

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5345481号
(P5345481)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月23日(2013.8.23)

(51) Int.Cl.	F I
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00
H 0 4 R 1/40 (2006.01)	H 0 4 R 1/40 3 3 0
H 0 4 R 3/00 (2006.01)	H 0 4 R 3/00 3 3 0

請求項の数 14 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-200663 (P2009-200663)	(73) 特許権者	390029791
(22) 出願日	平成21年8月31日(2009.8.31)		日立アロカメディカル株式会社
(65) 公開番号	特開2011-50490 (P2011-50490A)		東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(43) 公開日	平成23年3月17日(2011.3.17)	(74) 代理人	100075258
審査請求日	平成24年7月3日(2012.7.3)		弁理士 吉田 研二
		(74) 代理人	100096976
			弁理士 石田 純
		(72) 発明者	金子 琢哉
			東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
			カ株式会社内
		(72) 発明者	曹 景文
			東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
			カ株式会社内
		審査官	後藤 順也
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

サブアレイパターンが設定される二次元配列型の振動素子群を有する2Dアレイ振動子と、

前記2Dアレイ振動子に接続され、サブアレイ単位で又はサブアレイ内のグループ単位で複数の素子信号に対するサブ処理を実行してサブ処理結果信号を出力するサブ処理部と、

前記サブ処理部から出力される複数のサブ処理結果信号に対するメイン処理を実行するメイン処理部と、

を含み、

前記サブアレイパターンは、分散配置された複数のX方向連結体と、分散配置された複数のY方向連結体と、を含み、

前記各X方向連結体は、X方向に整列した複数の縦長サブアレイで構成され、

前記各Y方向連結体は、Y方向に整列した複数の横長サブアレイで構成され、

前記各縦長サブアレイはY方向を長手方向とする長方形サブアレイであり、

前記各横長サブアレイはX方向を長手方向とする長方形サブアレイである、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項1記載の装置において、

前記各X方向連結体及び前記各Y方向連結体は同じ正方形の形状を有する、ことを特徴

とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の装置において、

前記複数の X 方向連結体の個数と前記複数の Y 方向連結体の個数は実質的に同一である、ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の装置において、

前記各 X 方向連結体は 2 つの縦長サブアレイからなる縦長ペアであり、

前記各 Y 方向連結体は 2 つの横長サブアレイからなる横長ペアである、ことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 5】

請求項 3 記載の装置において、

前記各 X 方向連結体は s 個の縦長サブアレイで構成され、前記各縦長サブアレイは m 個の振動素子で構成され、

前記各 Y 方向連結体は s 個の横長サブアレイで構成され、前記各横長サブアレイは m 個の振動素子で構成された、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の装置において、

前記サブアレイパターンは当該サブアレイパターンの中心点周りに設けられた複数のサブアレイ集団を有し、

前記各サブアレイ集団は、混在した複数の X 方向連結体及び複数の Y 方向連結体を含む、

ことを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 7】

請求項 6 記載の装置において、

前記各サブアレイ集団は、密集且つ混在した複数の X 方向連結体及び複数の Y 方向連結体により構成される、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

請求項 6 記載の装置において、

前記各サブアレイ集団は、密集且つ混在した複数の X 方向連結体、複数の Y 方向連結体及び孤立サブアレイにより構成される、

ことを特徴とする超音波診断装置。

30

【請求項 9】

請求項 6 記載の装置において、

前記中心点を通過し互いに直交する 2 つの境界線により 4 つの象限が画定され、

前記 4 つの象限に 4 つのサブアレイ集団が設けられた、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

請求項 6 記載の装置において、

前記サブアレイパターンの中央に矩形の中心部分が設けられ、

前記中心部分が有する 4 つの辺が外側へ延伸されて 4 つの境界線が構成され、

前記 4 つの境界線により 4 つの象限が画定され、

前記 4 つの象限に 4 つのサブアレイ集団が設けられ、

前記各境界線を挟んで隣接するサブアレイ集団間に集団間不揃いが生じた、

ことを特徴とする超音波診断装置。

40

【請求項 11】

請求項 10 記載の装置において、

前記集団間不揃いは、隣接するサブアレイ集団が両者間の境界線の方へずれた状態で

50

ある、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 記載の装置において、

前記各サブ処理はグルーピングによるチャンネルリダクション処理であり、

前記各サブアレイ集団では、それに属する複数のサブアレイに対して同一のグルーピングパターンが設定された、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 記載の装置において、

