



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57664 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
A61B 1/00  
A61B 8/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) ДАТЧИК ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ТРАНСМІСІЙНИМ МЕТОДОМ АКУСТИЧНИХ ВЛАС-  
ТИВОСТЕЙ ОБ'ЄМНИХ СТРУКТУР І СУБСТРАТІВ В ПЕРЕДНІЙ ПОЛОВИНІ ОЧНОГО ЯБЛУКА**

1

2

(21) u201009343

(22) 26.07.2010

(24) 10.03.2011

(46) 10.03.2011, Бюл.№ 5, 2011 р.

(72) ПАСЕЧНИКОВА НАТАЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА,  
ВІТ ВАЛЕРІЙ ВІКТОРОВИЧ, КОВАЛЬЧУК ОЛЕК-  
САНДР ГЕОРГІЄВИЧ, НАУМЕНКО ВОЛОДИМИР  
ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНА УСТАНОВА "ІНСТИТУТ ОЧНИХ  
ХВОРОБ І ТКАНИННОЇ ТЕРАПІЇ ІМ.  
В.П.ФІЛАТОВА "АМН УКРАЇНИ

(57) Датчик для ультразвукової діагностики транс-  
місійним методом акустичних властивостей об'єм-  
них структур і субстратів в передній половині очно-

го яблука, що складається з П-подібної скоби, на протилежних браншах якої напроти один одного по одній осі на фіксованій відстані розташовані нефокусуючий ультразвуковий перетворювач з акустичною лінією затримки і акустичний відбивач, який **відрізняється** тим, що акустична лінія затримки виготовлена з рексоліту, задня поверхня акустичного відбивача виконана похилою по відношенню до поверхні, що контактує з поверхнею очного яблука, до середньої щаблини П-подібної скоби посередині відстані між контактними ділянками акустичної лінії затримки і відбивача додатково кріпиться утримувач датчика у вигляді ручки.

Корисна модель відноситься до медицини, конкретно до офтальмології, і може бути використана для ультразвукової діагностики трансмісійним методом акустичних властивостей об'ємних структур і субстратів в передній половині очного яблука (кришталік, склоподібне тіло, гемофтальм, внутрішньоочні новоутворення, ексудат або помутніння в склоподібному тілі) на основі визначення параметрів частотно-залежного загасання і фазової дисперсії ширококутового імпульсного ехо-сигналу, що проходить крізь них.

У більшості ультразвукових сканерів і біометрів офтальмологічного призначення, що випускаються в даний час, ультразвукове дослідження виконується в ехо-імпульсному режимі з подальшим амплітудним детектуванням відбитих ехо-сигналів. При цьому радіочастотний сигнал перетворюється на електричний імпульс позитивної полярності. По місцю розташування цього імпульсу на сонограммі або ехограмі, зв'язаному з часом його повернення до випромінювача, судять про просторове розташування акустичної неоднорідності усередині ока. Проте при детектуванні відбитого ехо-сигналу втрачається інформація про його частотні і фазові характеристики, які відображають акустичні властивості біологічного середовища на мікроструктурному і молекулярному рівні.

Останнім часом були опубліковані роботи [Silverman R.H., Folberg R., Boldt H.C., et al. Correlation of ultrasound parameter imaging with microcirculatory patterns in uveal melanoma. *Ultrasound Med Biol.* 1997; 23:573-581, Allemann N., Silverman R.H., Rainstain D.Z., Coleman D.J. High-frequency ultrasound imaging and spectral analysis in traumatic hyphema. *Ophthalmology.* 1993 Sep; 100(9): 1351-7.], присвячені оцінці мікроструктурної організації увеальних меланом і гемофтальма на основі спектрального аналізу відбитих ехо-сигналів в радіочастотній формі. Ці дослідження проводилися на певних типах ультразвукових сканерів за допомогою стандартних ультразвукових датчиків. Аналіз амплітудно-частотних характеристик відбитих ехо-сигналів здійснювався на приєднаних до В-сканерів спеціально розроблених блоках. При цьому авторам вдалося отримати корисну інформацію про ступінь злоякісності увеальних меланом і ступінь організації гемофтальму (у динаміці).

Найбільш близьким до запропонованого нами є датчик для реалізації способу ультразвукової діагностики параметрів мікроструктурної організації склоподібного тіла, об'ємних внутрішньоочних новоутворень і патологічних субстратів (гемофтальма, ексудату) в передній половині очного яблука [Пасечнікова Н.В., Ковальчук О.Г., Науменко В.А.,

(19) UA (11) 57664 (13) U

Голубов Н.Л., патент України на корисну модель № 30091 від 11.02.2008 р.]. Датчик складається з П-образної скоби, на протилежних браншах якої на протилежних осях на фіксованій відстані розташовані нефокуруючий ультразвуковий перетворювач з акустичною лінією затримки і акустичний відбивач.

