



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **77967** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
G01V 1/16 (2006.01)
G01H 9/00
G01N 21/55 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 06424	(72) Винахідник(и): Шугуров Олег Олексійович (UA), Шугуров Олег Олегович (UA)
(22) Дата подання заявки: 28.05.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.03.2013	(73) Власник(и): ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.03.2013, Бюл.№ 5	

(54) РІДИННИЙ РЕЄСТРАТОР ҐРУНТОВИХ КОЛИВАНЬ

(57) Реферат:

Рідинний реєстратор ґрунтових коливань має корпус з прикріпленим до корпусу джерелом когерентного світла та фоточутливою матрицею, яка з'єднана з вимірювальним пристроєм. Корпус виконано вакуумованим та термоізованим, з непрозорого матеріалу чорного кольору, наприклад пластмаси. Знизу до дна корпусу прикріплено стійку з шарніром. Корпус має подовжену прямокутну форму з пласким дном, яке покрито тонким пласким шаром сейсмочутливої рідини чорного кольору та з малим коефіцієнтом поверхневого натягу, наприклад спиртом. У дальніх частинах дна розташовані хвильові демпфери. Джерело когерентного променя та фоточутлива матриця прикріплені на протилежних дальніх сторонах корпусу під нахилом таким чином, що кут падіння відбитого від рідини променя до матриці дорівнює 90°.

UA 77967 U

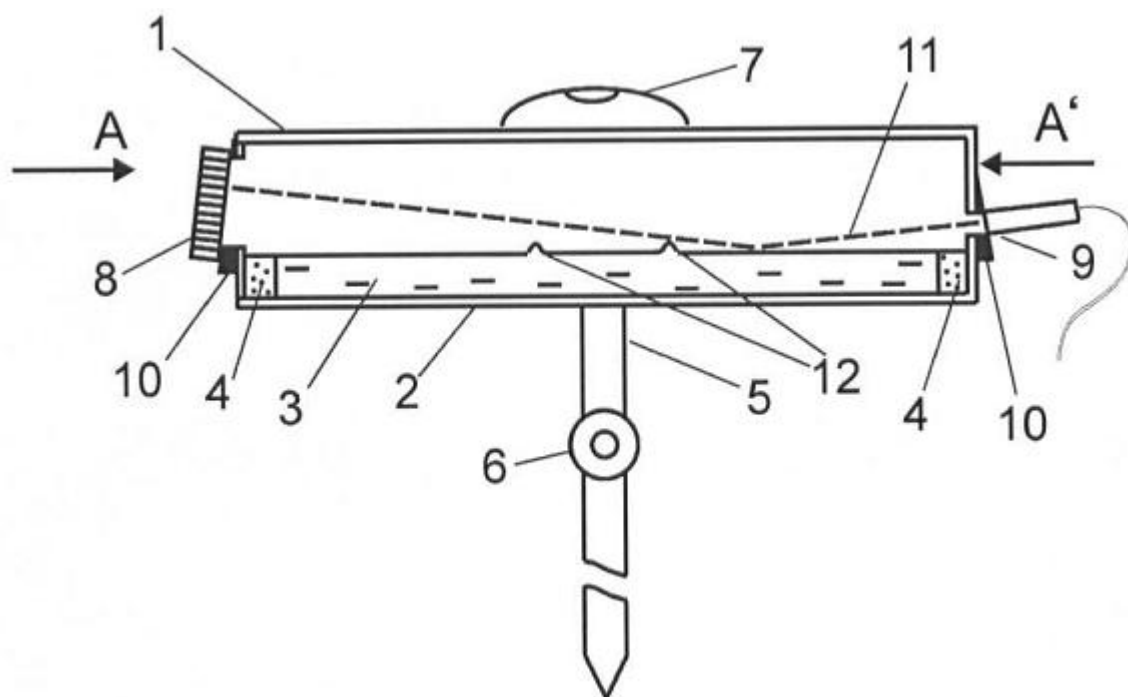


Fig. 1

Корисна модель належить до вимірювальної техніки, а саме до систем реєстрації коливань ґрунту оптичними методами. Пристрій може застосовуватися в сейсмології, сільському господарстві, геофізиці й метеорології, для прецизійного виміру сейсмічних деформацій від джерел як природного, так і штучного походження. Корисну модель може бути використано при вирішенні задач дистанційної безконтактної вібродіагностики машин, механізмів, будівельних конструкцій і споруджень.

