

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5972296号
(P5972296)

(45) 発行日 平成28年8月17日(2016.8.17)

(24) 登録日 平成28年7月22日(2016.7.22)

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| (51) Int.Cl. | F I |
| A 6 1 B 8/00 (2006.01) | A 6 1 B 8/00 |
| H 0 4 R 17/00 (2006.01) | H 0 4 R 17/00 3 3 0 J |

請求項の数 14 (全 8 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2013-558556 (P2013-558556) | (73) 特許権者 | 590000248 |
| (86) (22) 出願日 | 平成24年3月14日 (2012.3.14) | | コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ |
| (65) 公表番号 | 特表2014-512899 (P2014-512899A) | | KONINKLIJKE PHILIPS N. V. |
| (43) 公表日 | 平成26年5月29日 (2014.5.29) | | オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/IB2012/051208 | | High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven |
| (87) 国際公開番号 | W02012/123908 | | |
| (87) 国際公開日 | 平成24年9月20日 (2012.9.20) | (74) 代理人 | 100087789 |
| 審査請求日 | 平成27年2月25日 (2015.2.25) | | 弁理士 津軽 進 |
| (31) 優先権主張番号 | 61/453,690 | (74) 代理人 | 100122769 |
| (32) 優先日 | 平成23年3月17日 (2011.3.17) | | 弁理士 笛田 秀仙 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサアレイに対する高い熱伝導性を持つ高多孔性音響支持体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波トランスデューサアレイアセンブリであって、
超音波の送信に関する望ましい前方方向と、望ましくない後方の超音波放出方向を持つトランスデューサ要素のアレイと、

前記トランスデューサ要素のアレイに構造的に結合される集積回路と、
前記トランスデューサ要素のアレイ及び集積回路の後方に配置される複合発泡支持ブロックであって、熱伝導性及び多孔質構造体を持つ発泡物質で形成される、複合発泡支持ブロックと、

前記発泡支持ブロックの多孔質構造の少なくともいくつかを充填するエポキシ樹脂とを有し、

前記後方方向における超音波放出が、前記多孔質発泡構造及びエポキシにより散乱又は減衰され、熱は、前記支持ブロック物質により前記トランスデューサ要素のアレイ及び集積回路から離れて伝導され、

前記発泡物質が更に、黒鉛発泡を有する、
超音波トランスデューサアレイアセンブリ。

【請求項 2】

前記複合発泡支持ブロックが更に、外側表面を有し、前記エポキシ樹脂は、前記外側表面に隣接する前記発泡支持ブロックの前記多孔質構造を充填する、請求項 1 に記載の超音波トランスデューサアレイアセンブリ。

10

20

【請求項 3】

前記集積回路が更に、前記トランスデューサ要素のアレイの前記後部側面に結合される
ビーム形成器 A S I C を有し、前記複合発泡支持ブロックは、前記ビーム形成器 A S I C
に熱的に結合される、請求項 1 に記載の超音波トランスデューサアレイアセンブリ。

【請求項 4】

前記複合発泡支持ブロックが、エポキシ結合により前記ビーム形成器 A S I C に結合さ
れる、請求項 3 に記載の超音波トランスデューサアレイアセンブリ。

【請求項 5】

前記ビーム形成器 A S I C 及び前記複合発泡支持ブロックの間の電気絶縁層を更に有す
る、請求項 3 に記載の超音波トランスデューサアレイアセンブリ。

10

【請求項 6】

前記電気絶縁層が更に、ポリイミドフィルムを有する、請求項 5 に記載の超音波トラン
スデューサアレイアセンブリ。

【請求項 7】

前記ポリイミドフィルムが、25 ミクロンより厚くない、請求項 6 に記載の超音波トラン
スデューサアレイアセンブリ。

【請求項 8】

前記電気絶縁層が更に、パリレン被覆を有する、請求項 5 に記載の超音波トランスデ
ューサアレイアセンブリ。

【請求項 9】

前記パリレン被覆が、15 ミクロンより厚くない、請求項 8 に記載の超音波トランスデ
ューサアレイアセンブリ。

20

【請求項 10】

前記多孔質構造体が、少なくとも 60 % の多孔性を示す、請求項 1 に記載の超音波トラン
スデューサアレイアセンブリ。

【請求項 11】

前記多孔質構造体の総孔の少なくとも 95 % が、オープンである、請求項 10 に記載の
超音波トランスデューサアレイアセンブリ。

【請求項 12】

エポキシ、前記多孔性発泡物質及び前記多孔質発泡構造における空気の間の前記インピ
ーダンス不整合が原因で、前記後部超音波放出が、散乱する、請求項 1 に記載の超音波ト
ランスデューサアレイアセンブリ。