前記各サブ処理はサブ整相加算によるチャンネルリダクション処理であり、

前記各サブアレイ集団では、それに属する複数のサブアレイに対して同一のディレイパターンが設定された、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 記載の装置において、

前記サブアレイパターンは実質的に円形の領域を構成する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波診断装置に関し、特に、2Dアレイ振動子を備えた超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

医療の分野において三次元超音波診断が普及しつつある。かかる三次元超音波診断装置では、超音波ビームが二次元走査され、これにより三次元空間（三次元エコーデータ取込空間）が形成され、そこから得られたボリウムデータに基づいて三次元超音波画像が形成される。超音波ビームの二次元電子走査のために、2Dアレイ振動子を備えた三次元エコーデータ取込用超音波探触子（3Dプローブ）が用いられる。

【0003】

2Dアレイ振動子は、二次元配列された非常に多くの振動素子により構成される（例えば数千個の振動素子により構成される）。よって、すべての振動素子に対して送信信号を供給し且つすべての振動素子からの受信信号を処理するには、非常に多くの送信回路や受信回路を用意しなければならないし、また、3Dプローブケーブルとして太く重いものを用いなければならない。そこで、プローブ側でのチャンネルリダクションが要請されており、以下のように、それを実現する幾つかの方式が提案されている。

【0004】

第1の方式は、2Dアレイ振動子のアレイ面上に複数のサブアレイを設定し、各サブアレイごとにグルーピング処理を適用するものである（特許文献1、特許文献2参照）。すなわち、個々のサブアレイに対して遅延時間の類似性の観点から複数のグループを設定し、グループ単位で複数の振動素子からの複数の素子信号を加算してグループ受信信号を生成することにより、チャンネルリダクションを図るものである。

【0005】

第2の方式は、2Dアレイ振動子のアレイ面上に複数のサブアレイを設定し、各サブアレイごとにサブ遅延加算処理（サブ整相加算処理）を実行するものである（特許文献3参照）。すなわち、個々のサブアレイを構成する複数の振動素子からの複数の素子信号に対して第1段階の整相加算を適用することにより、チャンネルリダクションを図るものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第3977827号明細書

【特許文献2】特許第3977826号明細書

【特許文献3】特表2000-33087号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

三次元超音波画像の画質を高めるためには、感度を向上させ、同時に、サイドローブ（グレイティングローブ）を低減することが望まれる。アレイ面上に複数のサブアレイを単純に縦横に密に整列させたサブアレイパターンを採用すると、有限なアレイ面を全面的に利用できることで良好な感度を得られるが、サブアレイ配列の規則性から、どうしてもサイドローブが出やすくなる。一方、アレイ面上に複数のサブアレイをランダムに設定すると、サイドローブは出にくくなるが、アレイ面上に多数の隙間が生じてしまい、感度の低下という問題が生じる。なお、個々のサブアレイの形状に多様性をもたせることも考えられるが、その場合にはそれらのサブアレイを機能させるための演算や処理が複雑となるので、サブアレイ形状はある程度は統一した方が望ましい（例えば1個又は数個のサブアレイ形状の利用に留めることが望まれる）。三次元計測に当たっては、回路規模の削減、制御用データの削減といった面での配慮も求められる。

10

【0008】

本発明の目的は、三次元超音波診断装置において、サイドローブ低減及び感度向上を図れるようにすることにある。あるいは、本発明の目的は、三次元超音波診断装置において、良好な性能を得つつも、構成及び制御を簡略化できるようにすることにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、サブアレイパターンが設定される二次元配列型の振動素子群を有する2Dアレイ振動子と、前記2Dアレイ振動子に接続され、サブアレイ単位で又はサブアレイ内のグループ単位で複数の素子信号に対するサブ処理を実行してサブ処理結果信号を出力するサブ処理部と、前記サブ処理部から出力される複数のサブ処理結果信号に対するメイン処理を実行するメイン処理部と、を含み、前記サブアレイパターンは、分散配置された複数のX方向連結体と、分散配置された複数のY方向連結体と、を含み、前記各X方向連結体は、X方向に整列した複数の縦長サブアレイで構成され、前記各Y方向連結体は、Y方向に整列した複数の横長サブアレイで構成され、前記各縦長サブアレイはY方向を長手方向とする長方形サブアレイであり、前記各横長サブアレイはX方向を長手方向とする長方形サブアレイである、ことを特徴とする。

