



УКРАЇНА

(19) UA (11) 49281 (13) U
(51) МПК (2009)
G01N 33/36
G01N 22/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

1

(21) u200911097

(22) 02.11.2009

(24) 26.04.2010

(46) 26.04.2010, Бюл.№ 8, 2010 р.

(72) СКРИПНИК ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ШЕВЧЕНКО КОСТЯНТИН ЛЕОНІДОВИЧ, ГОРКУН ВАЛЕНТИНА ВАСИЛІВНА

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

(57) Пристрій для визначення структурних властивостей текстильних матеріалів, який містить рупорну антену, гетеродин, до виходу якого підключений керуючий вхід балансного змішувача, а вихід з'єднаний через підсилювач проміжної частоти з квадратичним детектором, послідовно з'єднані перший фільтр нижніх частот, вибіркового підсилювач низької частоти, синхронний детектор, другий фільтр нижніх частот і вольтметр, та генератор низької частоти, з'єднаний з керуючим входом синхронного детектора, який **відрізняється** тим, що

2

в нього додатково введені друга рупорна антена з площиною поляризації, ортогональною першій антені, НВЧ підсилювач, диференційний підсилювач, джерело постійної напруги, інтегратор, блок автоматичного регулювання підсилення, смуговий НВЧ фільтр і керований НВЧ перемикач, до входів якого підключені виходи першої і другої рупорних антен, виходом з'єднаний через НВЧ підсилювач і смуговий НВЧ фільтр з сигнальним входом балансового змішувача, вихід квадратичного детектора з'єднаний з одним входом диференційного підсилювача, другий вхід якого з'єднаний з джерелом постійної напруги, вихід з'єднаний з входом першого фільтра нижніх частот і входом інтегратора, вихід якого з'єднаний через блок автоматичного регулювання підсилення з керуючим входом підсилювача проміжної частоти, який виконаний регульованим, а керуючий вхід НВЧ перемикача з'єднаний з виходом генератора низької частоти.

Корисна модель відноситься до текстильного матеріалознавства і може бути використана для визначення структурних властивостей текстильних матеріалів (пряжи, стрічки, рівниці, комплексних ниток та ін.)

Важливе місце в технологічних процесах виготовлення та переробки текстильних матеріалів грає визначення орієнтації волокон, від якої залежить міцність, та інші фізико-механічні характеристики матеріалів. Відомий пристрій для визначення структурних властивостей текстильних матеріалів [Патент України № 37282, МПК G01N33/36, 2008], який містить генератор надвисоких частот (НВЧ), двоканальну вимірювальну схему з вимірювальним і опорним резонаторами, НВЧ детекторами, компараторами і імпульсними селекторами, перемножувальні аналого-цифрові перетворювачі та мікропроцесорний контролер. Оцінка структурних властивостей текстильних матеріалів здійснюється за різницею частот резонаторів, з яких вимірювальний резонатор контактує з контролюваним текстильним матеріалом. Однак відомий пристрій має невисоку

чутливість до структурних параметрів у зв'язку з тим, що зміна власної частоти вимірювального резонатора відбувається не тільки за рахунок зміни орієнтації волокон в матеріалі, а і від зміни його вологості, щільності, температури та інших впливових факторів.

Більш ефективним є пристрій, принцип дії якого базується на зміні діелектричної анізотропії волокнистого матеріалу, тобто залежності його діелектричної проникності від напрямку волокон, оскільки ця залежність обумовлена нерівномірним розподілом орієнтації волокон по площині досліджуваного зразка. Відомий пристрій для визначення структурних властивостей волокнистих матеріалів [Патент Англії № 2027898, МПК G01N33/36 1980], який містить генератор надвисоких частот, передавальну та приймальну рупорні антени, приймальний блок та індикатор. Про структурні властивості досліджуваного матеріалу судять по ослабленню НВЧ сигналу, що приймається рупорною антенною, площиною поляризації якої повернута на 90° відносно площини поляризації передавальної антени. Однак,

(13) U

(11) 49281

(19) UA

пристрій має невисоку точність, що обумовлено температурною та часовою нестабільністю характеристик активних надвисокочастотних перетворювачів (підсилювачів, фільтрів та ін.) приймального блоку.

