



УКРАЇНА

(19) UA (11) 46827 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G01N 33/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

1

2

(21) u200906627

(22) 24.06.2009

(24) 11.01.2010

(46) 11.01.2010, Бюл.№ 1, 2010 р.

(72) СКРИПНИК ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ШЕВЧЕНКО КОСТЯНТИН ЛЕОНІДОВИЧ, СЛІЗКОВ АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

(57) Спосіб визначення структурних характеристик текстильних матеріалів, який полягає в тому, що волокнистий зразок закріплюють з заданим натягом, впливають на волокнистий зразок потоком електромагнітного випромінювання, приймають електромагнітне випромінювання, що пройшло через зразок, в площині поляризації, яка паралельна поздовжній осі зразка, вимірюють інтенсивність прийнятого сигналу, а структурні характеристики текстильного матеріалу оцінюють за формулою, який **відрізняється** тим, що як електромагнітне випромінювання використовують неполяризоване електромагнітне випромінювання жи-

вих істот, наприклад, долоні людини, причому потік електромагнітного випромінювання зі шкірного покриву людини спрямовують перпендикулярно до волокнистого зразка, після вимірювання інтенсивності електромагнітного випромінювання, яке пройшло через волокнистий зразок, по напрузі  $V_1$ , повертають волокнистий зразок на  $90^\circ$  відносно напрямку потоку електромагнітного випромінювання, приймають електромагнітне випромінювання, що пройшло через волокнистий зразок в площині поляризації, паралельній поперечній осі волокнистого зразка, вимірюють по напрузі  $V_2$  інтенсивність прийнятого електромагнітного випромінювання, а структурні характеристики текстильного матеріалу визначають по оцінці спрямованості волокон за формулою

$$\eta = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2},$$

де  $\eta$  - кількісна оцінка спрямованості волокон в текстильному матеріалі.

Корисна модель відноситься до текстильного матеріалознавства і може бути використана для визначення структурних характеристик текстильних матеріалів, а саме: ступеня розпрямленості та орієнтації волокон.

Більшість хімічних волокон, які входять до складу текстильних матеріалів, складаються з полімерних речовин, макромолекули яких мають лінійну структуру. Проте між атомами, які входять в макромолекули, має місце визначена просторова спрямованість. Це приводить до того, що ланцюги макромолекул розташовані під визначеним кутом один до одного. В результаті цього волокна згинаються, що порушує паралельність їх розташування в текстильному матеріалі. Чим більша ступінь розпрямленості макромолекул і чим більше їх орієнтація в одному напрямку, тим більша густина їх упаковки і більше сила міжмолекулярної взаємодії, а, відповідно, вища міцність, пружність волокон і тим менша його розтягнутість [Шустов Ю.С. Основи текстильного

матеріалознавства. - М.: МГТУ ім. А.Н.Косыгина, 2007. - С. 12-13]. Таким чином, визначення ступеню паралельності і розпрямленості волокон в текстильному матеріалі дозволяє оцінювати міцнісні і деформаційні властивості текстильних матеріалів (стрічки, рівниці, пряжі і комплексні нитки).

Відомий спосіб визначення структурних характеристик текстильних матеріалів, який полягає в тому, що волокнистий зразок розміщують в об'ємному надвисокочастотному (НВЧ) резонаторі кубічної форми, збуджують в ньому коливання двох типів Ніоі і Нон, електричні поля яких взаємно перпендикулярні, та вимірюють різницю їх власних частот [Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов.- М.: Энергоатомиздат, 1989. - С. 194]. По різниці власних частот резонатора оцінюють нерівномірність розміщення волокон у матеріалі.

Мала різниця власних частот об'ємного резонатора і складність розділення вихідних сигналів з

(13) U

(11) 46827

(19) UA

одного резонатора є причиною невисокої чутливості до структурних змін волокнистого матеріалу.

Відомий спосіб визначення структурних характеристик текстильних матеріалів, який полягає в тому, що встановлюють зразок матеріалу між двома резонаторами з різною чутливістю, визначають чутливість при відсутності матеріалу і при контакті з ним по резонансним частотам першого і другого резонаторів, визначають відносні зміни резонансних частот, а структуру текстильного матеріалу оцінюють за формулою. [Патент України № 34897, МПК G01N33/36, 2008 р.].

