



УКРАЇНА

(19) UA (11) 14555 (13) U
(51) МПК (2006)
G01R 27/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИМІРЮВАЧ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ РІДИН

1

2

(21) u200511487

(22) 02.12.2005

(24) 15.05.2006

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72) Білінський Йосип Йосипович, Городецька Оксана Степанівна, Пастушенко Олександр Леонідович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Вимірювач діелектричної проникності рідин, що містить електроди, джерело напруги та опору, який **відрізняється** тим, що в нього введені джерело живлення, освітлювач, оптична система, підсилювач, дозатор рідини, капіляр, кювета для досліджуваної рідини, система лінз, діафрагма, фотоматриця чутливих елементів, аналого-цифровий перетворювач, центральний процесор, блок пам'яті, блок індикації, цифро-аналоговий

перетворювач, причому джерело живлення з'єднане з освітлювачем, освітлювач та оптична система розташовані на одній оптичній осі та оптично з'єднані між собою, електроди закріплені в опорі та підключені до джерела напруги через підсилювач, вихід дозатора рідини через капіляр з'єднаний з кюветою для досліджуваної рідини, система лінз, діафрагма та фотоматриця чутливих елементів розташовані на одній оптичній осі та оптично з'єднані між собою, вихід фотоматриці чутливих елементів з'єднаний з входом аналого-цифрового перетворювача, вихід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний з підсилювачем, центральний процесор з'єднаний з аналого-цифровим перетворювачем, блоком пам'яті, блоком індикації та цифро-аналоговим перетворювачем.

Корисна модель відноситься до вимірювальної техніки і може бути використана для вимірювань фізико-хімічних та електрофізичних характеристик рідких речовин (діелектричної проникності, поверхневого натягу, в'язкості, питомої електропровідності).

Розробка нових пристроїв вимірювання діелектричної проникності зумовлена необхідністю автоматизованого вимірювання і контролю діелектричних параметрів рідин. Важливим параметром рідини, який визначає питому вільну поверхневу енергію рідини на межі контакту рідина - оточуючий газ, є поверхневий натяг. Відомі пристрої визначення поверхневого натягу методом лежачої краплі, суть яких полягає в отриманні за допомогою відеотехніки на екрані монітора зображення профілю лежачої краплі, перетворенні процесором в цифрову форму, виділенні контуру, знаходженні координат профілю та розрахунку з допомогою ЕОМ поверхневого натягу. Також відомі сучасні пристрої визначення поверхневого натягу методом лежачої краплі в електростатичному полі. Визначення поверхневого натягу зумовлене значенням діелектричної проникності, напруженості електростатичного поля та геометричних параметрів меніс-

ків. В зв'язку з цим досягається можливість вирішення оберненої задачі, використовуючи даний метод, тобто знаходження діелектричної проникності по відомому значенню поверхневого натягу.

Відомий діелектрометр [А.С. №1195229, кл. G01N22/00, Б. №44, 1985р.], який містить НВЧ-генератор, з'єднаний з вхідним плечем Т-міста, корпус, в якому розташовані перша і друга вимірювальні комірки, кожна з яких містить з'єднані між собою відрізком хвилеводу першої і другої кювет, однієї для розчину, другої для розчинника і вхідного та вихідного хвилеводів, встановлених відповідно в першій і другій кюветах співвісно з відрізком хвилеводу і жорстко закріплених у корпусі, при цьому вхідні хвилеводи з'єднані відповідно з першим і другим вихідними плечима Т-міста, а вихідні хвилеводи підключені до входів ампліфазометру.

Недоліком пристрою є складність виконання та послідовності аналізу вимірювальних значень різниці фаз та амплітуд, що призводить до невисокої точності визнання діелектричної проникності.

Найбільш близьким до запропонованого пристрою є пристрій для вимірювання діелектричної проникності [А.С. №1385094 А1, кл. G01R27/26, Б. №12, 1988р.], який містить зразок, пружний чутли-

UA (11) 14555 (13) U

вий елемент у вигляді металевої струни, опору, постійний магніт, електроди, джерело напруги, електронний автогенератор, вимірювач частоти.