30

【請求項 13】

前記多孔性発泡物質が更に、黒鉛発泡物質を有する、請求項 12 に記載の超音波トラン
スデューサアレイアセンブリ。

【請求項 14】

前記エポキシ樹脂による吸収が原因で、後部超音波放出が減衰される、請求項 1 に記載
の超音波トランスデューサアレイアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、医療診断超音波システムに関し、より詳細には、超音波トランスデューサア
レイに関する支持体物質に関する。

【背景技術】

【0002】

2次元アレイトランスデューサは、3次元においてスキャンを行う超音波撮像において
用いられる。2次元アレイは、方位角及び上昇方向の両方においてトランスデューサ要素
の多数の行及び列を持つ。これは、プローブ及びメインフレーム超音波システムの間の信
号を結合する大きな数のケーブル導体を必要とする。プローブケーブルにおける信号導体
の数を最小化するための好ましい技術は、マイクロビーム形成器 A S I C (特定用途集積

50

回路)においてプローブにおけるビーム形成の少なくともいくつかを実行することである。この技術は、比較的少数の部分的にビーム形成された信号が、メインフレーム超音波システムに結合されることだけを必要とし、これにより、ケーブルにおいて必要とされる信号導体の数が減らされる。しかしながら、多数の信号接続が、2次元アレイ及びマイクロビーム形成器ASICの間で作られなければならない。これらの接続を作る効率的な態様は、フリップチップ相互接続を持つようトランスデューサアレイ及びASICを設計することである。これにより、トランスデューサアレイの導電性パッドが、ASICの対応する導電性パッドに対して直接バンプボンディングされる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0003】

しかしながら、マイクロビーム形成器ASICの高密度電子回路は、その小さなICパッケージにおいてかなりの量の熱を生成する可能性がある。この熱は、発散されなければならない。この熱が流れることができる2つの主方向が存在する。1つの方向は、プローブの患者接触端部でレンズの方へ音響スタックをフォワードスルーするものである。熱伝導性は、トランスデューサスタックにおける電氣的導電要素によりこの方向において支援される。このフォワード経路は、熱フローに対して相対的に低い抵抗を示す。レンズにおける熱の集積は、送電電圧及び/又はパルス反復周波数を減らすことにより防止されなければならない。これは、プローブ性能に悪影響を与える。

【0004】

20

好ましい熱伝導方向は、後部に向かう、レンズから離れる、及びプローブの背後のヒートスプレッド(通常はアルミニウム)に向かうものである。しかし一般にトランスデューサスタック、アレイ要素及びマイクロビーム形成器ASICの後ろに配置されるのは、音響支持ブロックである。音響支持ブロックの目的は、音響スタックの後部から放射する超音波エネルギーを減衰させ、及びこのエネルギーが音響スタックの方へ反射される反射を引き起こすのを防止することである。音響支持ブロックは一般に、例えばマイクロバルーン又は他の防音材粒子が載せられたエポキシといった良好な音響減衰特性を持つ物質でできている。プローブアセンブリの支持構造体(通常アルミニウム)からASICを分離するために多くのエポキシ充填複合支持体が開発されたが、それらは2つの不利な点を持つ。高い減衰を持つよう作成される場合、それらは許容できない熱コンダクタンスを持つ。高い熱コンダクタンスを持つよう作成される場合、それらは許容できない減衰を持つ。従って、ブロックに入る音響エネルギーの良好な音響減衰を示し、プローブの後部に向かって及びレンズから離れて良好な熱伝導性を示し、必要に応じて音響スタックを支持することができる良い構造安定性を示し、プローブの他の導電性要素からマイクロビーム形成器ASICの適切な電気絶縁性を示す、超音波プローブに関する音響支持ブロックを提供することが望ましい。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の原理によれば、超音波トランスデューサアレイ・スタックに関する支持ブロックは、高い音響減衰及び高い熱伝導性を持つ多孔性黒鉛発泡物質で形成される。好ましい実現において、発泡支持ブロックは、エポキシ樹脂で充填される発泡構造を持つ複合物として構築される。電氣的単離層は、支持ブロックの上部に配置されることができ、支持ブロック及び音響スタックアセンブリのASICの間が結合される。