Різна чутливість НВЧ резонаторів забезпечується асиметричним розподілом електромагнітного поля в апертурі. Для виключення впливу анізотропії діелектричних властивостей волокон положення зразка відносно резонаторів змінюється в процесі вимірювань в полярних координатах. Результати вимірювань обробляються з використанням ЕОМ і прикладних програм. Відомий спосіб також має невисоку точність, яка обумовлена тим, що відносні зміни власних частот резонаторів визначаються не тільки структурними змінами властивостей волокнистого матеріалу, але і сильно залежать від вологості, температури, щільності і інших впливових факторів.

Відомий також спосіб визначення структурних характеристик текстильних матеріалів, який полягає в тому, що волокнистий зразок закріплюють з заданим натягом, впливають на зразок потоком електромагнітного випромінювання, приймають електромагнітне випромінювання, що пройшло через зразок, в площині поляризації, яка паралельна продольній вісі зразка, вимірюють інтенсивність прийнятого сигналу, а структурні властивості текстильного матеріалу оцінюють за формулою [Патент Англії №2027898, НіЖ: GIN, H4D, 1980 р.]. Крім того, спосіб включає опромінення волокнистого зразка поляризованим електромагнітним випромінюванням, площина поляризації якого повернута на 90° відносно площини поляризації приймальної антени, визначення напрямку волокон в матеріалі за формулою

$$f(\varphi) = \frac{V_1}{V_2},$$

де  $V_1$  - сигнал, отриманий при взаємно перпендикулярному розташуванні рупорів антен;

$V_2$  - сигнал, отриманий при паралельному розташуванні площин поляризації обох антен;

$f(\varphi)$  - функція кута  $\varphi$  розташування волокон в матеріалі.

Результат вимірювання (відношення сигналів  $V_1/V_2$ ) не залежить від непостійності інтенсивності НВЧ коливань, що випромінюються, товщини та наявності неоднорідностей у контрольованому матеріалі. Проте через неминучий зсув нуля приймального НВЧ блоку від шумів та завад не забезпечується висока точність визначення структурного показника якості текстильного матеріалу. Невизначеність в результаті вимірювання виникає і у випадку, коли сигнал  $V_2$  близький, або дорівнює нулю ( $V_1/V_2 \rightarrow \infty$ ).

В основу корисної моделі покладена задача створення такого способу визначення структурних характеристик текстильних матеріалів, в якому зміною умов виконання операцій і введенням нових операцій забезпечувалось би підвищення точності визначення структурних характеристик текстильних матеріалів.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення структурних характеристик текстильних матеріалів, який полягає в тому, що волокнистий зразок закріплюють з заданим натягом, впливають на волокнистий зразок потоком електромагнітного випромінювання, приймають електромагнітне випромінювання, що пройшло через зразок, в площині поляризації, яка паралельна продольній вісі зразка, вимірюють інтенсивність прийнятого сигналу, а структурні характеристики текстильного матеріалу оцінюють за формулою, згідно з корисною моделлю, як електромагнітне випромінювання використовують неполяризоване електромагнітне випромінювання живих істот, наприклад, долоні людини, причому потік електромагнітного випромінювання зі шкіряного покриву людини спрямовують перпендикулярно до волокнистого зразку, після вимірювання інтенсивності електромагнітного випромінювання, яке пройшло через волокнистий зразок, по напрузі  $V_1$ , повертають волокнистий зразок на 90° відносно напрямку потоку електромагнітного випромінювання, приймають електромагнітне випромінювання, що пройшло через волокнистий зразок в площині поляризації, паралельній поперечній вісі волокнистого зразка, вимірюють по напрузі  $V_2$  інтенсивність прийнятого електромагнітного випромінювання, а структурні характеристики текстильного матеріалу визначають по оцінці спрямованості волокон за формулою

$$\eta = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2},$$

де  $\eta$  - кількісна оцінка спрямованості волокон в текстильному матеріалі.

Використання неполяризованого випромінювання живих істот, наприклад, долоні людини, дозволяє проводити випробування текстильних матеріалів в умовах реального їх використання, як матеріалів одягу. Якщо перше вимірювання інтенсивності випромінювання, яке пройшло через досліджуваний зразок, по напрузі  $V_1$  дає інформацію про кутову спрямованість волокон в матеріалі відносно продольної вісі зразка, то друге вимірювання інтенсивності випромінювання при повернутому на 90° зразку по напрузі  $V_2$  дає інформацію про кутову спрямованість волокон відносно поперечної вісі зразка. Обрахування відношення різниці вимірюваних інтенсивностей до їх суми  $(V_1 - V_2)/(V_1 + V_2)$  дає можливість визначити розташування волокон у зразку і оцінити ступень паралельності і розпрямленості волокон, що дозволяє з високою точністю прогнозувати міцнісні, пружні та інші фізико-механічні характеристики текстильних матеріалів.

