модулів різного фізичного виконання й призначення. Однією з основних вимог, які пред'являються до РЕТ на етапі експлуатації, є забезпечення їх надійності. Забезпечити задану надійність можна застосуванням нових ефективних методів для розробки сучасних систем технічного діагностування. Основною вимогою до даних систем являється використання інформаційних технологій для виміру діагностичних параметрів цифрових блоків.

Існуючі методи, що використовуються для проведення контролю технічного стану цифрових радіоелектронних блоків (методи параметричного, функціонального контролю, контролю по характеристикам вихідних сигналів, по показниках якості для аналогових радіоелектронних блоків і методи тестового контролю для цифрових радіоелектронних блоків) мають ряд недоліків, основні з яких полягають у наступному:

при проведенні діагностування використовується велика кількість контрольних точок в яких вимірюються велика кількість діагностичних параметрів, що впливає на об'єм апаратної частини системи діагностування (СД) та тривалість і достовірність проведення контролю;

збільшення ступеня інтеграції радіоелементів, кількості зовнішніх виходів і режимів роботи РЕТ приводить до недопустимого збільшення вартості сучасних систем діагностування;

обмежене застосування сучасних інформаційних технологій при побудові систем технічного діагностування;

відсутність можливості обміну інформацією з аналогічними системами, взаємодії з існуючими пошуковими системами;

відсутність єдиного методологічного підходу, який би визначив основні принципи розробки нових ефективних методів технічного діагностування з використанням інформаційних технологій;

необхідність реєстрації діагностичних сигналів наведених у “антенному” пристрої, рівень яких дорівнює рівню шумів.

Таким чином, існуючі підходи до систем контролю технічного стану цифрових радіоелектронних блоків не відповідають сучасним вимогам до систем цього класу. Тому необхідно вирішити наукову задачу, що полягає в дослідженні і розробці нових принципів і методів побудови універсальних, автоматизованих систем контролю технічного стану об'єктів РЕТ, які дозволяють визначати технічний стан з точністю до елемента, що не відновлюється, при відносно невеликих економічних затратах з заданими показниками якості.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Стрімкий розвиток електроніки та обчислювальної техніки виявився передумовою для широкої автоматизації найрізноманітніших процесів у промисловості та наукових дослідженнях. Реалізація цієї передумови значною мірою визначалася можливостями пристроїв для одержання інформації про регульований параметр або процес, тобто можливостями датчиків. Датчики перетворюють вимірювальний параметр у вихідний сигнал, який можна виміряти та оцінити кількісно, та є “органами почуттів” сучасної техніки [1,2,4,5]. Серед широкої розмаїтості

вимірювальних параметрів одним з основних є температура. Її вимір необхідно проводити у всіх складних технологічних процесах. Велика розмаїтість датчиків температури, що працюють на різних фізичних принципах і виготовлених з різних матеріалів, дозволяє вимірювати її навіть у самих важкодоступних місцях - там, де інші параметри виміряти неможливо (наприклад, в активній зоні атомних реакторів) [3,4,7,11]. Температура як кількісний показник внутрішньої енергії тіл є універсальною характеристикою об'єктів і процесів фізичного світу, в якому безперервно відбувається генерація, перетворення, передача, накопичення і використання енергії в її різних формах. Аналіз теплових процесів (температурних полів, втрат тепла тощо) дозволяє отримати різноманітну інформацію про стан об'єктів і протіканні фізичних процесів у різних областях діяльності. [10].

**Метою статті** є формування підходів щодо використання вимірювачів температури в якості датчиків діагностичного сигналу для АА СД цифрових блоків РЕТ.

### Виклад основної матеріалу досліджень

Розглянемо основні характеристики датчиків температури, сукупність яких дозволяє порівнювати датчики між собою та цілеспрямовано обирати датчики, найбільш відповідні поставленим завданням [2].

1. Функція перетворення (градувальна характеристика) являє собою функціональну залежність вихідної величини від вимірюваної:

$$y = f(x) \quad (1)$$

Залежність представляється в іменованих величинах:  $y$  – в одиницях вихідного сигналу або параметра датчика,  $x$  – в одиницях величини, що вимірюється. Для датчиків температури – Ом/°C або мВ/К.

