



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98390** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)  
**G01N 27/00**  
**G01N 27/04** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2014 12307</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Мамуня Євген Петрович (UA),</b> <b>Левченко Володимир Володимирович (UA),</b> <b>Паращенко Ірина Миколаївна (UA),</b> <b>Клименко Юрій Олександрович (UA),</b> <b>Лебедєв Євген Вікторович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>17.11.2014</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.04.2015</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.04.2015, Бюл.№ 8</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ІНСТИТУТ ХІМІЇ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК НАН УКРАЇНИ,</b> Харківське шосе, 48, м. Київ-160, 02160 (UA)

**(54) ПОЛІМЕРНИЙ СЕНСОРНИЙ МАТЕРІАЛ**

**(57) Реферат:**

Полімерний сенсорний матеріал на основі полімерного зв'язуючого і електропровідного наповнювача. Як полімерне зв'язуюче містить силіконовий полімер "ВІКСЕЛ". Як електропровідний наповнювач - порошок електролітичної міді з частинками дендритної форми.

**UA 98390 U**



Корисна модель належить до полімерних матеріалів і може бути використана для контролю зовнішнього середовища, як чутливий елемент сенсорних приладів систем навігації і управління.

Відомий полімерний композиційний матеріал, що складається з епоксидної матриці, яка містить 0,5 % об. нікелевих нанодротів і який є чутливим до дії зовнішніх зусиль.

Композиційний матеріал має високу стабільність показників при циклічній дії навантаження/розвантаження і лінійну залежність між силою, деформацією та електричним опором.

Недоліками цієї композиції є нечутливість до малих значень зусиль, електричний відклик в діапазоні навантажень 10-400 МПа, а також низьке значення деформаційної чутливості [1].

Найбільш близькою за технічною суттю до заявленої корисної моделі є полімерна композиція на основі полімерного зв'язуючого поліефір-сульфону, наповнена 7 % об. електропровідними вуглецевими волокнами діаметром від 0,01 до 1 мкм. Полімерний матеріал має лінійну залежність між силою, деформацією та електричним опором та відносно низькі значення зусиль, в діапазоні яких проявляється електрична чутливість матеріалу, він має електричний відклик в діапазоні навантажень 1-25 МПа. Недоліками цього матеріалу є:

- низька чутливість до дії зусиль
- низькі значення деформаційної чутливості (гауч-фактора)
- невисока стабільність показників при циклічній дії навантаження/розвантаження [2]

Задача корисної моделі - отримати полімерний сенсорний матеріал з високою чутливістю до навантаження і деформації і придатний до використання в сенсорах тиску, зусиль або деформації.

Поставлена задача вирішується тим, що полімерний сенсорний матеріал на основі полімерного зв'язуючого і електропровідного наповнювача, згідно із запропонованою корисною моделлю, як полімерне зв'язуюче містить еластичний силіконовий полімер ВІКСЕЛ, як електричний наповнювач - порошок дисперсної міді є частинками дендритної форми розмірами 50-70 мкм, за наступного співвідношення компонентів, % об.:

силіконовий	полімер	70-75
"ВІКСЕЛ"		
порошок дисперсної міді (Cu)		25-30.

Для експериментальної перевірки полімерного сенсорного матеріалу були підготовлені шість сумішей матеріалу, два з яких, згідно з випробуваннями, показали найкращі результати (див. таблицю).

Як полімерне зв'язуюче використовували еластичний силіконовий полімер "ВІКСЕЛ" (ТУ У 25.1-00151644-177:2009), як наповнювач - електропровідний порошок дисперсної міді з частинками дендритної форми з розмірами 50-70 мкм (ГОСТ 4960-75 Порошок мідний електролітичний).

Суміш готували таким чином: в еластичний силіконовий полімер вводили каталізатор УП-2 та мідний порошок за співвідношенням, згідно з таблицею, та механічно перемішували протягом 10 хв. Отриману суміш темно-коричневого кольору поміщали у форму товщиною 2,5 мм. та вакуумували протягом 5 хв. Форму з сумішшю виймали з вакуумної шафи і отверджували протягом 24 год. за температури  $20 \pm 1$  °C та вологості повітря 45 %.

Випробування полімерного матеріалу проводили на модифікованому приладі ТМА 400Е (виробництва Instrument USA), що одночасно надає зусилля на зразок (яке може змінюватись згідно заданої програми для проведення циклічних випробувань) та реєструє значення деформації і опору.

З отвердженого полімерного матеріалу вирізали зразок у вигляді диска діаметром 6 мм і товщиною 2,5 мм, вміщували між двома потужними електродами і монтували в комірку приладу, таким чином, що зусилля діяли на здавлювання композиції нормально до площини електричного опору зразка.

Випробування проводилися в циклічному режимі навантаження/розвантаження в діапазоні 0,005-0,05 МПа.

Прилад одночасно реєстрував 3 параметри: зміну зусилля на зразок  $\Delta F(H)$  в заданому діапазоні, яке перераховувалося в навантаження (МПа) з урахуванням геометрії зразка, деформацією матеріалу  $\Delta L$  (мм) та зміну електричного опору  $\Delta R$  (Ом).

Електричну чутливість матеріалу розраховували таким чином:

1. Деформаційна чутливість або гауч-фактор (gauge-factor)  $G = (\Delta R/R_0)/(\Delta L/L_0)$

Де  $\Delta R$  - є зміна опору при дії зусилля

$R_0$  - початковий опір (що є константою даного матеріалу)

$\Delta L$  - діапазон деформації над дією зусиль

$L_0$  - розмір зразка

2. Чутливість до дії зусиль

$$S = (\Delta R / R_0) / (\Delta F / F_0),$$

де  $\Delta F$  - діапазон зусиль, що діють на матеріал

5  $F_0$  - початкове зусилля при циклічних випробовуваннях

Знаючи величину чутливості до зусилля та деформації, можна визначити, яке зусилля діє на зразок і яка деформація присутня в даному зразку шляхом вимірювання опору і діленням цього опору на відповідну чутливість  $S$  або  $G$  (величина  $R_0$  є константою цього матеріалу).