30

【0010】

上記構成において、各連結体は複数の長方形サブアレイを揃えて集合させたものである。これにより、サブアレイパターンの設計に際しては、原則として、連結体（つまり規定形状ブロック）をレイアウト単位とすることができる。また、複数の連結体を相互に密集させること（つまり無用な隙間をなくして感度を高めること）が容易となる。連結体の種類として、X方向連結体とY方向連結体の2種類があり、それらがサブアレイパターンの全体として混在しているから、サブアレイパターン全体としての規則性を崩して、サイドローブの低減を図れる。このように簡素な構成でありながら多様性を実現できる。

40

【0011】

望ましくは、前記各X方向連結体及び前記各Y方向連結体は同じ正方形の形状を有する。この構成によれば、2種類の連結体の形状が同じであり、しかも正方形であるから、無駄な隙間を排除することが容易となるし、レイアウト時において特定位置に連結体を配置する際にその種別変更も容易である。正方形がパターン単位となるので、製造や制御の面でも負担を軽減できる。

【0012】

50

望ましくは、前記複数のX方向連結体の個数と前記複数のY方向連結体の個数は実質的に同一である。この構成によれば、各方向の感度をバランスさせることができ、また特定方向にサイドロープが生じてしまうことを防止できる。

【0013】

望ましくは、前記各X方向連結体は2つの縦長サブアレイからなる縦長ペアであり、前記各Y方向連結体は2つの横長サブアレイからなる横長ペアである。望ましくは、前記各X方向連結体はs個の縦長サブアレイで構成され、前記各縦長サブアレイはm個の振動素子で構成され、前記各Y方向連結体はs個の横長サブアレイで構成され、前記各横長サブアレイはm個の振動素子で構成される。すなわち、複数の一次元振動子列を横に並べることにより連結体が構成される。s, mは例えば2以上の任意の数値である。

10

【0014】

本発明は、サブアレイパターンが設定される二次元配列型の振動素子群を有する2Dアレイ振動子と、前記2Dアレイ振動子に接続され、サブアレイ単位で又はサブアレイ内のグループ単位で複数の素子信号に対するサブ処理を実行してサブ処理結果信号を出力するサブ処理部と、前記サブ処理部から出力される複数のサブ処理結果信号に対するメイン処理を実行するメイン処理部と、を含み、前記サブアレイパターンは、当該サブアレイパターンの中心点周りに設けられた複数のサブアレイ集団を有し、前記各サブアレイ集団は、分散配置された複数のX方向連結体と、分散配置された複数のY方向連結体と、を含み、前記各X方向連結体は、X方向に整列した複数の縦長サブアレイで構成され、前記各Y方向連結体は、Y方向に整列した複数の横長サブアレイで構成され、前記各縦長サブアレイはY方向を長手方向とする長方形サブアレイであり、前記各横長サブアレイはX方向を長手方向とする長方形サブアレイである、ことを特徴とする。

20

【0015】

上記構成によれば、中心点の周りに設けられた複数のサブアレイ集団を利用して超音波の送信及び受信が実行される。各サブアレイ集団は、複数のX方向連結体と複数のY方向連結体とにより構成される。サブアレイ集団が、更に、連結体を構成していない孤立サブアレイを含んでいてもよい。いずれにしても、サブアレイ集団は複数のサブアレイを密集させたものとして構成されているので、散発的な隙間の発生を防止して感度を高めることができる。望ましくは、隣接するサブアレイ集団間に「集団間不揃い」が生じるように、サブアレイパターンが構成される。この構成によれば、複数のサブアレイを単純に規則的に二次元配列した場合よりも、サイドロープの発生を効果的に低減することができる。各サブアレイ集団内の密集性を確保しつつ、集団間不揃いを生じさせるために、望ましくは、サブアレイパターンの中央に矩形の中心部分が設けられる。そのような隙間が良い意味で障害となって、複数のサブアレイ集団間にずれを生じさせることができる。望ましくは、集団間不揃いは、一方側のサブアレイ集団（具体的にはその内で他方側サブアレイ集団に接するサブアレイ列と、他方側サブアレイ集団（具体的にはその内で一方側サブアレイ集団に接するサブアレイ列）が境界線を介して対峙している場合において両者の配列が境界線方向にずれており、両者の配列が揃っていない状態を意味する。