На кресленні представлена схема реалізації способу при використанні долоні людини, як джерела електромагнітного випромінювання.

На кресленні позначені: 1 - долонь людини, 2 - рамка для випробувань волокнистого матеріалу, 3 - волокнистий зразок, 4 - приймальна антена, 5 - високочутлива радіометрична система, 6 - НВЧ підсилювач, 7 - НВЧ змішувач, 8 - гетеродин, 9 - вибіркового підсилювач проміжної частоти, 10 - квадратичний детектор, 11 - фільтр нижніх частот, 12 - цифровий вольтметр. Позицією 13 показане розташування рамки після її повороту на 90°, 14 - нове розташування волокон матеріалу відносно приймальної антени.

Долоня 1 людини випромінює електромагнітні хвилі, які опромінюють рамку 2 з досліджуванним волокнистим матеріалом 3. Для цього з волокнистого матеріалу формують зразок з одного або декількох шарів в залежності від виду первинної сировини. Волокна 3 зразку закріплюють на рамці 2 з визначеною величиною натягу, який витримує волокна вздовж продольної вісі зразку. Рамку 2 розміщують в електромагнітному полі біологічного походження, наприклад в полі долоні людини. Джерелом електромагнітного випромінювання (ЕМВ) живих організмів є клітини, мембрани яких заряджені і безперервно вібрують. За своїм характером біологічне ЕМВ є багаточастотним з широким частотним спектром, параметри якого змінюються випадковим чином. ЕМВ, яке випромінюється окремо взятою клітиною, в кожному акті випромінювання завжди поляризоване. Але макроскопічне джерело ЕМВ (жива істота) складається з чисельної кількості елементарних випромінювачів - клітин організму. Тому просторова орієнтація векторів напруженості електричної складової  $E$  електромагнітного поля і моменти актів формування ЕМВ окремими клітинами у більшості випадків розподілені хаотично. В результаті в загальному випромінненні спрямованість вектору  $E$  в кожний момент часу невизначена, що робить біологічне ЕМВ неполяризованим.

Більшість поліамідних матеріалів, з яких виготовляють хімічні волокна, мають п'єзоелектричні властивості, тобто при деформуванні (розтягненні) стають електрично анізотропні. В цьому випадку їх діелектрична проникність стає залежною від напрямку розповсюдження ЕМВ, і, як наслідок, від розташування волокон в матеріалі.

Як відомо, середовища, яким властива електрична анізотропія, поляризують ЕМВ, яке пройшло, або відбилось від них. При цьому площина поляризації визначається впорядкованими структурними елементами середовища розповсюдження ЕМВ. Для текстильних матеріалів такими елементами є волокна, які можуть бути розташованими як хаотично, так і впорядковано у визначеному напрямку (паралельно і розпрямлено). Тому розташування і стан волокон в матеріалі можна визначити, аналізуючи поляризацію ЕМВ, яке пройшло через зразок матеріалу з натягнутими волокнами.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Відповідно запропонованого способу як джерело неполяризованого ЕМВ живих істот використовують долонь 1 людини. Рамку 2 з натягнутими волокнами досліджуваного матеріалу 3 спочатку

розташовують перпендикулярно напрямку потоку ЕМВ (паралельно шкіряному покриву людини). ЕМВ, що пройшло через матеріал, приймають рупорною антеною 4, площина поляризації якої розташована паралельно продольній вісі волокнистого зразка 3. Прийняте антеною 4 ЕМВ вимірюється високочутливою радіометричною системою 5, яка може вимірювати слабкі ЕМВ, в тому числі і ті, що генеруються людським організмом. Для цього прийнятий широкосмуговий сигнал попередньо підсилюється НВЧ підсилювачем 6. Підсилений сигнал змішується у НВЧ змішувачі 7 з монохроматичним сигналом гетеродину 8, в результаті чого утворюється вузькосмуговий сигнал проміжної (різницевої) частоти. Низькочастотний сигнал проміжної частоти підсилюється вибірково підсилювачем 9 проміжної частоти з великим коефіцієнтом підсилення (до 80 дБ). Вибірково підсилена напруга квадратично детектується амплітудним детектором 10 та згладжується фільтром 11 нижніх частот. Постійна складова протектованої напруги радіометричної системи вимірюється цифровим вольтметром 12. Покази вольтметра 12 пропорційні інтенсивності тієї частини ЕМВ, яка приймається поляризованою антеною 4.

