



УКРАЇНА

(19) UA (11) 39401 (13) A

(51) 7 G01B7/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ТЕНЗОМЕТРИЧНИЙ ПРИСТРІЙ ПРОФЕСОРА ГРАБАРА ДЛЯ ВИМІРУ МЕХАНІЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ

(21) 2000074058

(22) 10.07.2000

(24) 15.06.2001

(33) UA

(46) 15.06.2001, Бюл. № 5, 2001 р.

(72) Грабар Іван Григорович

(73) Житомирський інженерно-технологічний інститут

(57) 1. Тензометричний пристрій для виміру механічних деформацій, що складається з двох скріплених зв'язуючих шарів електроізоляційної підкладки, між якими розміщений чутливий елемент, що за допомогою виводів підключається до з'єднувальних дрітків вимірювальної схеми, який відрізня-

ється тим, що чутливий елемент виготовлений з двокомпонентної перколяційно-фрактальної суміші квазінезвзаємодіючих мікрочастинок типу "провідник-діелектрик", причому концентрація провідникової компоненти перевищує критичну величину, а підкладка є еластичною.

2. Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що як двокомпонентну перколяційно-фрактальну суміші квазінезвзаємодіючих мікрочастинок типу "провідник-діелектрик" використано суміш "терморозширений графіт-гума".

3. Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що еластична підкладка виготовлена з гуми.

Винахід належить до галузі машинобудування, приладобудування та аерокосмічної техніки і може застосовуватись у сучасних автоматизованих виробництвах, точних виконавчих керованих комп'ютерами механізмах, безлюдних технологіях тощо.

Відомі тензометричні пристрої, принцип дії яких базується на використанні тензорезистивного ефекту, що характеризує властивість провідникових та напівпровідникових матеріалів змінювати електропровідність та електричний опір при змінванні об'єму чи напруженого стану [1].

Основний недолік цих пристроїв - низька чутливість при малих значеннях вимірюваних деформацій.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до винаходу є провідниковий (дротовий або фольговий) тензодатчик опору. Прототип, як і пристрій, що пропонується, являє собою трьохшарову конструкцію, що складається зі скріплених зв'язуючою речовиною двох шарів електроізоляційної підкладки, між якими розміщено чутливий елемент. За допомогою виводів він підключається до з'єднувальних дрітків вимірювальної схеми [1]. Проте, на відміну від пристрою, що пропонується, чутливий елемент прототипу виготовлений у вигляді ґраток (дроту або фольги), який псується після першої ж деформації. Зміна опору чутливого елемента прототипу залежить від його деформації [1]:

$$R_{\epsilon} / R_0 = 1 + 2\epsilon \quad (1)$$

де: R_{ϵ} , R_0 - електричний опір чутливого елемента прототипу відповідно у деформованому та недеформованому стані;

ϵ - деформація чутливого елемента прототипу. З формули (1) видно: якщо максимально можлива деформація чутливого елемента прототипу дорівнюватиме, наприклад, 5%, його опір зміниться лише в 1.1 рази.

Отже, суттєвим недоліком прототипу є недостатня чутливість при вагомій собівартості вимірів.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення провідникового тензодатчика опору шляхом використання як чутливого елемента двокомпонентної перколяційно-фрактальної суміші квазінезвзаємодіючих мікрочастинок типу "провідник-діелектрик" з концентрацією провідникової компоненти більшою за критичну величину і використання еластичної підкладки, що забезпечує збільшення чутливості на 1-2 порядки при зменшенні собівартості вимірів тензометричним пристроєм професора Грабара для виміру механічних деформацій.

Саме використання як чутливого елемента суміші, що поєднує властивості фракталів та перколяційних систем, і дає надзвичайно велику чутливість опору від деформацій в порівнянні з прототипом. Крім того, в якості двокомпонентної перколяційно-фрактальної суміші квазінезвзаємодіючих мікрочастинок типу "провідник-діелектрик" може бути використана суміш "терморозширений графіт (ТРГ)-гума", яка є набагато дешевшою, ніж дорогі кольорові метали, з яких виготовляється одноразовий чутливий елемент прототипу. Технологія виготовлення перколяційно-фрактальної суміші також є доступнішою і дешевшою в порівнянні

(19) UA (11) 39401 (13) A

з достатньо складною технологією виготовлення ґраток - чутливого елемента прототипу, що призводить до значного зменшення собівартості вимірів.

Еластична підкладка може бути виготовлена з гуми. При проведенні випробувань використовувалась суміш ТРГ-гума. Частка ТРГ складала 60%. Шар ТРГ розчинявся в рідині, що містила сиру гуму, наклеювався на гумову підкладку товщиною 1,5 мм та висушувався. Товщина робочого шару суміші складала 150 мкм. В суміш були введені мідні контакти для підключення до з'єднувальних дротів вимірювальної схеми. На суміш зверху знов наклеювали гумову підкладку. Пристрій вулканізували. Загальна товщина пристрою (чутливого елемента в гумовій оболонці) складала 3,15 мм.

Суть винаходу пояснюється кресленням, де зображено схему запропонованого пристрою.