2. Чутливість - відношення збільшення вихідної величини датчика до збільшення його вхідної величини:

$$S = \frac{dy}{dx} \quad (2)$$

Для лінійної частини функції перетворення чутливість датчика постійна. Чутливість датчика характеризує ступінь досконалості процесу перетворення в ньому вимірюваної величини.

3. Поріг чутливості - мінімальна зміна значення вхідної величини, яку можна впевнено виявити. Поріг чутливості зв'язаний як із природою самої вимірюваної величини, так і з досконалістю процесу перетворення вимірюваної величини в датчику.

4. Межа перетворення - максимальне значення вимірюваної величини, що може бути обмірюване без необоротних змін у датчику в результаті робочих впливів. Верхня межа вимірів датчика звичайно менше межі перетворення принаймні на 10%.

5. Метрологічні характеристики - визначаються конструктивно-технологічними особливостями датчика, стабільністю властивостей застосовуваних у ньому матеріалів, особливостями

процесів взаємодії датчика з вимірюваним об'єктом.

Метрологічні характеристики, у свою чергу, визначають характер і величини погрешностей виміру датчиків. Частина погрешностей може бути випадковими (враховуються методами математичної статистики) або систематичними (погрешності можуть бути аналітично описані та виключені з результатів виміру).

6. Надійність - розглядається у двох аспектах: механічна надійність і метрологічна надійність.

7. Експлуатаційні характеристики - до їхнього числа можуть бути віднесені: маса, габаритні розміри, споживана потужність, міцність електричної ізоляції, номінали використовуваних електричних напруг і т.д.

В якості напівпровідникових датчиків температури використовуються діоди та транзистори, де зміна концентрації носіїв заряду приводить до зміни струму, що протікає через напівпровідниковий прилад [3].

Основним недоліком термодатчиків на основі діодів і транзисторів є складність одержання їх номінальної статистичної характеристики через розкид основних параметрів транзисторів: коефіцієнту підсилення по струму, опору базової області, струму витоку та ін. Аналіз і оцінка впливу розкиду зазначених параметрів на точність виміру температури при використанні номінальної статистичної характеристики [4], показали, що для прямих параметрів транзисторів із градуванням при одній температурі погрешність виміру в схемі із загальним емітером - не більше 2 і 50% при коефіцієнті підсилення по струму  $\beta \leq 30$  і  $\beta \geq 200$  відповідно. Важливою характеристикою для широкого впровадження термодатчиків на основі транзисторів і діодів є стабільність їхніх параметрів. Результати дослідження довгострокової стабільності термодатчиків на основі транзисторів з температурою залежним параметром - прямою напругою на р-п переході залежно від температури та тривалості експлуатації показують, що погрешність виміру ними може становити (0,01...0,15)К у перший рік експлуатації та (0,002...0,04)К - на другий рік. Основними причинами нестабільності варто вважати оборотний процес гідратації-дегідратації оксидного шару на поверхні напівпровідникового кристалу та виникнення залишкових деформацій у ньому внаслідок неоднаковості температурних коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів РЕК [5].

Вплив температури на електрофізичні параметри напівпровідників в основному проявляються в зміні концентрації носіїв заряду, що приводить до відповідної зміни електричної провідності. На цьому принципі працюють напівпровідникові терморезистори. Датчики на основі терморезисторів також мають ряд недоліків.

Температурна залежність опору носить нелінійний характер, оскільки величина температурного коефіцієнту опору (ТКО) у робочому діапазоні температур змінює свою величину (іноді навіть на кілька порядків).

Технологія виготовлення чутливих елементів не дозволяє одержувати номінальні значення опорів навіть для одного типу з розкидом менше (10...20)%. Крім того, значення температурного коефіцієнту опору терморезисторів однієї конфігурації можуть відрізнятися майже у два рази [6], внаслідок чого відсутня їх взаємозамінність.

Але основним недоліком вимірювачів температури цього типу є те, що вони мають низьку часову стабільність та відтворюваність.