30

【0016】

2Dアレイ振動子を構成する振動素子群の中に送受信において機能しない1又は複数の無効素子が含まれてもよい。望ましくは、複数のサブアレイ集団がそれ全体として円形領域を構成する。その場合、円形領域の外側に存在する複数の振動素子は通常それぞれ無効素子となる。望ましくは、各サブアレイ集団は、その中心点から見て、特定の方位角度内に存在する。望ましくは、4つのサブアレイ集団が設けられ、その場合に、4つのサブアレイ集団は、アレイ面上において、それぞれ90度を開いた4つの象限（第1象限、第2象限、第3象限、第4象限）に設けられる。

40

【0017】

望ましくは、各サブアレイ集団が1つの制御単位（第1制御単位）を構成し、各サブアレイが1つの制御単位（第2制御単位）を構成し、更に、グルーピング方式が採用された場合に設定される各グループが1つの制御単位（第3制御単位）を構成する。サブアレイ

50

集団を1つの制御単位あるいは回路構成単位とすることも勿論可能である。一例を説明すると、各サブアレイ集団ごとにグルーピングパターン又はディレイパターンを特定するパターン選択信号(サブアレイ制御信号)が与えられる。そのようなパターンはビーム走査方向に応じて動的に制御されるものである。また、各サブアレイごとにチャンネルリダクション処理が実行される。チャンネルリダクション処理には、グループ単位で複数の素子信号を加算する処理、サブアレイ単位での複数の素子信号を整相加算する処理、等が含まれる。サブアレイ内に複数のグループが設定される場合、各グループは通常、複数の振動素子で構成される。グループ内の複数の振動素子から出力された複数の素子信号が加算されてグループ受信信号が生成される。1つのグループが1つの振動素子で構成されてもよく、その場合、その振動素子から出力された素子信号がそのままグループ受信信号として出力される。なお、各サブアレイ内に1又は複数の無効素子が含まれてもよい。中央サブアレイについてはそれ専用のパターン選択信号を与えるようにしてもよい。あるいは、中央サブアレイに対して、いずれかのサブアレイ集団に与えられるパターン選択信号を流用し、それを与えるようにしてもよい。

10

【0018】

望ましくは、前記各サブアレイ集団は、密集且つ混在した複数のX方向連結体及び複数のY方向連結体により構成される。望ましくは、前記各サブアレイ集団は、密集且つ混在した複数のX方向連結体、複数のY方向連結体及び孤立サブアレイにより構成される。複数の孤立サブアレイを設ける場合、実質的に同数の縦長サブアレイと横長サブアレイとが設けられるのが望ましい。

20

【0019】

望ましくは、前記中心点を通過し互いに直交する2つの境界線により4つの象限が画定され、前記4つの象限に4つのサブアレイ集団が設けられる。望ましくは、前記サブアレイパターンの中央に矩形の中心部分が設けられ、前記中心部分が有する4つの辺が外側へ延伸されて4つの境界線が構成され、前記4つの境界線により4つの象限が画定され、前記4つの象限に4つのサブアレイ集団が設けられ、前記各境界線を挟んで隣接するサブアレイ集団間に集団間不揃いが生じる。望ましくは、前記集団間不揃いは、隣接するサブアレイ集団が両者間の境界線の方へずれた状態である。

【0020】

望ましくは、前記各サブアレイ集団は最も中央寄りの内接サブアレイを有し、前記各サブアレイ集団の内接サブアレイが前記矩形の中心部分の特定の辺の一部又は特定の角に接する。このような構成によれば、上記の集団間不揃いを自然に生じさせることができる。

30

【0021】

望ましくは、前記集団間不揃いは、隣り合う2つのサブアレイ集団が両者間の境界線の方へm素子分ずれた状態である。すなわち、集団間不揃いは、振動素子単位での横ずれに相当する。望ましくは、矩形の中心部分は前記各サブアレイのサイズよりも小さいサイズを有する。望ましくは、前記矩形の中心部分は1又は複数の無効振動素子により構成される。あるいは、前記矩形の中心部分は1又は複数の有効振動素子により構成される。サブアレイの規格化による利点を得るためには前者の構成を採用するのが望ましい。