Відомий сейсмоприймач [1], що містить корпус, гідравлічний перетворювач, рідинну інерційну масу, що розташована у каркасі і компенсатор температурного розширення рідини. У системі з метою розширення діапазону робочих температур та стабільності параметрів сейсмоприймача, компенсатор температурного розширення рідини виконано у вигляді герметичного еластичного ковпачка, жорстко пов'язаного з каркасом та утворюючого з ним заповнену рідиною замкнуту порожнину, яка пов'язується з корпусом за допомогою виконаного в каркасі каналу з камерою гідравлічного перетворювача.

Недоліком є складність конструкції, недостатня чутливість пристрою за рахунок того, що рідка інерційна маса передає тільки частину своєї енергії гідроперетворювачу, для роботи потрібна рідина з досить великою щільністю, необхідність існування складних компенсаторів об'єму рідини.

Відомий пристрій для ідентифікації й контролю якості рідини по індивідуальних особливостях процесу розвитку та релаксації термокапілярного відгуку [2]. Пристрій містить кювету із пробною рідиною, лазер, що зчитує параметри рідини, екран, на який проектується термокапілярний відгук і телекамеру. У дно кювети герметично вбудований металевий теплопровідний елемент, верхня частина якого перебуває в рідині, а нижня у тепловому контакті з елементом Пельт'є, який робить тепловий вплив на рідину. Відбиваючись від закривленої поверхні рідини в районі елемента Пельт'є, лазерний промінь попадає на фотоприймач і далі обробляється відповідним чином.

Недоліки: пристрій працює тільки при нерухомій досліджуваній рідині, необхідність розташування лазера під малим кутом для оптичного охоплення термовідклику поверхні рідини, неможливість використати пристрій для контролю коливань поверхні досліджуваної рідини.

Відомий пристрій [3], що містить плиту-підставу, лазер, закріплений між поляризаційною розділовою призмою й частково проникним дзеркалом. Дзеркало встановлене на плиті-підставі так, що при паданні на нього оптичного випромінювання з лазера одну частину випромінювання дзеркало відбиває автоколімаційно, а іншу пропускає до встановленого за дзеркалом фотоприймача. До виходів фотоприймача підключений блок вимірювання різницевої частоти. Два дзеркала нерухомо закріплені на плиті-основі, двостороннє дзеркало закріплене на п'єзоелементі, підключеному до виходу генератора модуляційних коливань. П'єзоелемент закріплено на незалежній підставі. При влученні на дзеркала оптичних випромінювань із поляризаційної призми відбиті від відповідних дзеркал промені спрямовані назустріч один одному уздовж загальної прямої лінії, перпендикулярно якій на рівній відстані від дзеркал з використанням п'єзоелемента й незалежної підстави встановлене двостороннє дзеркало.

Недоліком пристрою є необхідність встановлення плити уздовж передбачуваного напрямку поширення сейсмічних коливань, мала чутливість, наявність складних оптичних лінзових систем, що вимагають абсолютної співвісності елементів, можливість легкого зрушення оптичних елементів.

Відомий лазерний вимірник амплітуди кутових і лінійних віброзрушень [4], що включає лазер, послідовно розташовані уздовж оптичної осі лінзу й напівпрозоре дзеркало, встановлене під кутом 45° , дві телекамери та фоточутливу матрицю, яка розташована у фокальній площині об'єктива телекамери. Пристрій має систему сполучення з ЕОМ та саму ЕОМ. Лазерний пучок після відбиття від напівпрозорого дзеркала та оптична вісь об'єктива другої телекамери перпендикулярні віброуючій поверхні, а оптична вісь першої телекамери з фоточутливою матрицею, встановленою від об'єктива на відстані різкого зображення плями лазерного випромінювання, орієнтована похило до оптичної осі променя, що падає на віброуючу поверхню. Виходи обох телекамер з'єднані із входами двоканального пристрою сполучення, вихід якого з'єднаний із входом на ЕОМ.