Недоліком пристрою є невисока точність, пов'язана з необхідністю визначення густини рідини для визначення діелектричної проникності та неоднакова зміна паразитних ємностей та індуктивностей внаслідок впливу різних зовнішніх факторів.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробки вимірювача діелектричної проникності рідин, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними досягається можливість отримання діелектричної проникності рідини через визначення поверхневого натягу та величини зміни геометричних параметрів меніска під дією електростатичного поля досліджуваної рідин при певному значенні напруженості електростатичного поля, що призводить до підвищення точності пристрою в цілому.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій, який містить електроди, джерело напруги та опору, введені джерело живлення, освітлювач, оптична система, підсилювач, дозатор рідини, капіляр, кювета для досліджуваної рідини, система лінз, діафрагма, фотоматриця чутливих елементів, аналого-цифровий перетворювач, центральний процесор, блок пам'яті, блок індикації, цифро-аналоговий перетворювач, причому джерело живлення пов'язане з освітлювачем, освітлювач та оптична система розташовані на одній оптичній вісі та оптично з'єднані між собою, електроди закріплені в опорі та підключені до джерела напруги через підсилювач, вихід дозатора рідини через капіляр пов'язаний з кюветою для досліджуваної рідини, система лінз, діафрагма та фотоматриця чутливих елементів розташовані на одній оптичній вісі та оптично з'єднані між собою, вихід фотоматриці чутливих елементів пов'язаний з входом аналого-цифрового перетворювача, вихід цифро-аналогового перетворювача пов'язаний з підсилювачем, центральний процесор пов'язаний з аналого-цифровим перетворювачем, блоком пам'яті, блоком індикації, цифро-аналоговим перетворювачем.

На кресленні представлена структурна схема пристрою.

Пристрій містить джерело живлення 1, яке пов'язане з освітлювачем 2, що розташований на одній оптичній вісі та оптично пов'язаний з оптичною системою 3, електроди 4, закріплені в опорі 5, підключені до джерела напруги 6 через підсилювач 7, дозатор рідини 8, вихід якого через капіляр 9 пов'язаний з кюветою для досліджуваної рідини 10, систему лінз 11, яка оптично пов'язана та розташована на одній оптичній вісі з діафрагмою 12 та фотоматрицею чутливих елементів 13, вихід якої пов'язаний з входом аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 14, центральний процесор 15, блок пам'яті 16, блок індикації 17, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) 18, вихід якого пов'язаний з підсилювачем 9. Причому центральний процесор 15 пов'язаний з аналого-цифровим перетворювачем 14, блоком пам'яті 16, блоком індикації 17, цифро-аналоговим перетворювачем 18.

Пристрій працює наступним чином. Джерело живлення 1, освітлювач 2 та оптична система 3 формують світловий потік, який характеризується параксіальністю променів та має рівномірний розподіл інтенсивності по всій апертурі. Дозатором 8 через капіляр 9 формується лежача крапля в кюветі 10, яка розміщується між електродами 4, закріпленими в опорі 5. Рідина над стінками кювети 10 утворює меніск у формі півсфери. Електроди 4 розташовані паралельно один одному та виконані у вигляді скляних пластинок з нанесеним на верхню та нижню стінки провідним шаром. Діафрагма 12 регулює світловий потік, що подається на фотоматрицю чутливих елементів 13. Геометричні параметри меніска реєструються через систему лінз 11 фотоматрицею чутливих елементів 13. Параметри меніска оцифровуються за допомогою АЦП 14 та обробляються мікропроцесором 15, що дозволяє визначити значення поверхневого натягу рідин, який розраховується за формулою:

$$\sigma = \frac{V \cdot (\rho_m - \rho_p) \cdot g}{\pi \cdot d}, \quad (1)$$

де σ - поверхневий натяг;

V - об'єм рідини;

ρ_m - густина твердої фази;

ρ_p - густина рідкої фази;

g - прискорення вільного падіння;

d - діаметр капіляра.

На електроди 4 подається напруга джерелом напруги 6, підсилюється підсилювачем 7. Електростатичне поле, направлене перпендикулярно площині електродів 4 і паралельно вісі симетрії меніска, призводить до зміни форми меніска, яка реєструється через систему лінз 11, діафрагму 12 фотоматрицею чутливих елементів 13, оцифровується за допомогою АЦП 14 та передається в мікропроцесор 15, який здійснює керування подачею напруги на електроди 4 шляхом формування деякого значення коду, яке перетворюється в напругу на виході ЦАП 18. Зміна значення коду забезпечує зміну напруги на електродах 4. Зростання напруженості електростатичного поля супроводжується збільшенням деформації краплі та її енергії, при певному значенні напруженості електростатичного поля відбувається пробій. Значення пробійної напруженості відповідає моменту різкого спаду коефіцієнта деформації k , який характеризує витягненість сфероїдальної краплі. В кожному такті зміни напруги відбувається реєстрація зображення, визначення коефіцієнта деформації k та його порівняння з попереднім. При $k_{i+1} > k_i$ відбувається подальше збільшення напруги. У випадку $k_{i+1} < k_i$ фіксується k_i , геометричні параметри меніска та напруга, що відповідає даному значенню. При цьому зупиняється робота ЦАП 18, а система виконує обробку результатів, передачу їх в блок пам'яті 16 та блок індикації 17.

Під впливом електростатичного поля відбувається поляризація молекул і лежача крапля деформується, перетворюючись з сфероїдальної у витягнуту сфероїдальну краплю. Відбувається зміна і енергії краплі, яка в електростатичному полі складається з енергії сил поверхневого натягу та електростатичної енергії краплі в полі.