Відомий також пристрій для визначення структурних властивостей текстильних матеріалів [Патент України № 66619 А, МПК G01 N22/00, 2004], який містить рупорну антену, гетеродин, до виходу якого підключений керуючий вхід балансного змішувача, а вихід з'єднаний через підсилювач проміжної частоти з квадратичним детектором, послідовно з'єднані перший фільтр нижніх частот, вибіркового підсилювач низької частоти, синхронний детектор, другий фільтр нижніх частот і вольтметр, та генератор низької частоти, з'єднаний з керуючим входом синхронного детектора. Крім того, пристрій включає градуйований НВЧ атенуатор, перший і другий ключі-модулятори, перший з яких включений між виходом рупорної антени і сигнальним входом балансного змішувача, другий - між виходом підсилювача проміжної частоти і входом квадратичного детектора.

Перевагою відомого пристрою є можливість дослідження структурних властивостей матеріалів в електромагнітних полях біологічного походження, зокрема, в потоці електромагнітного випромінювання організму людини. Але відомий пристрій має низьку чутливість до ступеня розпрямленості і паралельності волокон в текстильному матеріалі через прийняття пройшовшого через матеріал випромінювання тільки в одній площині поляризації НВЧ антени.

В основу корисної моделі покладена задача створення такого пристрою для визначення структурних властивостей текстильних матеріалів, в якому введення нових елементів і зв'язків забезпечило б підвищення точності визначення структурних властивостей матеріалів.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для визначення структурних властивостей текстильних матеріалів, який містить рупорну антену, гетеродин, до виходу якого підключений керуючий вхід балансного змішувача, а вихід з'єднаний через підсилювач проміжної частоти з квадратичним детектором, послідовно з'єднані перший фільтр нижніх частот, вибіркового підсилювач низької частоти, синхронний детектор, другий фільтр нижніх частот і вольтметр, та генератор низької частоти, з'єднаний з керуючим входом синхронного детектора, згідно з корисною моделлю, додатково введені друга рупорна антена з площиною поляризації ортогональною першій антені, НВЧ підсилювач, диференційний підсилювач, джерело постійної напруги, інтегратор, блок автоматичного регулювання підсилення, смуговий НВЧ фільтр і керований НВЧ перемикач, до входів якого підключені виходи першої і другої рупорних антен, виходом з'єднаний через НВЧ підсилювач і смуговий НВЧ фільтр з сигнальним входом балансового змішувача, вихід квадратичного детектора з'єднаний з одним входом диференційного підсилювача, другий вхід якого з'єднаний з джерелом постійної напруги, вихід

з'єднаний з входом першого фільтра нижніх частот і входом інтегратора, вихід якого з'єднаний через блок автоматичного регулювання підсилення з керуючим входом підсилювача проміжної частоти, який виконаний регульованим, а керуючий вхід НВЧ перемикача з'єднаний з виходом генератора низької частоти.

Саме введення у вимірювальну схему пристрою другої рупорної антени з площиною поляризації, ортогональної першій рупорній антені, НВЧ підсилювача, диференційного підсилювача, джерела постійної напруги, інтегратора, блока автоматичного регулювання підсилення, смугового НВЧ фільтра і керованого НВЧ перемикача, з'єднаних з раніше використовуваними елементами зазначеним чином, забезпечило прийняття двох ортогональних поляризованих НВЧ сигналів, які пройшли через рамку з досліджуванним матеріалом, по чергово їх підсилення одним НВЧ підсилювачем і виділення з допомогою НВЧ фільтра вузької частини спектру шумових сигналів, які приймаються антенами. По чергово змішування радіоімпульсних вузько смугових сигналів з безперервним монохроматичним сигналом гетеродину дозволяє перенести інформацію про інтенсивності НВЧ сигналів, що приймаються, на низькочастотні сигнали проміжної частоти, підсилення яких автоматично регулюється постійною складовою продетектованої радіоімпульсної напруги, вплив власних шумів НВЧ тракту в яких придушується диференційним підсилювачем з джерелом постійної напруги. Змінна складова продетектованої радіоімпульсної напруги при цьому несе інформацію про різницю інтенсивностей НВЧ сигналів, прийнятих двома антенами з різною поляризацією. Завдяки автоматичному регулюванню підсилення сигналів проміжної частоти виключаються похибки перетворення НВЧ сигналів низького рівня від поверхні шкіри людини, що забезпечує визначення структурних властивостей матеріалів з високою точністю.

На кресленні представлена електрична функціональна схема пристрою для визначення структурних властивостей текстильних матеріалів.