При зазначеному на кресленні положенні зразка 3 відносно потоку ЕМВ від долоні 1 людини і площини поляризації антени 4 відносно положення зразка 3 напруга, яка вимірюється вольтметром 12,

$$V_1 = SIKf_1(\varphi), (1)$$

де  $S$  - чутливість радіометричної системи;

$I$  - інтенсивність ЕМВ долоні людини;

$K$  - коефіцієнт послаблення ЕМВ матеріалом;

$f(\varphi)$  - функція кута  $\varphi$  спрямованості волокон в матеріалі.

Після вимірювання напруги  $V_1$  повертають рамку 2 з волокнистим зразком 3 на 90° відносно напрямку потоку ЕМВ. При цьому площина поляризації антени 4 стає паралельною поперечній вісі зразка 3. Знову вимірюють інтенсивність пройшовшого через матеріал ЕМВ. Через зміну кутвої спрямованості  $\varphi$  волокон в матеріалі покази вольтметра 12 змінюються до значення

$$V_2 = SIKf_2(\varphi), (2)$$

де  $f_2(\varphi)$  - функція кута спрямованості волокон в матеріалі при іншому значенні площини поляризації.

Якщо волокна в матеріалі розташовані хаотично, то зміна положення площини поляризації антени 4 відносно зразка 3 не змінює інтенсивність випромінювання, що приймається ( $V_1 = V_2$ ). Навпаки, при ідеальній структурі матеріалу, коли всі волокна мають одну спрямованість, паралельні і розпрямлені, одна з вимірюваних інтенсивностей буде максимальна, а інша - мінімальна. Кількісна оцінка ступеня паралельності волокон та їх розпрямленості в реальному матеріалі визначається формулою

$$\eta = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2},$$

де  $\eta$  - кількісна оцінка спрямованості волокон в матеріалі.

Підставивши вирази (1) і (2) в (3), отримаємо

$$\eta = \frac{f_1(\varphi) - f_2(\varphi)}{f_1(\varphi) + f_2(\varphi)} \quad (4)$$

З виразу (4) випливає, що результат вимірювання не залежить від коливань інтенсивності I, що випромінюється людиною, від товщини та наявності неоднорідностей в контрольованому матеріалі, які впливають на коефіцієнт K. Не впливає на результат вимірювання  $\eta$  і непостійність чутливості S радіометричної системи. Показник спрямованості  $\eta$  в залежності від структури матеріалів може змінюватися від 0 до 1. При цьому нулю відповідає хаотичне розташування волокон у матеріалі, а одиниці - повністю впорядковане розташування волокон. Практично показник  $\eta$  для текстильних матеріалів змінюється в діапазоні від 0,1 до 0,6. Порівняно з оцінкою структури текстильних матеріалів за найближчим аналогом

$$\eta = \frac{V_1}{V_2}, \quad (5)$$

запропонована оцінка (3) і (4) має ряд переваг. Так, при випробуваннях у слабких ЕМВ, що властиве ЕМВ біологічного походження, слід враховувати адитивну похибку від впливу власних шумів в елементах радіометричної системи і дії зовнішніх завад. З урахуванням адитивної похибки вираз (5) набуває вигляду

$$\eta = \frac{V_1 - \Delta V}{V_2 + \Delta V}, \quad (6)$$

де  $\Delta V$  - зсув нуля радіометричної системи.

В запропонованому способі оцінка структурних властивостей матеріалів здійснюється за формулою

$$\eta = \frac{(V_1 + \Delta V) - (V_2 + \Delta V)}{(V_1 + \Delta V) + (V_2 + \Delta V)} = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2 + 2\Delta V}. \quad (7)$$

З порівняння (6) і (7) видно, що вплив шумів і перешкод в запропонованому способі послаблений. В чисельнику виразу (7) вони взаємно віднімаються, а в знаменнику їх вплив малий через відносно великий рівень сумарної інтенсивності ЕМВ ( $V_1 + V_2 > 2\Delta V$ ).

Таким чином, використання запропонованого способу дозволяє з більш високою точністю оцінювати ступень паралельності і розпрямленості волокон в текстильних матеріалах (стрічці, рівниці, пряжі), що дозволяє вірогідно визначити міцність текстильного матеріалу, а також сортувати їх за гнучкістю та розтяжінню. Використання ЕМВ в діапазоні міліметрових довжин хвиль (30...100 ГГц), які властиві живим істотам, забезпечує отримання інформації як від зовнішніх, так і внутрішніх структурних особливостей текстильних матеріалів. Зазначений діапазон довжин хвиль ЕМВ дає можливість оцінювати адаптаційні властивості текстильних матеріалів, які використовуються для виготовлення одягу.