В таблиці наведені дані щодо складу та властивостей полімерного сенсорного матеріалу.

10

№	Композиції % об.	$F_0$ МПа	$\Delta F$ МПа	$\Delta F / F_0$	$\Delta L / L_0$	$R_0$ Ом	$\Delta R$ Ом	$\Delta R / R_0$	$G$	$S$
	ВІКСЕЛ/Сu									
1	75/25	0,005	0,05	10	0,0163	$1,37 \cdot 10^8$	$8,61 \cdot 10^7$	0,628	38	$6,3 \cdot 10^{-2}$
2	70/30	0,005	0,05	10	0,0198	$7,35 \cdot 10^7$	$6,54 \cdot 10^7$	0,89	45	$8,9 \cdot 10^{-2}$
3к	85/15	0,005	0,05	10	0,12	$>10^{13}$	-	-	-	-
4к	80/20	0,005	0,05	10	0,047	$5,2 \cdot 10^{11}$	$5,18 \cdot 10^{11}$	0,997	21	$1,0 \cdot 10^{-2}$
5к	65/35	0,005	0,05	10	0,037	$6,85 \cdot 10^6$	$3,11 \cdot 10^6$	0,45	12	$4,5 \cdot 10^{-2}$
6к	60/40	0,005	0,05	10	-	-	-	-	-	-
7	* Аналог	10	400	40	0,005	$7,8 \cdot 10^3$	$0,72 \cdot 10^3$	0,09	18	$2,2 \cdot 10^{-3}$
8	** Прототип	1	26	26	0,0058	-	-	0,01	1,7	$3,4 \cdot 10^{-4}$

\*Аналог - 95,5 % ЄС - 0,5 NiW

ЄС - епоксидна смола УД-128 (Kukdo Chemical Co. Корея).

\*\*Прототип - 93 % об. поліефір - сульфону - 7 % об. вуглецевих волокон.

Згідно з таблицею, найкращі результати щодо чутливості заявленого полімерного матеріалу має склад (25-30) % об. міді.

15 Так величина гауч-фактора  $G$  складає 38 та 45, відповідно, і величина чутливості до дії зусиль  $S$  складає  $6,3 \cdot 10^{-2}$ , та  $8,9 \cdot 10^{-2}$ .

Зменшення вмісту мідного наповнювача до 20 % об. приводить до суттєвого збільшення електроопору  $R_0$  з  $1,37 \cdot 10^8$  Ом до  $5,2 \cdot 10^{11}$  Ом, що ускладнює реєстрацію опору.

10 Крім цього зменшуються величини деформаційної чутливості  $G$  і чутливості до дії зусилля  $S$ . Подальше зменшення вмісту дисперсної міді до 15 % об. веде до зникнення провідності, величина електроопору складає більше за 10 Ом, що унеможлиблює використання цього матеріалу.

Збільшення вмісту міді до 35 % об. приводить до підвищення жорсткості матеріалу, що зменшує величину деформації і, відповідно, електричний відклик. Наслідком цього є зменшення чутливостей  $G$  та  $S$ .

25 Подальше збільшення вмісту мідного наповнювача до 40 % об. унеможлиблює використання такого матеріалу, оскільки надмірна жорсткість робить її нечутливою до дії малих зусиль  $\Delta F$  (величини відносної деформації  $\Delta L / L_0$  та зміни електроопору  $\Delta R$  стають близькими до нуля).

30 Порівняно з прототипом заявлений полімерний сенсорний матеріал є чутливим до дії малих зусиль, він працює в діапазоні навантажень 0,005-0,05 МПа проти 1-26 МПа для прототипу.

35 Деформаційна чутливість (гауч-фактор) складає для заявленого полімерного матеріалу  $G=38$ , тоді як для прототипу  $G=1,7$ . Чутливість матеріалу до дії зусиль  $S$  складає для заявленого полімерного матеріалу  $S=8,9 \cdot 10^{-2}$ , тоді як для прототипу  $S=3,4 \cdot 10^{-4}$ . Тобто деформаційна чутливість та чутливість до дії зусиль є набагато вищою для заявленого полімерного сенсорного матеріалу.

Використання заявленої корисної дозволить отримати полімерний сенсорний матеріал з високою деформаційною чутливістю до дії зусиль в широкому діапазоні навантажень, який може застосовуватись як чутливий елемент сенсорних приладів систем навігації і управління.

Джерела інформації:

40 1. J-M. Park, S-J. Kim, D-J. Yoon, G. Hansen, K.L. DeVries. Self-sensing and interfacial evaluation of Ni nanowire/polymer composites using electro-micromechanical technique // Compos. Sci. Technol. - 2007. - Vol.67. - P. 2121-2134.

2. Patent US 6079277 A. Methods and sensors for detecting strain and stress. Опубл. 27.06.2000.

45

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Полімерний сенсорний матеріал на основі полімерного зв'язуючого і електропровідного наповнювача, який **відрізняється** тим, що він як полімерне зв'язуюче містить силіконовий полімер "ВІКСЕЛ", як електропровідний наповнювач - порошок електролітичної міді з частинками дендритної форми, за такого співвідношення компонентів, % об.:
- 5      силіконовий полімер "ВІКСЕЛ"      70-75  
        порошок дисперсної міді (Cu)      25-30.

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601