Пристрій містить рупорні антени 1 і 2, площини поляризації яких ортогональні, автоматичний НВЧ перемикач 3, входами з'єднаний з виходами рупорних антен, виходом з'єднаний через НВЧ підсилювач 4 і смуговий НВЧ фільтр 5 з сигнальним входом балансного змішувача 6, до керуючого входу якого підключений гетеродин 7. Вихід балансного змішувача через керований підсилювач 8 проміжної частоти і квадратичний детектор 9 з'єднаний з одним із входів диференційного підсилювача 10, до другого входу якого підключене джерело постійної напруги 11. Вихід диференційного підсилювача 10 з'єднаний через інтегратор 12 і блок автоматичного регулювання підсилення (АРП) 13 з керуючим входом підсилювача проміжної частоти 8. До виходу диференційного підсилювача 10 також підключені послідовно з'єднані перший фільтр 14 нижніх частот, вибіркового підсилювач 15 низької частоти, синхронний детектор 16, другий фільтр 17 нижніх частот і вольтметр 18. Генератор 19 низької частоти

ти з'єднаний з керуючими входами автоматичного перемикача 3 і синхронного детектора 16.

Позицію 20 позначений шкіряний покрив людини, поблизу якого розташована рамка 21 з досліджуваним волокнистим матеріалом 22.

Пристрій працює наступним чином.

Шкіряний покрив людини 20 випромінює широкий спектр електромагнітних хвиль в діапазоні НВЧ, які проходять через рамку 21 з досліджуваним волокнистим матеріалом 22. Волокна матеріалу закріплені на рамці 21 з заданим натягненням, яке витягує волокна в площині рамки. Електромагнітні хвилі, що пройшли через матеріал, поляризуються і приймаються рупорними антенами 1 і 2, площини поляризації яких ортогональні.

Електромагнітне випромінювання людини, як і інших живих істот, є багаточастотним і неполяризованим. Волокна текстильного матеріалу завдяки витягуванню являють собою впорядковану просторову структуру з електричною анізотропією. Тому пройшовши через матеріал електромагнітне випромінювання стає поляризованим, площина поляризації якого визначається орієнтацією волокон в рамці. Сигнали рупорних антен 1 і 2 залежать не тільки від інтенсивності електромагнітного випромінювання людини, але і від положення їх площин поляризації відносно площини поляризації рамки з досліджуваним матеріалом.

Електромагнітне випромінювання людини в діапазоні НВЧ досить слабе та значно менше оптичного випромінювання в інфрачервоному діапазоні, хоча обидва випромінювання мають однакову природу виникнення. У зв'язку з тим, що спектральна щільність випромінювання людини в міліметровому діапазоні довжин хвиль (30...300 ГГц) становить $10^{-20} \dots 10^{-21}$ Вт/(см²·Гц), що менше інтенсивності власних шумів підсилювачів, антен та інших елементів НВЧ приймального тракту. Тому вихідні сигнали рупорних антен почергово з низькою частотою повторення подаються через автоматичний НВЧ перемикач 3 на НВЧ підсилювач 4. З попередньо підсиленних широко-смугових радіоімпульсних сигналів смуговим НВЧ фільтром 5 виділяються вузькосмугові радіоімпульси, які в балансовому змішувачі 6 змішуються з безперервним монохроматичним НВЧ сигналом гетеродину 7. Частота гетеродину 7 вибирається вище центральної частоти смугового фільтру 5 на значення центральної частоти вузькосмугового підсилювача 8 проміжної частоти. В результаті змішування радіоімпульсних сигналів з безперервним сигналом гетеродину утворюються радіоімпульсні сигнали більш низької проміжної частоти, які підсилюються підсилювачем 8 проміжної частоти з регульованим коефіцієнтом підсилення. Завдяки частотній селекції НВЧ сигналів, що приймаються рупорними антенами 1 і 2, смуговим НВЧ фільтром 5 виключається вплив дзеркальних завад від інших частин спектру широко-смугових НВЧ сигналів, розташованих симетрично відносно частоти гетеродину 7.