Значно більшою стабільністю електрофізичних властивостей, у порівнянні з аморфними речовинами, володіють монокристали. На основі чутливих елементів, виготовлених з монокристалічного кремнію, розроблені та випускаються серійно термодатчики із широким набором номінальних опорів  $R_n$ , що працюють у діапазоні температур кілька сотень Кельвіна. Для датчиків цього типу характерні наступні недоліки:

значний розкид номінальних опорів (5...10)%, викликаний розкидом питомого опору та розмірів кристала кремнію. Зменшення розкиду значень  $R_n$  до (1...2)% досягається лише розбракуванням чутливих елементів;

розкид значень ТКС, обумовлений розкидом ступеня легування кремнію. Зменшення розкиду значень ТКС обмежено можливостями сучасної технології;

досить велике значення показника термічної інерції через необхідність розміщення напівпровідникових чутливих елементів у корпусах для їхнього захисту від навколишнього середовища та забезпечення електричної ізоляції від об'єкту.

Крім того, процес зборки термодатчиків такого типу важко піддається автоматизації та здійснюється з використанням великої частки ручної праці.

Поліпшення характеристик напівпровідникових датчиків температури та спрощення їхньої конструкції досягнуто при використанні чутливих елементів, виготовлених з тонких плівок напівпровідника, нанесеного на напівпровідникову або діелектричну підкладку. Виготовлення таких датчиків здійснюється масовими методами планарної технології, які забезпечують одержання значень номінальних опорів з досить високою точністю і, крім того, дозволяють використати при виготовленні лазерні методи підгонки номінальних опорів.

Для плівкових термодатчиків на основі автоепітаксціальних структур "кремній на кремнії" а також для елементів на основі дифузійних кремнієвих тензорезисторів основним недоліком є низька верхня межа робочих температур, що обумовлено різким погіршенням ізолюючих властивостей р-п переходу при температурах більше (410...430)К [7].

Більші можливості по подальшому вдосконалюванню плівкових термодатчиків виникли з появою в серійному виробництві

гетероепітаксціальних структур "кремній на сапфірі" (КНС), які являють собою тонку (від часток до декількох мікрометрів) плівку монокристалічного кремнію, вирощену на підкладці з монокристалічного сапфіру [8]. Використання структур КНС дозволяє створювати термодатчики, що характеризуються сполученням достоїнств датчиків з монокристалічними і плівковими кремнієвими чутливими елементами. Застосування монокристалічної плівки кремнію для виготовлення терморезисторів забезпечує підвищену стабільність характеристик термодатчиків. Гарні ізолюючі властивості сапфіра аж до температур близько 1300К дозволяють створювати термодатчики, верхня межа робочих температур яких, обмежений тільки фізичними властивостями кремнію. Високий коефіцієнт теплопровідності сапфіру сприяє зниженню показника теплової інерції термодатчика.

На цей час, на основі чутливих елементів із КНС - структур розроблений ряд термодатчиків (ТЭЭ-295, ТЭ-1, ТЭ-2 діапазон температур від 73 – 473К, основна погрішність 0,25%, сигнал постійного струму (4...20) мА) [2,9].

Розвиток мікроелектроніки призвів до створення мініатюрних (розмір корпусу типу 3-Pin TO-92 становить 5,2\*5,3\*4,19 мм.) вимірювачів температури з вбудованим 8-розрядним аналого-цифровим перетворювачем в своєму складі (похибка виміру температури в діапазоні -25<sup>0</sup>С - +100<sup>0</sup>С становить 0,071<sup>0</sup>С [10]. Спрощена блок схема такого вимірювача наведена на рис. 1. Подібні датчики температури можуть бути підключені безпосереднє до вимірювальних систем (АА СД) на основі мікропроцесорів (мікроконтролерів) в якості датчиків діагностичного сигналу.

Одна з галузей, яка отримала найбільше поширення при застосуванні моніторингу температури, стала діагностика РЕТ. Електронні та мікроелектронні пристрої та плати, найбільше піддаються впливу температури, що викликано особливостями їх дизайну. Вони містять багато дрібних компонентів, що викликає труднощі для відстеження їхнього стану навіть із застосуванням комплексних комп'ютеризованих термографічних систем [11].

При діагностуванні, температура вимірюється безпосередньо в тій точці, де розташований вимірювальний датчик, що дає змогу визначення технічного стану окремого компоненту (РЕК) у середині системи (блоку).