Пристрій складається з двох шарів еластичної електроізоляційної підкладки 1, що скріплені зв'язуючим 2, між якими розміщений чутливий елемент 3, від якого відходять виводи 4 для підключення до з'єднувальних дротів вимірювальної схеми.

Чутливий елемент 3 виготовлений з двокомпонентної перколяційно-фрактальної суміші квазі-невзаємодіючих мікрочастинок типу "провідник-діелектрик" з концентрацією провідникової компоненти P , що перевищує критичну величину P^* . Критична концентрація P^* - порогове значення концентрації провідникової компоненти, при якій з'являється перший з'єднуючий кластер перколяції. У даному випадку плоскої перколяції $P^*=0,59$ [2].

Пристрій працює таким чином.

Відомо [2], що для недеформованого стану підкладки є вірним рівняння:

$$\frac{R_\varepsilon}{R_0} = \left[\frac{1-P}{P-P^*} \right]^\gamma \text{ при } \varepsilon = 0, \quad (2)$$

де: R_ε , R_0 - електричний опір перетворювача відповідно у деформованому та недеформованому стані підкладки;

γ - критичний індекс перколяційної системи (для плоскої перколяції $\gamma \approx 0,5$);

ε - деформація підкладки.

Як буде вести себе перколяційно-фрактальна суміш, коли підкладку деформувати? Очевидно, при деформації змінюється площа підкладки, що призводить до зміни (перетворення) ефективного значення концентрації провідникової компоненти (збільшення площі при деформації підкладки при $P = \text{const}$ призведе до зменшення провідникової та збільшення діелектричної концентрації та навпаки).

Тоді при деформації підкладки в наближенні квазіневзаємодіючих мікрочастинок залежність опору від концентрації провідникової компоненти та величини деформації буде мати вигляд:

$$\frac{R_\varepsilon}{R_0} = \left[\frac{1-P^*}{\frac{P}{(1+\varepsilon)(1-\mu\varepsilon)} - P^*} \right]^\gamma, \quad (3)$$

де: μ - коефіцієнт Пуассона матеріалу підкладки.

Підібравши в (3) відповідні параметри P , P^* , μ , γ , а також діапазон деформацій ε , можна сконструювати пристрій якої завгодно чутливості. При $(P-P^*) \rightarrow 0$ чутливість можна зробити нескінченно великою. Па відміну від прототипу, для якого є вірним рівняння (1), у пристрої, що пропонується, відношення R_ε/R_0 має гіперболічну залежність від різниці $(P-P^*)$. Рівняння (3) має точку екстремуму.

Очевидно, що $\frac{\partial R_\varepsilon}{\partial \varepsilon} = 0$, звідки:

$$\varepsilon^* = \frac{1-\mu}{2\mu}. \quad (4)$$

Умова існування з'єднуючого кластера при деформації підкладки:

$$\frac{P}{(1+\varepsilon)(1-\mu\varepsilon)} \geq P^*, \quad (5)$$

що після підстановки (4) в (5) дає:

$$\frac{P_{\min}}{P^*} \geq \frac{(1+\mu)^2}{4\mu}. \quad (6)$$

Дане співвідношення дозволяє знайти мінімальну концентрацію електропровідної компоненти, при якій з'єднуючий кластер існує при будь-якій деформації підкладки. Для двовимірної моделі на гумовій підкладці ($P^*=0,59$; $\mu=0,5$) маємо:

$$P_{\min} \geq 0,59 \frac{(1+0,5)^2}{4 \cdot 0,5} = 0,664$$

Таким чином, при деформації підкладки тензометричного пристрою професора Грабара для виміру механічних деформацій зміна критичної концентрації провідникової компоненти у межах $P^* \in [0,59...1]$ дає надчутливі властивості чутливому елементу-пристрою, виготовленому з перколяційно-фрактальної суміші, велико зміни опору: $R \in [\infty...R_0]$. Це відкриває великі перспективи для пристрою, що пропонується, з базою від 5 мм до 3м, відповідно з вимірами деформації від 1 мм до 2 м, з похибкою, не гірше 0,1%.

Приклад. При деформації 10% і $P=0,618$, $P^*=0,59$, $\gamma=0,5$, $\mu=0,5$ для тензометричного пристрою професора Грабара для виміру механічних деформацій маємо:

$$\frac{R_\varepsilon}{R_0} = \sqrt{\frac{1-0,59}{\frac{0,618}{(1+0,1)(1-0,5 \cdot 0,1)} - 0,59}} = 17,2.$$

При деформації 10% для фольгового тензодатчика опору маємо:

$$R_\varepsilon/R_0 = 1 + 2 \cdot 0,1 = 1,2$$

тобто при деформації всього на 10% у тензометричному пристрою професора Грабара для виміру механічних деформацій опір збільшиться майже в 17,2 рази, тоді як у прототипа - в 1,2 рази.

Література:

1. Писаренко Г.С., Стрижало В.А. Экспериментальные методы в механике деформируемого твердого тела. - К.: Наук. думка. 1986. -264 с.
2. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. -М.: Мир. -1990. -Т.2. -400 с.



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