Радіоімпульсні сигнали проміжної частоти, які мають частоту перемикачання генератора 19 низької частоти, почергово детектуються квадратичним

детектором 9. На виході останнього утворюються відеоімпульси низької частоти перемикачання НВЧ сигналів. Амплітуди відеоімпульсів залежать з одного боку від інтенсивності електромагнітного випромінювання зі шкіряної поверхні людини, з другого боку - від кутового положення площини поляризації рамки з досліджуваним матеріалом відносно площини поляризації приймальних антен 1 і 2. Крім того, амплітуди відеоімпульсів залежать від коефіцієнтів підсилення підсилювачів 4 і 8, а також коефіцієнтів перетворення інших елементів одно канального тракту 3-9. Так, при підключенні до одноканального перетворювального тракту 3-9 антени 1 на виході квадратичного детектора 9 формується послідовність відеоімпульсів з амплітудою

$$U_1 = K_1 K_2 K_3 S_1 K_4 S_2 (I + I_0) f_1(\varphi), \quad (1)$$

де K_1 - коефіцієнт послаблення електромагнітного випромінювання волокнистим матеріалом 22;

K_2 - коефіцієнт підсилення НВЧ підсилювача 4;

K_3 - коефіцієнт передачі смугового НВЧ фільтра 5;

S_1 - крутість перетворення балансового змішувача 6 з гетеродином 7;

K_4 - коефіцієнт підсилення підсилювача 8 проміжної частоти;

S_2 - крутість перетворення квадратичного детектора 9;

I - інтенсивність електромагнітного випромінювання зі шкіряного покриву людини;

I_0 - інтенсивність власних шумів одно канального тракту, приведенного до виходу автоматичного перемикача 3;

$f_1(\varphi)$ - функція кута φ спрямованості волокон 22 у рамці 21. При переключенні одно канального тракту 3-9 на антену 2 на виході квадратичного детектора 9 формуються відеоімпульси з амплітудою

$$U_2 = K_1 K_2 K_3 S_1 K_4 S_2 (I + I_0) f_2(\varphi), \quad (2)$$

$F_2(\varphi)$ - функція кута φ спрямованості волокон 22 у рамці 21 при зміні положення площини поляризації антени на 90 градусів.

Відеоімпульси з амплітудами (1) і (2) почергово впливають на один вхід диференційного підсилювача 10, на другий вхід якого підключений вихід джерела постійної напруги 11. Різницєва напруга з виходу диференційного підсилювача 10 прямує на інтегратор 12 і фільтр 14 нижніх частот. При цьому диференційний підсилювач 10 з опорною напругою джерела 11 виконує роль обмежувача напруг відеоімпульсів „знизу”. Рівень обмеження за допомогою регулюванням джерела 11 встановлюється таким, щоб при розміщенні металевого екрану перед антенами 1 і 2, замість рамки 21 з досліджуваним матеріалом 22, вихідна постійна напруга диференційного підсилювача 10 була відсутня. Це означає схемотехнічну компенсацію власних шумів одноканального тракту ($I_0 = 0$).

З послідовності відеоімпульсів з амплітудами (1) і (2) інтегратором 12 віділлється постійна складова напруги

$$U_3 = K_5 \frac{U_1 + U_2}{2} = K_1 K_2 K_3 S_1 K_4 S_2 K_5 \frac{f_1 \oplus f_2}{2}, \quad (3)$$

де K_5 - коефіцієнт передачі інтегратора 12.

Постійна напруга (3) впливає на блок АРП 13, формуючи на його виході керуючу напругу для підсилювача 8 проміжної частоти. В результаті порівняння напруги (3) з внутрішньою опорною напругою U_0 блоку АРП 13 виникає різницева напруга

$$U_4 = U_0 - K_1 K_2 K_3 S_1 K_4 S_2 K_5 \frac{f_1 \oplus f_2}{2}, \quad (4)$$

яке змінює коефіцієнт підсилення K_4 підсилювача 8 проміжної частоти до зрівняння порівнюваних в блоці АРП напруг. При досягненні в системі автоматичного регулювання коефіцієнта підсилення K_4 (значення $U_4 = 0$), він приймає стаке значення

$$K_4 = \frac{2U_0}{K_1 K_2 K_3 S_1 K_4 S_2 K_5 \frac{f_1 \oplus f_2}{2}}, \quad (5)$$

Одночасно з встановленням значення (5) коефіцієнта підсилення фільтром нижніх частот 14 з послідовності відеоімпульсів з амплітудами (1) і (2) виділяється змінна складова напруги частоти слідування відеоімпульсів з амплітудою

$$U_5 = K_6 \frac{U_1 + U_2}{2} = K_1 K_2 K_3 S_1 K_4 S_2 K_6 \frac{f_1 \oplus f_2}{2}, \quad (6)$$

де K_6 - коефіцієнт передачі фільтра 14 нижніх частот.