Співаючись на основні характеристики та можливості існуючих датчиків температури, розглянемо особливості їхнього застосування для виміру діагностичного параметру (температури) в методі власного випромінювання, через контакт двох поверхонь (поверхня РЕК – пристрій зняття діагностичної інформації).

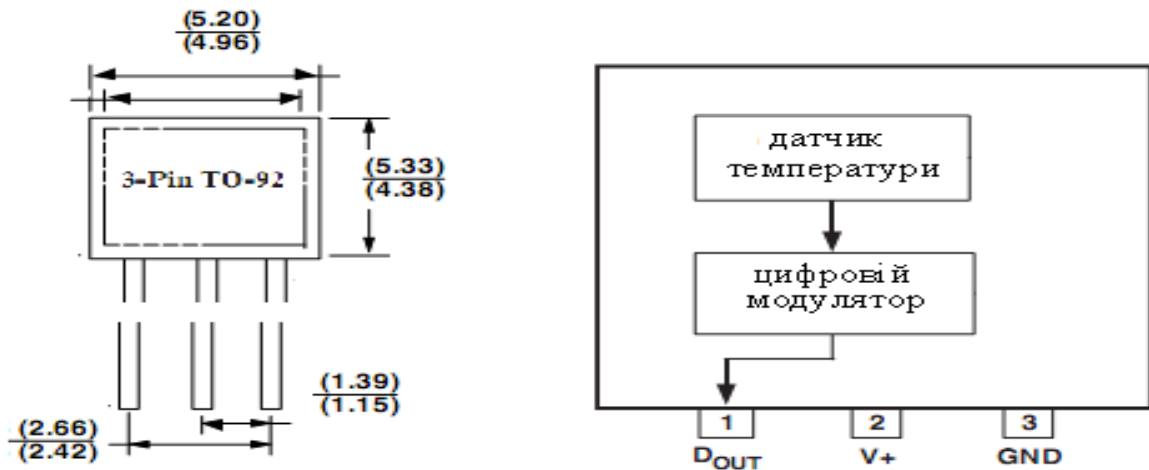


Рис. 1. Розміри та спрощена блок схема мініатюрного цифрового вимірювача температури

У загальному випадку такий контакт має вид, представлений на рис. 2. Теплопередача тут здійснюється як через точки контакту нерівностей поверхонь, так і через середовище між нерівностями.

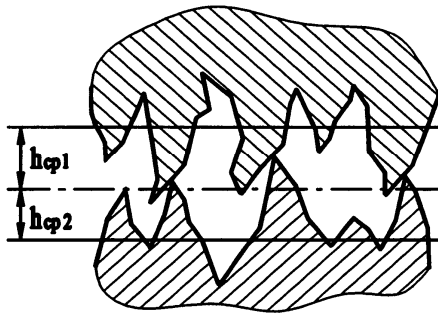


Рис. 2. Механічний контакт поверхонь при знятті діагностичної інформації

Одним зі способів розрахунку теплового опору контакту шорстких поверхонь є спосіб що описано в [12]. Він полягає в тому, що окремо розраховуються теплові опори власне контакту  $R_{TK}$  і прошарку “середовища”  $R_{TC}$  по формулах:

$$R_{TK} = \frac{3\sigma_B 10^{-4}}{2,1N\lambda^*}; \quad R_{TC} = \frac{h_{cp1} + h_{cp2}}{2\lambda_c S_H} \dots (3)$$

де  $\sigma_B$  – межа міцності менш пластичного (тобто що володіє меншим  $\delta$  відносним подовженням при розриві) матеріалу поверхонь що контактують;

$N$  – повне зусилля в контактї;

$$\lambda^* = \frac{2\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \dots \text{— приведений коефіцієнт}$$

теплопровідності контакту,

де  $\lambda_1$  та  $\lambda_2$  – коефіцієнти теплопровідності кожного з контактуючих матеріалів;

$\lambda_c$  – коефіцієнт теплопровідності середовища в прошарку між контактуючими поверхнями;  $h_{cp1}$ ,  $h_{cp2}$  – середні значення висот мікронерівностей

на контактуючих поверхнях (визначаються рівнем шорсткості поверхонь);

$S_H$  – номінальна площа контакту (визначається геометричними розмірами контактуючих деталей);

$R_{TK}$ ,  $R_{TC}$  – теплові опори власне контакту (його “твердій” частині) і прошарку між поверхнями.