【0022】

40

望ましくは、前記各サブ処理はグルーピングによるチャンネルリダクション処理であり、前記各サブアレイ集団では、それに属する複数のサブアレイに対して同一のグルーピングパターンが設定される。望ましくは、前記各サブ処理はサブ整相加算によるチャンネルリダクション処理であり、前記各サブアレイ集団では、それに属する複数のサブアレイに対して同一のディレイパターンが設定される。望ましくは、前記複数のサブアレイ集団は、前記中央サブアレイを中心として、実質的に円形の領域を構成する。

【発明の効果】**【0023】**

本発明によれば、三次元超音波診断装置において、サイドローブ低減及び感度向上を図れる。あるいは、三次元超音波診断装置において、良好な性能を得つつも、構成及び制御

50

を簡略化できる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明に係る超音波診断装置の実施形態を示すブロック図である。

【図2】図1に示した超音波診断装置におけるチャンネルリダクション回路を中心とした要部構成の一例を示す図である。

【図3】サブアレイパターンの第1例を示す図である。

【図4】縦長ペアと横長ペアを示す拡大図である。

【図5】サブアレイパターンの第2例を示す図である。

【図6】図5に示したサブアレイパターンの中央部を示す拡大図である。

【図7】サブアレイパターンの第3例を示す図である。

【図8】サブアレイパターンの第4例を示す図である。

【図9】図1に示した超音波診断装置におけるチャンネルリダクション回路を中心とした要部構成の他の例を示す図である。

【図10】縦長サブアレイに対する複数のグループの設定例を示す図である。

【図11】横長サブアレイに対する複数のグループの設定例を示す図である

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【0026】

図1には超音波診断装置が開示されている。超音波診断装置は、医療の分野において、生体に対する超音波の送受波により超音波画像を形成する装置である。超音波診断装置は、大別して、プローブ10と本体12とにより構成される。符号14は両者間を接続するプローブケーブルを示している。プローブ10に設けられるコネクタ及び本体12に設けられるコネクタは図示省略されている。

【0027】

プローブ10は生体表面に当接した状態で超音波の送受波を行う超音波探触子である。もっとも、プローブ10が体腔内に挿入されるものであってもよい。プローブ10は、2Dアレイ振動子16及びチャンネルリダクション回路18を備えている。それらはプローブ10のプローブヘッド内に設けられている。但し、チャンネルリダクション回路18がプローブコネクタに設けられてもよい。2Dアレイ振動子16は、例えば数千個の振動素子16aにより構成され、それらはX方向及びY方向に整列している。振動素子群に対しては、つまりアレイ面上には、複数のサブアレイからなるサブアレイパターンが設定される。サブアレイパターンは、制御の簡易化、サイドローブの低減、感度の向上といった観点から後述のように定められる。

【0028】

チャンネルリダクション回路18は、送受信において必要な信号（又は信号線）の個数を削減するための回路である。チャンネルリダクション回路18によれば、プローブケーブルを細くできるし、本体12内の送信部20及び受信部22の構成を簡易化できる。チャンネルリダクションの方式として、グルーピング方式が採用される場合には図9に例示する構成が採用され、サブ整相加算方式が採用される場合には図2に例示する構成が採用される。グルーピング方式が採用される場合、各サブアレイに対して複数のグループが設定され、送信時には、各グループを構成する複数の振動素子に対して同じ送信信号が並列的に供給され、受信時には、各グループを構成する複数の振動素子から並列的に出力される複数の素子信号（素子受信信号）が加算されて単一のグループ受信信号が生成される。一方、チャンネルリダクション方式としてサブ遅延加算方式が採用される場合、送信時には、元になる送信信号に対する遅延処理によって生成された複数の送信信号がサブアレイを構成する複数の振動素子へ並列的に供給され、受信時には、サブアレイを構成する複数の振動素子から並列的に出力された複数の素子信号がサブ整相加算処理されてサブアレイ受信信号が生成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