Недолік пристрою - складність конструкції, велика кількість оптичних елементів, що вимагають точного настроювання та не допускають можливих зсувів у системі, недостатня чутливість.

По характеристикам найбільш близьким до запропонованого є відомий сейсмограф [5], що містить когерентне джерело світла, інерційну масу, матрицю фотоприймача та два паралельно розташованих дзеркала, одне з яких встановлено в корпусі приладу, а інше - кріпиться до

інерційної маси. Дзеркало, встановлене на інерційній масі, вільним кінцем шарнірно з'єднано з корпусом приладу.

Недоліком його є наявність рухливих частин у підвісці дзеркала, мала чутливість за рахунок необхідності зрушення інерційної маси й дзеркала, складність конструкції, складність підрахувань кутів зрушень рухливого дзеркала при багаторазовому відбиванні світлового променя від дзеркал.

Задача корисної моделі - підвищення чутливості коливань ґрунту за рахунок використання сейсмочутливої рідини, зменшення кількості рухливих деталей конструкції та, завдяки цьому, спрощення конструкції, стабільність у роботі.

Задача вирішується тим, що корпус зроблено термоізолюваним та з непрозорого матеріалу, та герметичним, внутрішні сторони корпусу виконано з матеріалу, що поглинає світло (наприклад з пластмаси). Сам корпус має подовжену прямокутну форму з плоским дном, дно покрито тонким плоским шаром сейсмочутливої рідини, що має малий коефіцієнт поверхневого натягу (наприклад спирт) та фарблена в чорний колір. У дальніх частинах дна розташовано рідинні демпфери. Джерело когерентного світлового променя та fotocутлива матриця прикріплені на протилежних дальніх торцях корпусу під кутами, що забезпечує падіння відбитого від рідини променя під кутом 90° до матриці. З зовнішньої сторони до дна корпусу прикріплено стійку, що має шарнір, зверху до корпусу прикріплено "показчик рівня горизонту".

На фіг. 1. зображено рідинний реєстратор ґрунтових коливань збоку, на фіг.2 - зображено внутрішню частину пристрою при погляді вниз від площини А-А.

Пристрій містить корпус (1), на дні (2) якого перебуває сейсмочутлива рідина (3). На протилежних кінцях дна укріплені прокладки (4), що демпфують рідину (демпфери). З низу до дна корпусу 1 прикріплена стійка (5), що має шарнір (6). На верхній частині корпусу встановлено індикатор "бульбочковий рівень горизонтальності" (7). До "вікон" у дальніх бічних сторонах корпусу 1 приєднано fotocутливу матрицю (8) та джерело когерентного випромінювання (наприклад лазер) (9). Джерело світла 9 та фотоприймач 8 приєднані до корпусу 1 через скісні прокладки (10). Луч променя (11) джерела світла 9, розташовано під кутом до поверхні сейсмочутливої рідини 3. На поверхні рідини присутні поверхневі хвилі (12).

Герметичний термоізолюваний вакуумований непрозорий корпус 1 має витягнуту прямокутну форму (фіг. 2), стійку 5 виконано у вигляді стрижня, та прикріплено до середини дна 2 корпусу 1. Джерело світла 9 та fotocутлива матриця 8 прикріплені у торцях корпусу симетрично до центральної лінії й одночасно під невеликим кутом ($5-10^\circ$) до поверхні рідини завдяки скісним прокладкам 10. Вказані вище кути нахилу джерела світла та матриці щодо корпусу встановлено таким чином, щоб у випадку відсутності хвиль відбитий промінь падав на матрицю перпендикулярно. Сейсмочутлива рідина 3 у пристрої має: малу глибину (5-7 мм) уздовж усього дну корпусу (малий шар); малий коефіцієнт поверхневого натягу (наприклад спирт, ефір); чорний колір за рахунок фарблення рідини.