Обидва теплові опори в (3) “включені” паралельно, тому повний тепловий опір контакту  $R_T$  може бути знайдено з виразу:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{TK}} + \frac{1}{R_{TC}} = \frac{2,1N\lambda^*}{3\sigma_B 10^{-4}} + \frac{2\lambda_c S_H}{h_{cp1} + h_{cp2}}, (4)$$

$$\frac{1}{R_T} = 2 \cdot \frac{0,35 \cdot 10^4 N\lambda^* (h_{cp1} + h_{cp2}) + \lambda_c S_H \sigma_B}{\sigma_B (h_{cp1} + h_{cp2})}, (5)$$

$$R_T = 0,5 \cdot \frac{\sigma_B (h_{cp1} + h_{cp2}) U}{0,35 \cdot 10^4 N\lambda^* (h_{cp1} + h_{cp2}) + \lambda_c S_H \sigma_B}. (6)$$

Розглянутий метод дає декілька занижені значення  $R_T$  тому, що контакт деталей здійснюється по окремим точкам – контактним плямам (рис. 2), що утворюються при зминанні гребінців мікронерівностей під дією сили  $N$ , що стискує контакт. При цьому фактична площа контакту  $S_{факт}$ , яка і визначає його опір визначається співвідношенням:

$$S_{факт} = \frac{N}{\sigma_{см}} (7)$$

де  $\sigma_{см}$  – межа міцності матеріалів контактуючих поверхонь при зминанні.

Чим більше шорсткість поверхні, тим менше виявляється точок контакту, але тоді кожна з них “зминається” до більшої площі, а сумарна фактична площа “твердої” частки контакту визначається співвідношенням (7).

Таким чином, ДП з урахуванням значення теплового опору контактуючих поверхонь (4), матиме вид:

$$T_{\Pi} = T_0 + 0,5 \frac{\sigma_B (h_{cp1} + h_{cp2}) IU}{0,35 \cdot 10^4 N \lambda^* (h_{cp1} + h_{cp2}) + \lambda_c S_H \sigma_B} \left( 1 - e^{-\frac{2t}{mC} \left( \frac{0,35 \cdot 10^4 N \lambda^* (h_{cp1} + h_{cp2}) + \lambda_c S_H \sigma_B}{\sigma_B (h_{cp1} + h_{cp2})} \right)} \right) \quad (8)$$

або

$$T_{\Pi} = T_0 + 0,5 \frac{\sigma_B (h_{cp1} + h_{cp2}) I^2 R}{0,35 \cdot 10^4 N \lambda^* (h_{cp1} + h_{cp2}) + \lambda_c S_H \sigma_B} \left( 1 - e^{-\frac{2t}{mC} \left( \frac{0,35 \cdot 10^4 N \lambda^* (h_{cp1} + h_{cp2}) + \lambda_c S_H \sigma_B}{\sigma_B (h_{cp1} + h_{cp2})} \right)} \right) \quad (8')$$

Вирази (8,8') характеризують вимірне значення температури поверхні РЕК при контактному способі зняття діагностичної інформації в методі власного випромінювання. Отримане значення температури (ДП) використовується для локалізації несправного РЕК в складі цифрового блоку.

### Висновки

Аналіз літературних джерел дозволяє зробити висновок про широке використання в системах регулювання напівпровідникових датчиків температури, розмаїтість яких дозволяє вирішувати складні завдання. Датчики, що з'явилися останнім часом, на ізолюючих підкладках типу КНС - структур дозволяють у багатьох випадках замінити традиційні металеві (наприклад платинові) датчики і тим самим здешевити виміри та підвищити надійність систем. Використання зазначених температурних вимірювачів в якості датчиків діагностичного сигналу для АА СД цифрових блоків РЕТ дозволяє не лише скоротити час визначення технічного

стану та повторюєть результатів вимірів, а і підвищити надійність системи взагалі.