40

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】本発明の原理に基づき構築される熱伝導支持ブロックを持つ音響スタックを示す図である。

【図2】レンズカバーを持つトランスデューサプローブにおいて組立てられるときの図1の音響スタックを示す図である。

【図3】本発明の原理に基づき構築される熱伝導支持ブロックの透視図である。

50

【図４】本発明の原理に基づき構築される熱伝導支持ブロックの平面図である。

【図５】本発明の原理に基づき構築される熱伝導支持ブロックの側面断面図である。

【図６】本発明の原理に基づき構築される複合発泡支持ブロックを示す図である。

【図７】ＡＳＩＣ及び複合発泡支持ブロックの間のフィルム絶縁層を持つ本発明の音響スタックアセンブリを示す図である。

【図８】パリレン被覆された複合発泡支持ブロックを持つ本発明の音響スタックアセンブリを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【０００７】

図１を最初に参照すると、本発明の原理に基づき構築される熱伝導支持ブロックを持つ音響スタック１００が、概略的に示される。ＰＺＴといった圧電層１１０及びこの圧電層に結合される２つの整合層が、個別のトランスデューサ要素１７５のアレイ１７０を形成するためにダイシングカット７５によりダイシングされる。これらのうちの４つが、図１に見られる。アレイ１７０は、単一の行のトランスデューサ要素（１Ｄアレイ）を有することができるか、又はトランスデューサ要素の２次元（２Ｄ）行列アレイを形成するため、２つの直交する方向においてダイシングされることができる。整合層は、一般に累進的な整合層のステップにおいて、診断される体の音響インピーダンスに圧電材料の音響インピーダンスを整合させる。この例において、第１の整合層１２０は、電気導電黒鉛複合体として形成され、第２の整合層１３０は、電気導電粒子が載せられたポリマーで形成される。接地平面１８０は、第２の整合層の上部に結合され、及び低密度ポリエチレン（ＬＤＰＥ）１４０の膜１５０上に導電層として形成される。接地平面は、電気導電整合層を通りトランスデューサ要素に電氣的に結合され、フレックス回路１８５のグラウンド導電体に接続される。ＬＤＰＥ膜１５０は、スタックの３番目及び最終的な整合層１４０を形成する。

【０００８】

トランスデューサ要素の下には、集積回路１６０であるＡＳＩＣが存在する。これは、トランスデューサ要素１７５に関する送信信号を提供し、この要素から信号を受信しこれを処理する。集積回路１６０の上部表面にある導電性パッドは、スタッドバンプ１９０によりトランスデューサ要素の底部にある導電性パッドに電氣的に結合される。これは、はんだ又は導電性エポキシで形成されることができる。信号は、フレックス回路１８５への接続により集積回路１６０へ／から提供される。集積回路１６０の下に、トランスデューサスタックの底部から放射する音響エネルギーを減衰させる支持ブロック１６５がある。本発明の原理によれば、この支持ブロックも、集積回路及びトランスデューサスタックから離れて、及びトランスデューサプローブの患者接触端部から離れて、集積回路により生成される熱を伝導する。

【０００９】

図２は、トランスデューサプローブ内部で組立てられるときの図１のトランスデューサスタック・アセンブリを示す。図２のプローブにおいて、第３の整合層１４０は、音響レンズ２３０に結合される。超音波は、レンズ２３０を通り、撮像の間、患者の体へと送信され、これらの波に対して受信されるエコーは、レンズ２３０を通りトランスデューサスタックにより受信される。ＬＤＰＥ膜１５０は、本実施形態においてトランスデューサスタックを囲むよう機能する。なぜなら、それがスタック周りで包まれ、エポキシボンディング２１０によりプローブ筐体２２０に結合されるからである。この構造の追加的な詳細は、米国特許出願公開第２０１０／０１６８５８１号（Knowlesその他）において見つけ出される。

【００１０】

支持ブロック１６５に関する好ましい実現が、残りの図面に示される。好ましい支持ブロック１６５は、黒鉛２０のブロックで始まる。他の代替案は、例えば良い機械処理適性及び好ましい熱特性を提供するニッケル又は銅といった金属が載せられた黒鉛を含む。黒鉛ブロック２０が、複数の性能目的を満たす複合支持構造体を形成するために用いられる