次に、本体 1 2 の構成について説明する。送受信制御部 2 4 は、採用された特定のサブアレイパターンを前提として、各サブアレイに対するグルーピングパターンあるいはディレイパターンの設定を制御している。送信部 2 0 は、複数のサブアレイに対応する複数の送信信号を生成する送信ビームフォーマーである。グルーピング方式が採用される場合、グループ総数分の送信信号が生成される。サブ整相加算方式が採用される場合、サブアレイ総数分の送信信号が生成される。受信部 2 2 は、受信ビームフォーマーである。グルーピング方式が採用される場合、グループ総数分のグループ受信信号に対する整相加算処理が実行され、これにより受信ビームに相当するビームデータが得られる。サブ整相加算方式が採用される場合、サブアレイ総数分のサブアレイ受信信号に対するメイン整相加算処理（二段階目の整相加算処理）が実行され、これにより受信ビームに相当するビームデータが得られる。送信部 2 0 及び受信部 2 2 の動作は送受信制御部 2 4 によって制御されている。

10

【 0 0 3 0 】

信号処理部 2 6 は、検波器、対数変換器等の構成を具備し、入力される整相加算後の受信信号つまりビームデータに対する各種の処理を実行する。信号処理後のビームデータは三次元画像処理部 2 8 に送られ、三次元画像処理部 2 8 は複数のビームデータに基づいて三次元超音波画像を形成する。その画像データは表示器 3 0 へ送られる。三次元画像処理方式としてはボリュームレンダリング法、サーフェスレンダリング法等が知られている。複数のビームデータを三次元データメモリ上に格納してボリュームデータを構築し、それに基づいて三次元超音波画像が形成されるようにしてもよい。主制御部 3 2 は CPU 及び動作プログラムにより構成される。主制御部 3 2 にはキーボードやトラックボールなどを備える操作パネル 3 4 が接続されている。ドブラ情報の処理を行う回路については図示省略されている。

20

【 0 0 3 1 】

図 2 には、図 1 に示した超音波診断装置の部分的な構成が示されている。図 2 はサブビームフォーミング方式を採用した場合における構成例を示すブロック図である。2 D アレイ振動子 1 6 上には、後に詳述するように、サブアレイパターンが設定される。サブアレイパターンは、4 つのサブアレイ集団 A ~ D を含む。各サブアレイ集団 A ~ D は、複数の縦長ペア（X 方向連結体） P_x と、複数の横長ペア（Y 方向連結体） P_y と、を含む。それらは密集し且つ混在している。縦長ペア P_x は、X 方向に並んで連結された 2 つの縦長サブアレイからなる。横長ペア P_y は、Y 方向に並んで連結された 2 つの横長サブアレイからなる。整理すると、サブアレイパターンは、複数のサブアレイ（SA-1 ~ SA-n）を含み、この例では n 個のサブアレイが設定される。n は例えば二桁の数値である。各ペア（各連結体） P_x , P_y は、いずれも四角形の形状を有し、i 個 × i 個の振動素子により構成される。i は例えば 4 , 6 , 8 , 1 0 , 1 2 , 1 4 , 1 6 といった偶数であるが、その数は任意に定めることができる。各サブアレイの長手方向のサイズは i 個の振動素子に相当し、短手方向のサイズは i / 2 個の振動素子に相当する。サブアレイパターンの中心を原点として、本実施形態では、2 D アレイ振動子 1 6 上の第 1 象限 ~ 第 4 象限に 4 つのサブアレイ集団 A ~ D が設定される。各サブアレイ集団 A ~ D はサブアレイ密集体（サブアレイクラスタ）である。なお、複数の一次元振動子列を揃えて正四角形の連結体を構成することもできる。

30

40

【 0 0 3 2 】

複数のサブアレイに対して、チャンネルリダクション回路 1 8 を構成する複数の S B F（サブビームフォーマー）（3 8 - 1 ~ 3 8 - n）が接続されている。その接続関係は一對一である。各 S B F は、対応するサブアレイから並列的に出力される複数の素子信号に対して第 1 段階の整相加算処理を実行する回路である。その結果、それらの素子信号が 1 つの受信信号に集約される。送信時には、サブアレイごとに、1 つの送信信号から、遅延関係をもった複数の送信信号が生成され、それらがサブアレイを構成する複数の振動素子に供給される。S B F はそのような送信ビームフォーマーとしての機能も備えている。n