Вимірне значення температури, при контактному способі зняття діагностичного параметру в методі власного випромінювання, враховує значення теплового опору власне контакту  $R_{TK}$  і прошарку "середовища"  $R_{TC}$  (8,8'). Загальний результат вимірів, окрім характеристик обраного датчика температури, залежить також від фізичних властивостей матеріалів, що приймають участь у процесі виміру (номінальна площі контакту  $S_H$ , межі міцності матеріалів контактуючих поверхонь при змінанні  $\sigma_{cm}$ , рівня шорсткості поверхонь контакту (якості обробки поверхонь)).

**Напрямок подальших досліджень** є розробка узагальненої методики виміру діагностичних параметрів цифрових блоків РЕТ за допомогою АА СД та реалізованого в неї методу власного випромінювання.

### Література

1. Трофимов Н. А. Измерение параметров теплофизических процессов в ядерной энергетике / Н. А. Трофимов, В. В. Лаппо – М. : Атомиздат, 1979. – 224 с. 2. Коптев Ю. Н. Датчики теплофизических и механических параметров. Справочник, т.1, кн.1 / Коптев Ю. Н. ; Под ред. Багдатьяна Е. Е., Гориша А. В., Малкова Я. В. – М. : ИПЖР, 1998. – 458 с. 3. Федотов Я. А. Основы физики полупроводниковых приборов / Федотов Я. А. – М. : Сов.радио, 1969. – 592 с. 4. Фогельсон И. Б. Транзисторные термодатчики / Фогельсон И. Б. – М. : Сов.радио, 1972. – 129 с. 5. Гордов А. Н. Основы температурных измерений / Гордов А. Н., Жагулло О. М., Иванова А. Г. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 302 с. 6. Шефтель И. Т. Терморезисторы / Шефтель И. Т. – М. : Наука, 1973. – 415 с. 7. Mallon I. Advances in high temperature solid pressure transducers / I. Mallon, D. Germantion – Adv. In Instrum., 1970, v. 25, part 2. 8. Папков В. С. Эпитаксиальные кремниевые слои на диэлектрических

подложках и приборы на их основе / В. С. Папков, М. Б. Цыбульников – М. : Энергия, 1979. – 90 с. 9. Суханова Н. Н. Полупроводниковые термопреобразователи с расширенным диапазоном рабочих температур / Н. Н. Суханова, В. И. Суханов, А. Я. Юровский // Датчики и системы. – 1999. – № 7, 8. 10. Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/view.jsp DS1821>. 11. Вишнівський В. В. Термографія як засіб пасивного контролю технічного стану радіоелектронних схем. Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій / В. В. Вишнівський, В. В. Кузавков, Є. В. Редзюк // VII-й Науково-практичний семінар "Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення". – 2013. – С. 86. 12. Вавилов В. П. Тепловые методы контроля композиционных структур и изделий радиоэлектроники. / Вавилов В. П. – М. : Радио и связь, 1984. – 162 с.

## ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ КОНТАКТНОГО СПОСОБА СНЯТИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В МЕТОДЕ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

<sup>1</sup>Василий Викторович Кузавков (канд. техн. наук, доцент)

<sup>2</sup>Сергей Николаевич Кононенко

<sup>2</sup>Евгений Александрович Судников

<sup>1</sup>*Военный институт телекоммуникаций и информатизации Государственного университета телекоммуникаций, Киев, Украина*

<sup>2</sup>*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

*Рассмотрены основные характеристики датчиков температуры, совокупность которых позволяет сравнивать датчики между собой и целенаправленно избирать наиболее соответствующие поставленной задаче, достоинства и недостатки полупроводниковых датчиков температуры (диоды, транзисторы) изменение концентрации носителей заряда в которых приводит к изменению тока протекающего через полупроводниковый прибор, температурных датчиков на основе автотаксиальных и гетеротаксиальных структур. Кроме того, рассмотрены особенности измерения диагностического параметра (температуры) в методе собственного излучения, через контакт двух поверхностей (поверхность радиоэлектронного компонента (РЕК) - устройство снятия диагностической информации). Этот метод использован для локализации неисправного РЕК в составе цифрового блока современной радиоэлектронной техники средствами автономной автоматизированной системы диагностирования.*

*Ключевые слова:* датчик температуры, диагностическая информация, метод собственного излучения.