10

20

30

40

50

。第 1 に、支持構造体は、良好な Z 軸熱伝導性を持たなければならない。黒鉛は、良好な熱伝導性を持ち、 T_c は、 $0 \sim 100$ で $80 \sim 240$

$$W/m^{\circ}K$$

である。結晶層に平行な伝導に関して、 T_c は、 300

$$^{\circ}K$$

で 1950

10

$$W/m^{\circ}K$$

に接近するであろう。Z 軸方向は、トランスデューサスタック 100 及び集積回路 160 の背後の方向で、これらから離れる方向である。こうして、Z 軸方向における熱フローに関して黒鉛ブロック 20 の結晶層を整列配置することが望ましい。他の実現において、横方向に、又は、横方向及び Z 軸方向の両方において、好ましく熱を伝導することが望ましい場合がある。この場合、異なる方向の水晶整列が望まれるか、又は整列方向が設計にとって重要でなくなる場合がある。熱の一部を発散させるためにアルミニウムが用いられるとき（これは、プローブ筐体内部のアルミニウムヒートスプレッダ又はアルミニウムフレームを用いて行われることができる）、支持ブロックの熱伝導性が、アルミニウムの熱伝導性に匹敵するか又はこれより良好であることが望ましい。その結果、熱は、好ましい態様でアルミニウムに流れる。アルミニウムは、室温で、 237

20

$$W/m^{\circ}K$$

に匹敵する T_c を持つ。そこで、この性能目標は、黒鉛ブロック 20 により十分満たされる。

【0011】

第 2 の目的は、支持ブロックが、音響スタック 100 及び集積回路 160 に関する構造的な支持体を提供するということである。黒鉛ブロックは、構造的に頑丈である。従って、この目的が達成される。

30

【0012】

第 3 の目的は、プローブのアルミニウム部材又はフレームから集積回路 160 の電気絶縁を提供することである。黒鉛は、電気導電であり、非導電性絶縁被覆で支持ブロックを被覆することにより、この目的を満たすことができる。いくつかの実現において、トランスデューサスタックと接触するブロックの側面だけを被覆することが望ましい場合がある。他の実現において、支持ブロックの複数の側面を被覆することが望ましい場合がある。例えば、横方向の音響反響を抑制する追加的な利益を提供する絶縁音響減衰物質でブロックの横方向の側面を被覆することが望ましい場合がある。

40

【0013】

第 4 の目的は、支持ブロックが、ブロックに入る音響エネルギーを緩衝させなければならないということである。黒鉛は、音響エネルギーの良好な導体であり、ごくわずかな固有の音響減衰しか提供しない。この目的は、図 3、4 及び 5 に示されるように、内部音響緩衝部材の複合構造に関する枠組みとして黒鉛ブロックを使用することにより満たされる。これらの図面において、黒鉛は、ブロックの内部複合構造の説明の明確さのため半透明にレンダリングされる。緩衝部材は、支持ブロックにおける支持体物質の複数の角度をつけられたシリンダー 30 として形成される。シリンダー 30 は、黒鉛ブロック 20 へと切断又は穿設され、その後、例えばマイクロバルーン又は他の音響減衰粒子で充填されたエポキシといった音響緩衝物質で充填される。図 4 の支持ブロックの平面図が示すように、

50

シリンダー 30 の上部は、集積回路の背部に対して音響緩衝物質の大きな領域を提供する。こうして、集積回路及び音響スタックの背部から放射する望ましくない相当量の音響エネルギーが、緩衝物質へと直ちに進む。図 3 に見られるように、及び図 5 の断面図において最も良く示されるように、シリンダーに角度をつけることは、Z 軸方向において進行する音響エネルギーが、進行の経路におけるいくつかのポイントで緩衝物質と交差しなければならないことを確実にする。好ましくは、完全に黒鉛で形成される Z 軸方向における経路は存在しない。シリンダーに角度をつけることは、集積回路に戻るエネルギーの反射を助長せず、集積回路から下方に離れる散乱角度を提供する。実際には、例えば経路の 95 % をブロックすることにより、大部分の Z 軸経路をブロックすれば十分である。こうして、シリンダーに角度をつけることは、Z 軸方向のエネルギーの全て又は実質的に全ての減衰を確実にする。

10

【 0 0 1 4 】

しかしながら、熱は、シリンダー 30 の間の黒鉛を通る連続的な経路を見つける。熱は、高い温度領域から低い温度領域へと（より大きな熱密度から小さな熱密度へと）流れるので、熱は集積回路 160 及び音響スタック 100 から支持ブロック 165 の下の構造へと流れることになる。支持ブロックにおいて、熱は安全に発散させられることができる。