Працює пристрій у такий спосіб. У ґрунт (контрольований об'єкт) вводять стійку 5, і за допомогою шарніра 6 встановлюють корпус 1 у горизонтальне положення, так, щоб поверхня рідини в корпусі була паралельна площині дна 2 корпусу 1. Горизонтальність корпусу контролюється за допомогою "рівня" 7 (по положенню бульбашки повітря в ньому) і настроюється з використанням шарніра 6, що дозволяє змінювати нахил корпусу 2 щодо землі. Промінь світла 11 із джерела 9, відбиваючись від поверхні рідини через "вікно" у стінці корпусу, попадає на fotocутливу матрицю 8.

При коливаннях ґрунту, його зсув йде через стійку 5 та дно 2 корпусу 1. У результаті відбуваються мікрозрушення маси рідини з утворенням на рідині поверхневих хвиль 12 незалежно від того, який напрямок сейсмічних коливань [6]. Наявність подовжнього корпусу (фіг. 2) приводить до того, що всі поверхневі хвилі 12, що йдуть поперек піддону (дна корпусу), вдарившись об бічні борти піддона, рухаються далі уздовж корпусу. У такий спосіб на поверхні залишаються тільки хвилі, які йдуть уздовж корпусу (показано стрілками). У протилежних кінцях дна 2 корпусу 1 встановлено демпфери 4 (наприклад з щільної вати), які поглинають усі хвилі, що добігли до них, не даючи ефектів відбивання хвиль.

У спокійному стані (без поверхневих хвиль) когерентний промінь 11, відбиваючись від поверхні сейсмочутливої рідини, на fotocутливій матриці 8 формує пляму, що "не рухається". Навіть малі зрушення на поверхні рідини ведуть до виникнення хвиль, які зміщують відбиток променя по поверхні матриці.

Для кращої концентрації променів після відбиття, пригнічення променів, відбитих від дна корпусу та вторинних відбитих променів у корпусі, сейсмочутлива рідина профарбована чорним пігментом, також всі внутрішні поверхні корпусу мають чорний колір, а корпус зроблений непрозорим. Для зменшення розсіювання світла з корпусу вилучено повітря, а для зменшення

ефектів випару рідини та зменшення коливань рівня поверхні при змінах температури (температурні зміни об'єму) корпус виконаний теплоізоляційним (або із зовнішньою теплоізоляцією). Оскільки об'єм рідини невеликий, але велика площа її поверхні, то температурно-об'ємні зрушення будуть у цьому випадку з одного боку малі, а зсуви поверхні -
 5 дуже повільні. Вказані ефекти будуть відбиватися лише повільним чином на рівні "базового" значення на фоточутливій матриці.

Як відомо [6,7], у рідинах відсутні деформації зрушення, що веде до виникнення з однієї сторони до текучості, з іншого боку - до існування лише поздовжніх пружних хвиль. На поверхні рідини діє кілька сил: сила тяжіння й сила поверхневого натягу. Чим менше сила поверхневого
 10 натягу - тим менше енергія, що потребується на утворення поверхневих хвиль. Тому в пристрої використано рідину, що має малу силу поверхневого натягу (спирт, ацетон, ефір та інші), оскільки для утворення хвилі на поверхні таких рідин потрібно менше зовнішньої енергії коливання ґрунту.

Кількісним критерієм лінійності хвиль є умова:

$$(2A/\lambda) \ll 1,$$

де A - амплітуда хвилі; λ - довжина хвилі (відстань між верхівками хвиль) [6,7]. В наших випробуваннях навіть при дуже сильних вібраційних стимулах не було зареєстровано хвиль,
 вище 2-3 мм при довжині хвилі 5-7 см: $(2A/\lambda) < 0,1$. Тобто, будь-які хвилі в пристрої достатньо пологі по формі та не мають гребенів.