## TEMPERATURE SENSORS FOR PIN METHOD OF DIAGNOSTIC INFORMATION RETRIEVAL IN THE METHOD OF OWN RADIATION

<sup>1</sup>*Vasyl V. Kuzavkov (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)*

<sup>2</sup>*Serhii M. Kononenko*

<sup>2</sup>*Yevhen O. Sudnikov*

<sup>1</sup>*Military Institute of Telecommunications and Informatization of State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

*The basic characteristics of temperatures sensors are considered totality of that allows to compare sensors between them and choose the most corresponding the set problem, advantages and disadvantages of semiconductor temperature sensors (diodes, transistors) the change of concentration of charge carriers which leads to the current change flowing through a semiconductor device, temperature sensors on the basis of avtoepitaksial and heteroepitaksial structures. Besides, the features of measuring the diagnostic parameter (of temperature) are considered in the method of own radiation, through the contact of two surfaces (a surface of radio electronic component (of the REC) is the device of diagnostic information removal). This method is used for localization the defective REC as part of the digital block of the modern radio electronic equipment by facilities of the self-contained automated diagnostic system.*

*Keywords:* temperature sensor; diagnostic information; method of self-radiation.

### References

- 1. Trofymov N.A., Lappo V.V.** (1979), Measurement of thermal processes in the nuclear power industry. [*Izmerenie parametrov teplofizicheskikh processov v yadernoy jenergetike*], Moscow, Atomizdat, 224 p.
- 2. Koptev Yu.N., Bahdateva E.E., Horysha A.V., Malkova Ya.V.** (1998), The sensors of thermal and mechanical parameters. [*Datchyky teplofizycheskykh y mekhanicheskyykh parametrov*], Spravochnyk, t.1, kn.1, M. YPZhR, 458 p.
- 3. Fedotov Ya.A.** (1969), Fundamentals of Physics of Semiconductor Devices. [*Osnovy fiziki poluprovodnikovyykh priborov*], Moscow, Sov.radyo, 592 p.
- 4. Fohelson Y.B.** (1972), Transistor thermal sensors. [*Tranzistornye termodatchiki*], Moscow, Sov.radyo, 129 p.
- 5. Hordov A.N., Zhahullo O.M., Yvanova A. N.** (1992), Fundamentals of temperature measurements. [*Osnovy temperaturnykh izmerenij*]. Moscow, Jenergoatomizdat, 302 p.
- 6. Sheftel Y.T.** (1973), Thermistors. [*Termorezistory*]. Moscow, Nauka, 415 p.
- 7. Mallon I., Germantion D.,** (1970), Advances in high temperature solid pressure transducers, Adv. In Instrum, v.25, part 2.
- 8. Papkov V.S., Cybul'nikov M.B.** (1979), Epitaxial silicon layers on dielectric substrates and devices based on them. [*Jepitaksial'nye kremniyevye sloi na dijelektricheskikh podlozhkah i pribory na ih osnove*], Moscow, Jenergija, 90 p.
- 9. Sukhanova N.N., Sukhanov V.Y., Yurovskiy A.Ya.** (1999), Semiconductor thermocouples with an extended range of operating temperatures. Sensors and systems. [*Poluprovodnikovye termopreobrazovateli s rasshirenym diapazonom rabochnih temperatur. Datchiki i sistemy*], vol.7, p. 8. <http://www.alldatasheet.com/view.jspDS1821>.
- 11. Vyshnivskiy V.V., Kuzavkov V.V., Redziuk Ye.V.** (2013), Thermography as means of passive control of a technical condition of electronic circuits. [*Termohrafiya yak zasib pasyvnogo kontroliu tekhnichnoho stanu radioelektronnykh skhem*], Viiskoviy instytut telekomunikatsii ta informatyzatsii Derzhavnogo universytetu telekomunikatsii, VII-y Naukovo-praktychniy seminar „Priorytetni napriamky rozvytku telekomunikatsiinykh system ta merezh spetsialnoho pryznachennia” Kyiv, 86 p.
- 12. Vavylov V.P.** (1984), Thermal methods of control composite structures and electronics products. [*Teplovye metody kontrolja kompozicionnykh struktur i izdelij radiojelektroniki*], Moscow, Radyo y sviaz, 162 p.

Отримано: 11.02.2015 року