【 0 0 1 5 】

例えばアルミニウム、黒鉛発泡又は窒化アルミニウムといった他の物質が、支持ブロックの熱伝導性物質に関して用いられることができる。多くの用途にとって有利であることが見出される 1 つの複合構造が、エポキシ樹脂で充填される導電性黒鉛発泡である。上述された機械加工及び充填された黒鉛ブロックの巨視的な性質は、ASIC に対する不均等なボンディング表面を提供することができる。これは、拡張ミスマッチに対して弱い。穴を機械加工し、エポキシで充填することは、労働集約的な処理でもある。図 6 は、本発明の実現を示す。図 6 の支持ブロックの支持体物質は、柔らかい無充填減衰エポキシ樹脂で充填される熱伝導性黒鉛発泡 (POCO HTC) を用いる。無充填 HTC 発泡は、かなりの多孔性 (60 %) を持つ。総孔の 95 % はオープンである。このオープン孔が柔らかい樹脂で充填されるとき、この複合支持体は、5 MHz でおよそ 50 dB / mm の高い音響減衰を示す。この高い減衰は、主に 2 つの機構が原因である。それは、1) 柔らかい樹脂による音響エネルギーの吸収、及び 2) エポキシ、黒鉛及び多孔質構造体における空気の間インピーダンス不整合が原因による音響エネルギー散乱である。この高い音響減衰の結果として、支持体厚は、トランスデューサ熱放散を容易にするために減らされることができる。このエポキシ充填された黒鉛発泡の別の特性は、その高い熱伝導性 (~ 50 W / m K) である。これは、典型的なエポキシ充填材支持構造体より 1 オーダー高い大きさである。

20

30

【 0 0 1 6 】

図 6 の複合黒鉛発泡支持ブロック 32 は、発泡の高い多孔性を示す。この例において、発泡ブロック 32 の表面は、図面において陰影のついた領域により示されるように、発泡ブロックの多孔性及び樹脂の粘性の関数である深度 36 の分、ブロックにしみ込むエポキシ樹脂 34 で被覆される。硬化されたエポキシは、ブロックに良い構造安定性を与える。複合支持ブロックは、薄いエポキシボンドラインで ASIC 160 に直接結合されることができる。ASIC から適切な電気絶縁を提供するため、図 7 及び図 8 に示されるように支持ブロック及び ASIC の間に絶縁層が用いられることができる。これは、音響スタックにおける 2 つの実現の分解図を示す。各図面の上部には、この整合層を持つトランスデューサ層 170 がある。トランスデューサ層の下に、ASIC 160 がある。図 7 において、支持ブロックをアセンブリに結合する前に、薄い (12 ~ 25 ミクロン) ポリイミドフィルム 38 が、ASIC に取り付けられる。複合発泡支持ブロック 32 は、絶縁膜 38 に結合される。図 8 において、10 ~ 15 ミクロンのパリレン被覆 58 が、HTC 支持ブロックに適用される。パリレン被覆された支持ブロックは、ASIC 160 に結合される。