Описаний в патенті пристрій має ряд недоліків. В ньому чітко не визначені вимоги до акустичних характеристик ультразвукової лінії затримки. Наприклад, кварцева лінія затримки забезпечує мінімальні фазово-частотні спотворення форми імпульсних ехо-сигналів. Проте із-за дуже високого акустичного імпедансу в порівнянні з біологічними середовищами її застосування приведе до віддзеркалення 90% потужності ультразвукового імпульсу на її межі із стінкою очного яблука і різкому зниженню чутливості методу дослідження. Виготовлення акустичної лінії затримки з полістиролу, що зазвичай використовується в ультразвукових товщиномірах, приведе до фазово-частотних спотворень форми широкосмугового імпульсного ехо-сигналу із-за різного рівня загасання і швидкості розповсюдження його спектральних складових і істотно знизить точність оцінки дисперсійних характеристик досліджуваного середовища і частотного декременту загасання ехо-сигналу.

Аналіз спектральних характеристик сигналу в спектроаналізаторах здійснюється в певному відрізку часу, який називається вікном. Важливо, щоб в цьому вікні були відсутні будь-які інші сигнали, які будуть шумом, що спотворює результати спектрального аналізу. Проте при застосуванні акустичного відбивача з пластини неіржавіючої сталі товщиною 3,0мм відразу за корисним сигналом, практично накладаючись на нього, з'являється пакет сигналів реверберації, що виникають унаслідок багатократного віддзеркалення ехо-сигналу від поверхонь пластини відбивача. Це робить неможливим виділення корисного сигналу і коректне проведення спектрального аналізу.

П-образна скоба датчика зазвичай виготовляється знімною. На одній з бранш напроти акустичного відбивача до неї жорстко закріплена накидна гайка з притискним обідком. Цією накидною гайкою П-образна скоба накручується на ультразвуковий перетворювач, притискаючи до його передньої поверхні акустичну лінію затримки за рахунок тиску обідка на краєвий виступ її основи. Якщо встановлювати датчик на очне яблуко, тримаючи його за ультразвуковий перетворювач, важко зрівняти силу притиску, а відповідно забезпечити однакову площу контакту акустичної лінії затримки і відбивача. Є небезпека, що цей притиск буде неоднаковим. Результатом цього буде неповне прилягання (не всією площею) контактної ділянки акустичної лінії або відбивача до поверхні очного яблука, що приведе до зниження амплітуди відбитого ехо-сигналу і спотворенню результатів дослідження. У місці надмірного тиску у пацієнта можуть виникнути больові відчуття. Важливим недоліком є те, що при такому накладенні датчика на око на акустичний відбивач діє виштовхуюча (від стінки очного яблука) сила, величина якої у

місці притиску обідком накидної гайки краєвого виступу акустичної лінії затримки до ультразвукового перетворювача згідно правилу важеля збільшується приблизно в 10 разів. Причому, з одного боку вона складається з силою, що притискає акустичну лінію затримки, з протилежною - віднімається. Внаслідок цього товщина краєвого виступу пружного пластика акустичної лінії затримки з одного боку збільшиться, з іншого - зменшиться. Результатом цього буде невеликий нахил П-образної скоби і площини акустичного відбивача щодо осі ультразвукового перетворювача, що приведе до відхилення напряду розповсюдження відбитого ультразвукового ехо-імпульсу від осі зондування і істотному спотворенню форми, амплітуди і відповідно спектральних характеристик прийнятого ехо-сигналу.

Завданням корисної моделі є удосконалення конструкції датчика з метою підвищення чутливості ультразвукового дослідження; зменшення фазово-частотних спотворень імпульсного ехо-сигналу, обумовлених особливостями його взаємодії з матеріалом акустичної лінії затримки і відхиленням напряду розповсюдження відбитого ехо-сигналу від осі зондування; усунення ехо-сигналів реверберації з вікна спектрального аналізу прийнятого ехо-сигналу; забезпечення рівномірного по силі притиску контактних ділянок акустичної лінії затримки і відбивача до поверхні очного яблука пацієнта.

Зміни, що вносяться до запропонованого об'єкту-прототипу, полягають в тому, що акустична лінія затримки виготовляється з рексоліту; задня поверхня акустичного відбивача робиться похилою по відношенню до поверхні, що контактує з поверхнею очного яблука; до середньої щаблини П-образної скоби посередині відстані між контактними ділянками акустичної лінії затримки і відбивача кріпиться утримувач датчика у вигляді ручки.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає в можливості отримання точнішої оцінки параметрів акустичного загасання і фазової дисперсії широкосмугового імпульсного ехо-сигналу в об'ємних структурах і субстратах передньої половини очного яблука (кришталік, склоподібне тіло, гемофтальм, внутрішньоочні новоутворення, ексудат або помутніння в склоподібному телі).