Енергія сил поверхневого натягу витягнутої

сфероїдальної краплі виражається формулою:

$$U_{\sigma} = 2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot R^2 \cdot \left(k^{-2/3} + k^{4/3} \cdot \frac{\arctg(\sqrt{k^2 - 1})}{\sqrt{k^2 - 1}} \right), \quad (2)$$

де U_{σ} - енергія сил поверхневого натягу;
 R - радіус сфероїдальної краплі;
 $k = a/b$ - коефіцієнт деформації, де a і b - більша та менша піввісі витягнутого сфероїда відповідно.

Електростатична енергія сфероїда, витягнутого вздовж зовнішнього однорідного електростатичного поля описується виразом:

$$U_e = -\frac{1}{2} \cdot E \cdot P_x = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot E^2 \cdot R^3 \cdot (\epsilon - 1)}{3 \cdot \left[1 + (\epsilon - 1) \cdot n_x \right]}, \quad (3)$$

де U_e - електростатична енергія краплі в полі E ;

P_x - дипольний момент сфероїда;

E - напруженість електростатичного поля;

ϵ_0 - діелектрична постійна;

ϵ - діелектрична проникність;

n_x - коефіцієнт деполаризації сфероїда, який залежить від форми.

Зв'язок рівноважної сфероїдальної деформації краплі з напруженістю електростатичного поля може бути знайдений з вимоги мінімальності повної потенціальної енергії краплі в рівноважному стані:

$$\frac{\partial(U_{\sigma} + U_e)}{\partial k} = 0, \quad (4)$$

Функція перетворення для визначення діелектричної проникності має вигляд:

$$\epsilon = f(\sigma, E, k, S, V), \quad (5)$$

де S - площа поверхні досліджуваної рідини;

σ - поверхневий натяг, що описується виразом:

$$\sigma = \frac{6 \cdot \epsilon_0 \cdot E^2 \cdot V \cdot D \cdot k^3 \cdot A^3 \cdot \left(\sqrt{k^2 - 1} - 2 \cdot \epsilon + 1 \right)}{S \cdot F^2 \cdot \left(A^3 - 4 \cdot k^2 \cdot A^2 \cdot C - 3 \cdot k^2 \cdot A + 3 \cdot k^4 \cdot C \right)}, \quad (6)$$

де

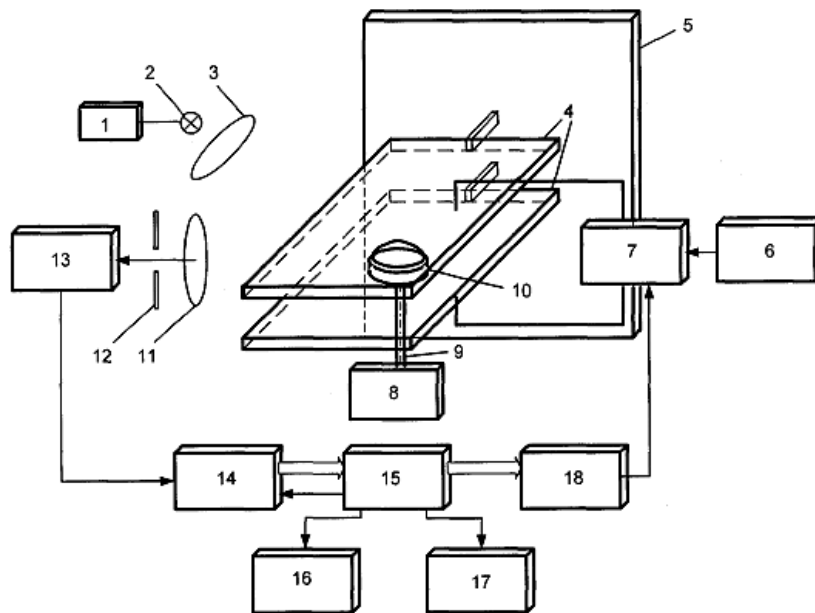
$$A = \sqrt{k^2 - 1}, \quad B = \ln(k + \sqrt{k^2 - 1}),$$

$$C = \arctg(\sqrt{k^2 - 1}),$$

$$D = \frac{\ln(k + \sqrt{k^2 - 1}) + k \cdot \frac{1 + k \cdot \sqrt{k^2 + 1}}{k + \sqrt{k^2 + 1}} - \frac{k}{A}}{A^3},$$

$$-3 \cdot k \cdot \frac{k \cdot \ln(k + \sqrt{k^2 + 1}) - A}{A^5} \quad (7)$$

$$F = 3 + 3 \cdot \left(\sqrt{k^2 - 1} \right) \cdot \frac{k \cdot \ln(k + \sqrt{k^2 + 1}) - A}{A^3}$$



Фіг.