40

【図 1】

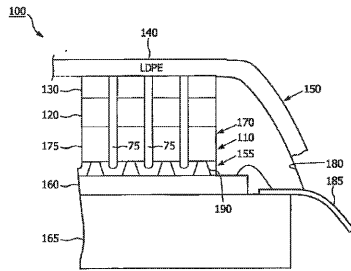


FIG. 1

【図 2】

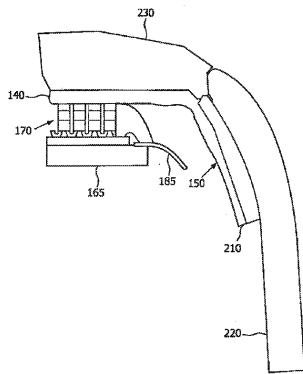


FIG. 2

【図 3】

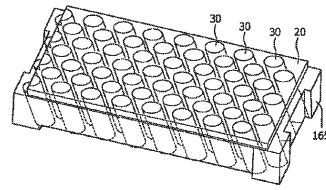


FIG. 3

【図 4】

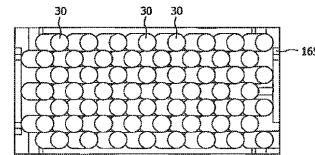


FIG. 4

【図 5】

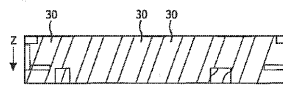


FIG. 5

【図 6】



FIG. 6

【図 7】

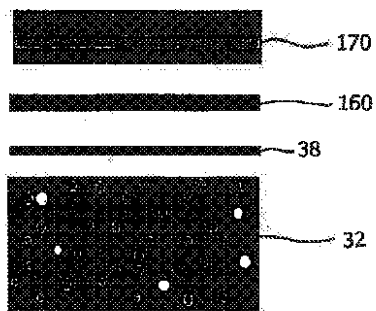


FIG. 7

【図 8】

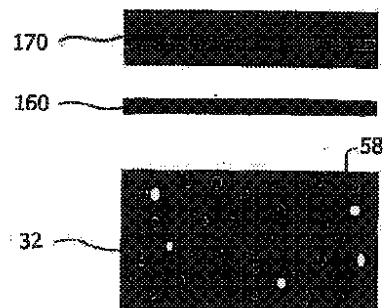


FIG. 8

フロントページの続き

(74)代理人 100163809

弁理士 五十嵐 貴裕

(72)発明者 スドル ヴォイテク

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4

(72)発明者 ウィックリン ケヴィン グレイソン

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4

(72)発明者 ユイ ヨーンジアー

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4

(72)発明者 ノウルズ ヘザー ベック

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4

(72)発明者 パオリーノ ジェームズ

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4

(72)発明者 デヴィットセン リチャード エドワード

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
4 4

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特開平06-335091(JP,A)

特開2000-165995(JP,A)

特開2010-258602(JP,A)

特表2009-505468(JP,A)

特開2006-325954(JP,A)

特開2008-118212(JP,A)

特表2009-504057(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00

H04R 17/00

| | | | |
|----------------|---|---------|------------|
| 专利名称(译) | 用于超声换能器阵列的具有高导热率的高度多孔声学支撑 | | |
| 公开(公告)号 | JP5972296B2 | 公开(公告)日 | 2016-08-17 |
| 申请号 | JP2013558556 | 申请日 | 2012-03-14 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 皇家飞利浦电子股份有限公司 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 皇家飞利浦NV哥德堡 | | |
| 当前申请(专利权)人(译) | 皇家飞利浦NV哥德堡 | | |
| [标]发明人 | スドルヴォイテク ウィックリンケヴィングレイソン ユイヨーンジアー ノウルズヘザーベック パオリーノジェームズ デヴィットセンリチャードエドワード | | |
| 发明人 | スドル ヴォイテク ウィックリン ケヴィン グレイソン ユイ ヨーンジアー ノウルズ ヘザー ベック パオリーノ ジェームズ デヴィットセン リチャード エドワード | | |
| IPC分类号 | A61B8/00 H04R17/00 | | |
| CPC分类号 | A61B8/4494 A61B8/4483 B06B1/0629 G10K11/002 | | |
| FI分类号 | A61B8/00 H04R17/00.330.J | | |
| 优先权 | 61/453690 2011-03-17 US | | |
| 其他公开文献 | JP2014512899A JP2014512899A5 | | |
| 外部链接 | Espacenet | | |

摘要(译)

对于超声探头的超声波振子阵列叠层背衬块形成成为在其中嵌入的声阻尼材料的结构高导热性的材料制成的复合结构。在构造的实施例的复合结构体是由在其上形成多个圆柱形孔的导热石墨的方块填充有声阻尼材料形成。这些孔相对于从换能器叠层的后部的Z轴方向倾斜，使得混响能量在该方向行进会遇到声阻尼材料。孔周围的石墨是有效的热传导到探头的后方，并从换能器叠层和它的ASIC程。

【 図 2 】

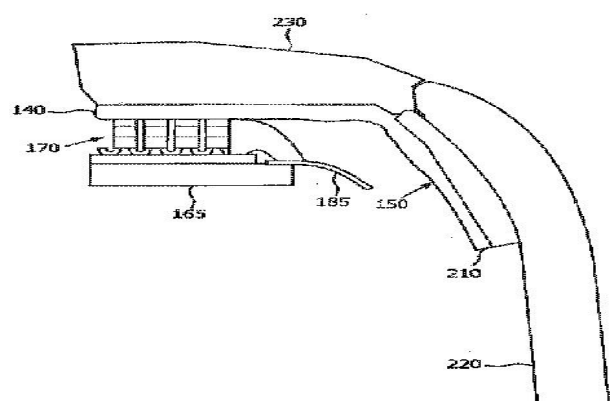


FIG. 2