Поставлене завдання вирішується тим, що для виготовлення акустичної лінії затримки застосовується рексоліт («REXOLITE»). Цей матеріал має найкращі серед відомих пластмас акустичні характеристики для акустичної лінзи або лінії затримки [Haifeng Wang, Tim Ritter, Wenwu Cao, and K. Kirk Shung. Passive Materials for High Frequency Ultrasound Transducers, SPIE Conference Proceedings, 1999; p. 1-8]. Коефіцієнт поглинання ультразвукових коливань на частоті 30МГц у нього всього 1,1дБ/мм. Залежність величини швидкості ультразвука від частоти в цьому матеріалі також дуже мала до 65МГц. Питомий акустичний імпеданс рексоліту має проміжне значення між імпедансом ультразвукового перетворювача і імпедансом біологічного середовища, що визначає хороше акустичне узгодження комплексу перетво-

рювач - рексоліт - очне яблуко з мінімальними втратами потужності імпульсного ехо-сигналу на межах розділу цих середовищ. Використання акустичної лінії затримки з рексоліту забезпечує мінімальну фазово-частотну дисперсію широкосмугового імпульсного ехо-сигналу і низький рівень його загасання, що у свою чергу зумовлює високу чутливість і точність запропонованого способу дослідження. Задня поверхня акустичного відбивача виготовляється з поступовим зменшенням товщини до вільного краю і виходить похилою по відношенню до його поверхні, що контактує з очним яблуком. В результаті цього від задньої поверхні акустичного відбивача по законах геометричної оптики ехо-сигнал відбивається відхиленим убік і повертається до контактної поверхні відбивача під косим кутом. При цьому він частково повертається в очне яблуко під кутом до осі зондування і вже не потрапляє в акустичну лінію затримки і не приходять до ультразвукового перетворювача, а частково йде в пластину П-образної скоби, багато разів відбиваючись від її плоских поверхонь. В результаті у вікні спектрального аналізу залишається тільки корисний сигнал і повністю усуваються ехо-сигнали реверберації від задньої поверхні акустичного відбивача, що забезпечує коректне проведення спектрального аналізу. До середньої щаблини П-образної скоби посередині відстані між контактними ділянками акустичної лінії затримки і відбивача кріпиться утримувач датчика у вигляді ручки. Його використання запобігає нахил площини

акустичного відбивача щодо осі зондування при установці датчика на очне яблуко, оскільки із-за зміни точки опори відсутній важіль дії сили виштовхування акустичного відбивача на обідок накладки гайки, внаслідок чого він чинить однаковий по всьому колу тиск на краєвий виступ акустичної лінії затримки. Це забезпечує співвісне розповсюдження відбитого ехо-сигналу і ехо-сигналу, що зондує, з мінімізацією впливу цього чинника на величину і форму прийнятого сигналу, а також рівномірний по силі притиск контактних ділянок акустичної лінії затримки і відбивача до поверхні очного яблука.

Запропонований датчик для ультразвукової діагностики трансмісійним методом акустичних властивостей об'ємних структур і субстратів в передній половині очного яблука складається з П-образної скоби з неіржавіючої сталі, на протилежних браншах якої напроти один одного по одній осі на фіксованій відстані 21,0мм розташовані нефокусуєчий ультразвуковий перетворювач частотою 22Мгц діаметром 3,2мм з акустичною лінією затримки з рексоліту і акустичний відбивач з неіржавіючої сталі, задня поверхня якого зроблена похилою по відношенню до поверхні, що контактує з поверхнею очного яблука. До середньої щаблини П-образної скоби посередині відстані між контактними ділянками акустичної лінії затримки і відбивача прикріплений утримувач у вигляді змінної ручки із сплаву титану.

#### Причинно-наслідкові зв'язки

1. Акустична лінія затримки з рексоліту.	1. За рахунок цього матеріалу забезпечується мінімальна фазово-частотна дисперсія широкосмугового імпульсного ехо-сигналу і низький рівень його загасання, що у свою чергу зумовлює високу чутливість і точність способу дослідження. 2. Завдяки хорошему узгодженню по питомому акустичному імпедансу комплексу ультразвуковий перетворювач – рексоліт – очне яблуко втрати потужності імпульсного ехо-сигналу на межах розділу цих середовищ мінімальні, що підвищує чутливість способу дослідження.
2. Задня поверхня акустичного відбивача зроблена похилою по відношенню до поверхні, що контактує з поверхнею очного яблука.	Повністю усуваються ехо-сигнали реверберації від задньої поверхні акустичного відбивача, що забезпечує коректне проведення спектрального аналізу.
3. До середньої щаблини П-образної скоби посередині відстані між контактними ділянками акустичної лінії затримки і відбивача кріпиться утримувач датчика у вигляді ручки.	1. Запобігається нахил площини акустичного відбивача щодо осі зондування і забезпечується співвісне розповсюдження відбитого ехо-сигналу і ехо-сигналу, що зондує, з мінімізацією впливу цього чинника на величину і форму прийнятого сигналу. 2. Забезпечується рівномірний по силі притиск контактних ділянок акустичної лінії затримки і відбивача до поверхні очного яблука.