Змінна напруга U_5 підсилюється вибіркоким підсилювачем 15 низької частоти, якій налагоджений на частоту слідування відеоімпульсів, і випрямляється синхронним детектором 16. Синхронна робота НВЧ перемикача 3 і детектора 16 забезпечується їх одночасним керуванням напругою генератора 19 низької частоти. Виділення постійної складової напруги від флуктуаційних завад здійснюється другим фільтром 17 нижніх частот з більшою постійною часу, ніж у першого фільтра 14. Виділена постійна напруга вимірюється вольтметром 18.

Виміряна постійна напруга пропорційна амплітуді змінної напруги (6) і після додаткових перетворень в низькочастотному тракті приймає вигляд:

$$U_6 = K_1 K_2 K_3 S_1 K_4 S_2 K_6 K_7 K_8 \frac{f_1 \oplus f_2}{2}, \quad (7)$$

де K_7 - коефіцієнт підсилення вибіркового підсилювача 15 низької частоти;

K_8 - коефіцієнт передачі синхронного детектора 16 з урахуванням фільтра 17 нижніх частот.

Якщо підставити у вираз (7) значення коефіцієнта підсилення K_4 з (5), то отримаємо напругу

$$U_7 = \frac{K_6 K_7 K_8}{K_5} \left[\frac{f_1 \oplus f_2}{f_1 \oplus f_2} \right] U_0, \quad (8)$$

З отриманого виразу (8) видно, що результат вимірювання не залежить від інтенсивності і елек-

тромагнітного випромінювання, а відповідно, і від відстані антен 1 і 2 від зразка досліджуваного матеріалу 22 та шкіряного покриву 20 людини. Не впливає на результат вимірювання також товщина і нерівномірність розташування ниток у зразку 22 досліджуваного матеріалу, які визначають коефіцієнт послаблення K_1 . Виключений вплив постійності коефіцієнтів підсилення K_2 і K_4 , відповідно НВЧ підсилювача 4 і підсилювача 8 проміжної частоти, коефіцієнта передачі K_3 смугового НВЧ фільтра 5, значень крутизни перетворення S_1 і S_2 відповідно балансного змішувача 6 з гетеродином 7 та квадратичного детектора 9. Придушений вплив власних шумів перетворювального НВЧ тракту та шумів приймальних антен 1 і 2.

В той же час запропонований пристрій однозначно фіксує структурні зміни досліджуваного матеріалу. Так, при хаотичному розташуванні волокон в матеріалі практично відсутній його поляризаційний ефект, і різниця

$$f_1 \oplus f_2 \approx 0, \quad (9)$$

Тому покази вольтметра 18 будуть нульовими. Навпаки, при впорядкованому розташуванні волокон, їх розпрямленості та паралельності, різниця

$$f_1 \oplus f_2 \rightarrow \max \quad (10)$$

і вона по значенню наближається до сумарного. Так, якщо $f_1 \oplus f_2 > 0$, а $f_2 \oplus f_1 = 0$, то

$$\frac{f_1 \oplus f_2}{f_1 \oplus f_2} \approx 0,5$$

Таким чином, в залежності від структурних властивостей матеріалу покази вольтметра 18 змінюються від 0 до максимального значення, що дозволяє кількісно оцінювати міцнісні і деформаційні властивості пряжі, рівниці, стрічок та ін.

Використання електромагнітних випромінювань живих організмів в міліметровому діапазоні довжин хвиль (30...100 ГГц) дозволяє більш адекватно оцінювати властивості текстильних матеріалів, які використовуються для виготовлення одягу. Запропонована схема пристрою забезпечує можливість вимірювання поляризаційних властивостей тканин різної структури в слабких широкосмугових електромагнітних полях людського організму, які суттєво відрізняються від вузькосмугових техногенних електромагнітних полів, які генеруються радіоелектронними системами. Тому виключення похибок вимірювання і придушення шумів і завад в запропонованому пристрої забезпечує можливість кількісної оцінки структурних властивостей матеріалів з високою точністю і розподільчою здатністю. Реалізація пристрою здійснюється на базі стандартних елементів НВЧ техніки, зокрема, з використанням хвильоводних, смугових ліній передачі і мікрохвильових активних елементів (генераторів, змішувачів, підсилювачів і фільтруючих ланцюгів).