У тонких шарах рідини, коли глибина до поверхні d відповідає:

$$d \sim \lambda/10 \quad (1),$$

за рахунок відсутності хвильових пакетів в глибині шару рідини, хвилі на поверхні - не розбиваються. Це веде до утворенням одиночних хвиль (по типу солітонів). Така хвиля має вигляд несинусоїдального симетричного горба, що сходиться на нуль в обидва боки (без гребеня,
 25 що закручується), та без вм'ятин на поверхні [8]. У пристрої, завдяки тонкому шару рідини у пристрої ($d=5-7$ мм) і більших поздовжнім розмірам дна корпусу (десятки сантиметрів) виконується умова (1), тому на окремі зовнішні коливання пристрою формуються окремі хвилі або ряд хвиль, у залежності від джерела коливання. Чим більше зовнішня сила, що впливає на пристрій, тим більше викликані хвилі, і відповідно, відхилення променя на фоточутливій
 30 матриці. У торцях дна корпусу знаходяться демпфери 4 (наприклад із щільної вати), задача яких - поглинути енергію хвилі, що прийшла, не допустити її відбиття й повернення для руху в зворотному напрямку.

Таким чином, запропонований пристрій не має рухливих частин щодо системи "джерело струму - приймач", що робить неможливим збиття настройки оптичного націлювання,
 35 наявність у пристрої рідини з малим коефіцієнтом поверхневого натягу забезпечує високу його чутливість (оскільки такі рідини - спирт, ефір, ацетон, мають малу щільність). За рахунок маленької висоти стовпу рідини у приладі утворюються лише хвилі з пологими формами, що дає більш правильний відхил променя. За рахунок фарбування рідини світловий промінь більш концентрований, а світлонепроникний корпус разом із чорною внутрішньою поверхнею корпусу
 40 забирають можливість зовнішнього висвітлення фотоматриці. Внутрішнє вакуумування і теплоізоляція зменшує ефекти розсіювання в "повітряній" частині пристрою. Мала товщина шару, форма корпусу і наявність водних демпферів забезпечують "дзвіноподібну" форму хвиль у пристрої, швидке гасіння хвиль і відсутність помилкових повторних відповідей.

Джерела інформації:

1. Пат. RU № 1334960, МПК G01V 1/16, 1999.

2. Пат. RU № 2301415, МПК G01N 21/55. 2007.

3. Пат. RU № 2329524, МПК G01V 1/16, G01B 11/16, 2008.

4. Пат. RU № 2324906, МПК G01H 9/00, 2008.

5. А.С. SU № 596898, МПК G01V 1/18. 1978.

6. Любимов В.Д. Динамика поверхностей раздела в вибрационных полях. - М.: Физмат.,
 50 2003. - 216 с.

7. Вопросы волновых движений жидкости // Сб. науч. тр. - Краснодар: КубГУ, 1987. - 119 с.

8. Лэм Дж. Введение в теорию солитонов. - М.: Мир, 1983. - 294 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Рідинний реєстратор ґрунтових коливань, що має корпус з прикріпленням до корпусу джерелом когерентного світла та фоточутливою матрицею, яка з'єднана з вимірювальним пристроєм, який
 60 **відрізняється** тим, що корпус виконано вакуумованим та термоізованим, з непрозорого матеріалу чорного кольору, наприклад пластмаси, знизу до дна корпусу прикріплено стійку з

- 5 шарніром, причому корпус має подовжену прямокутну форму з плоским дном, яке покрито тонким плоским шаром сейсмочутливої рідини чорного кольору та з малим коефіцієнтом поверхневого натягу, наприклад спиртом, у дальніх частинах дна розташовані хвильові демпфери, джерело когерентного променя та фоточутлива матриця прикріплені на протилежних дальніх сторонах корпусу під нахилом таким чином, що кут падіння відбитого від рідини променя до матриці дорівнює 90° .