Використання запропонованого датчика для ультразвукової діагностики дозволяє визначити параметри акустичного загасання і фазової дисперсії широкосмугового імпульсного ехо-сигналу в об'ємних структурах і субстратах передньої половини очного яблука з вищою чутливістю, точністю і достовірністю.

Таким чином, як видно з проведеного аналізу, кінцева мета корисної моделі забезпечується сукупністю істотних відмітних ознак.

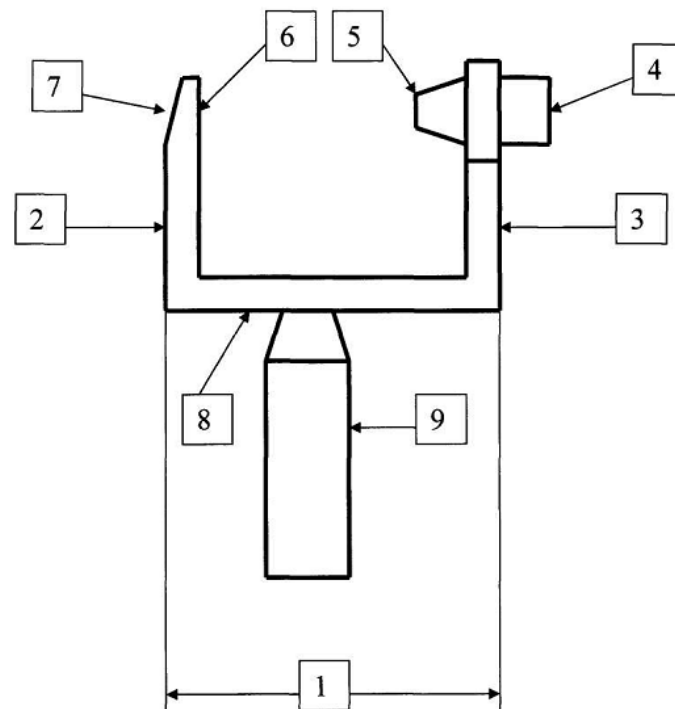
Опис запропонованого датчика

Визначення акустичних параметрів загасання і фазової дисперсії широкосмугового імпульсного ехо-сигнала в об'ємних структурах і субстратах передньої половини очного яблука виконується на апаратно-програмному комплексі, що складається з електронного блоку і ультразвукового датчика. Ультразвуковий датчик (Ф.1) складається з П-образної скоби (1) з неіржавіючої сталі, на протилежних браншах якої (2, 3) напроти один одного по одній осі на фіксованій відстані 21,0мм розташовані нефокусуєчий ультразвуковий перетворювач

(4) частотою 22Мгц діаметром 3,2мм з акустичною лінією затримки (5) з рексоліту і акустичний відбивач (6) з неіржавіючої сталі, задня поверхня якого зроблена похилою (7) по відношенню до поверхні, що контактує з поверхнею очного яблука. До середньої частини П-образної скоби (8) посередині відстані між контактними ділянками акустичної лінії затримки і відбивача прикріплений утримувач (9) у вигляді знімної ручки із сплаву титану.

Ультразвуковий датчик використовується таким чином. Включається електронний блок приладу і проводиться його калібрування. Пацієнт укладається лицем догори на кушетку. Проводиться двократна анестезія кон'юнктивальної порожнини розчином поверхневого анестетика. З метою забезпечення контакту акустичної лінії затримки і відбивача з поверхнею очного яблука всією пло-

щею на їх контактні поверхні накладається невелика кількість ультразвукового гелю. Потім ультразвуковий датчик встановлюється на передній відділ очного яблука так, щоб бранша П-образної скоби з акустичним відбивачем прилягала до склери з носового боку, а бранша з акустичним перетворювачем - до склери з скроневого боку. За допомогою ручки обережно рівномірно з двох сторін П-образна скоба притискується до очного яблука. Контроль повного (всією площею) контакту акустичного відбивача і акустичної лінії затримки з склеральною оболонкою на бічних поверхнях очного яблука здійснюється по максимальному рівню відбитого ехо-сигналу. Реєструється радіочастотна форма відбитого ехо-сигналу в цифровому вигляді для подальшого спектрального аналізу.



Фіг. 1