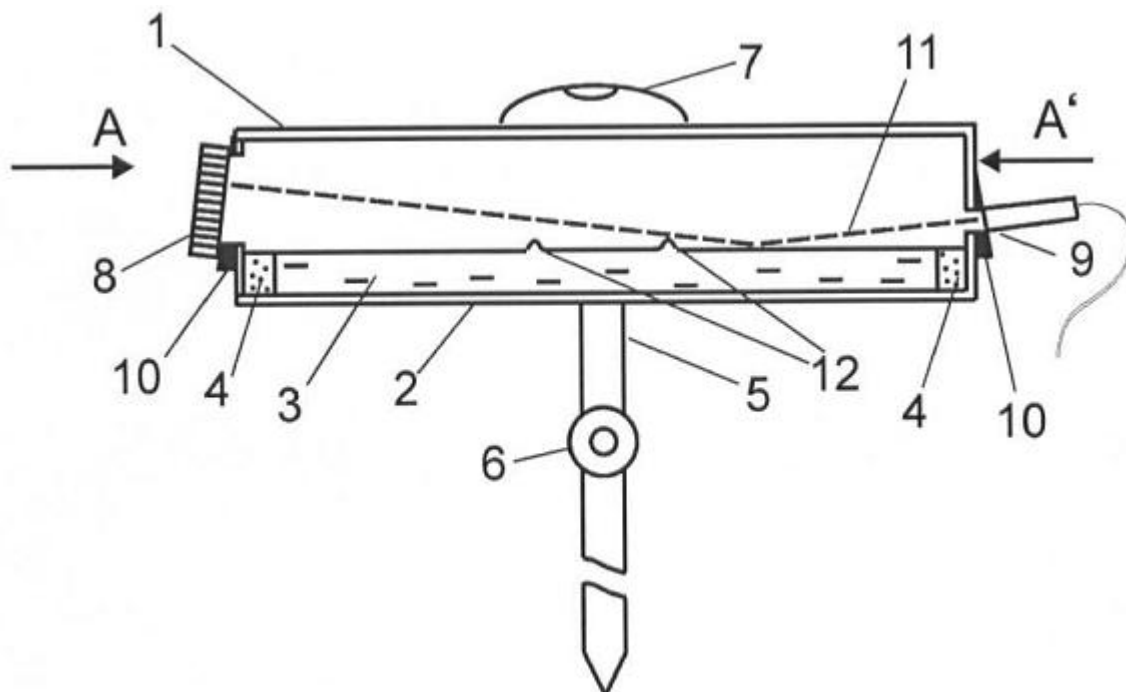


Fig. 1

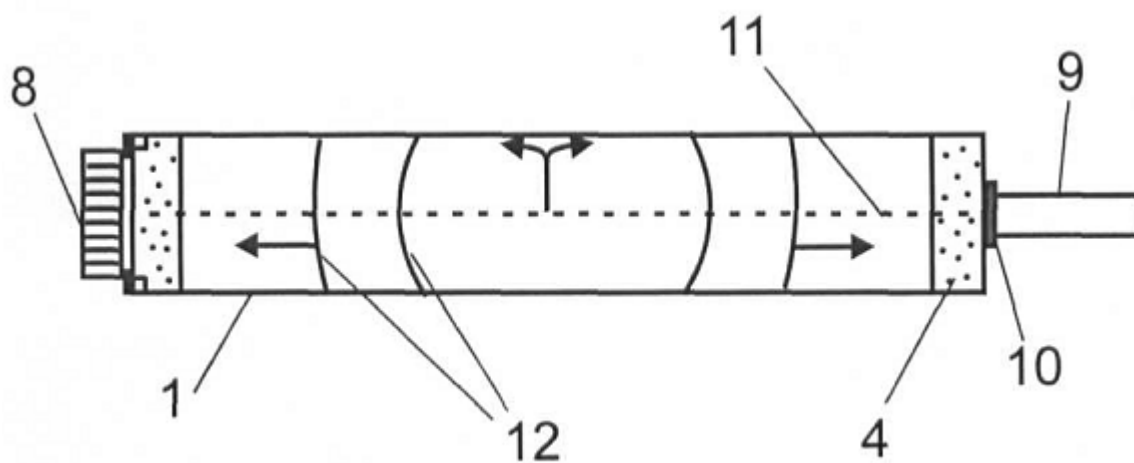


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

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

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