50

個のSBFに対して、メインビームフォーマー22A及び送信部20が並列的に接続されている。n個のSBFにはn個の信号線21-1~21-nが接続されている。

【0033】

送受信制御部24は、図2に示す構成例において、4つの制御信号ペア、つまり8つの制御信号37ax, 37ay, 37bx, 37by, … 37dx, 37dyを出力している(添字のa, b, c, dはサブアレイ集団の識別子であり、添字のx, yはサブアレイが縦長タイプか横長タイプかを特定する識別子である)。すなわち、それらは第1乃至第4のサブアレイ集団A~D用の制御信号である。個々の制御信号ペアは、縦長サブアレイに対してディレイパターンを指定する信号と、横長サブアレイに対してディレイパターンを指定する信号と、からなる。つまり、第1サブアレイ集団Aにおける複数の縦長サブアレイに対しては同一のディレイパターンが設定され、同じ第1サブアレイ集団Aにおける複数の横長サブアレイに対しては同一のディレイパターン(遅延条件)が設定される。このことは他のサブアレイ集団についても同様である。サブアレイ集団A~Dは、複数のサブアレイの密集体であり、つまり、同じ局所領域内に存在しているので、それらに対して共通のディレイパターンを設定しても送受信特性の劣化はさほどではない。但し、縦長サブアレイと横長サブアレイとは条件が異なるから、それらに対しては別々のディレイパターンを与える必要がある。ここで、サブアレイはサブビームフォーミングの設定単位をなすものであり、サブアレイ集団はディレイパターン(縦長用ディレイパターン、横長用ディレイパターン)を共通とする制御単位をなすものである。本実施形態において、サブアレイパターンはアレイ面上に固定的に設定されるが、ディレイパターンはビーム方位及び送信フォーカス深さ等の送受信条件に応じて動的に可変設定される。但し、上記のように、個々のサブアレイ集団内における同一種類の複数のサブアレイに対しては1種類のディレイパターンが設定される。もちろん、これらの条件に関しては各種の変形例が考えられる。

【0034】

n個のSBF(38-1~38-n)に対してはn個の信号線(21-1~21-n)が接続されている。また、n個の信号線は、本体内における送信部20と、受信部22とに並列的に接続されている。よって、図示の構成例では、送信部20は、n個の送信信号を出力し、受信部22は、n個の受信信号に対して整相加算処理を実行する。なお、図2においては、複数の制御信号が並列に伝送されていたが、それらを単一の信号線を使って時分割伝送するようにしてもよい。送受信制御部24をプロンプ10内に設けるようにしてもよい。

【0035】

図3には、2Dアレイ振動子16上に設定されるサブアレイパターンの第1例が示されている。上述したように、2Dアレイ振動子16は、X方向及びY方向に整列した複数の振動素子16aにより構成される。円形領域103が実際に送受波する領域である。個々の長方形がサブアレイを示している。

【0036】

サブアレイパターンは、その中心周りに設けられた複数のサブアレイ集団A~Dを有する。各サブアレイ集団は、密集した複数のサブアレイペアにより構成され、具体的には、複数の縦長ペアPxと、複数の横長ペアPyと、を有している。両者は実質的に同数設けられている。複数の縦長ペアPxと複数の横長ペアPyは二次元的に混在状態にある。2種類のペアPx, Pyは互いに同一の形状を有し、つまり同じ四角形を有する。その四角形はi素子×i素子のサイズを有するものである。

【0037】

図4に示すように、各縦長ペアPxは、X方向に並んで連結された2個の縦長サブアレイ112, 114により構成されており、ここで各縦長サブアレイ112, 114はY方向を長手方向とする長方形を有する。各横長ペアPyは、Y方向に並んで連結された2個の横長サブアレイ116, 118により構成されており、ここで各横長サブアレイ116, 118はX方向を長手方向とする長方形を有する。各サブアレイ112~118の長手

方向のサイズは i 個（図示の例では 4 個）の振動素子に相当し、各サブアレイ 1 1 2 ~ 1 1 8 の短手方向のサイズは $i / 2$ 個（図示の例では 2 個）の振動素子に相当する。但し、サブアレイ集団内に規格外のサブアレイが含まれてもよい。

【 0 0 3 8 】

図 3 に戻って、サブアレイ集団間の境界線が x, y で表されている。それらの境界線は中心点でクロスしている。各境界線 x, y に注目すると、境界線の一方側と他方側とで同じ種別のサブアレイペアが並ばないように交互配列が実現されている。サブアレイパターン全体を観察した場合、2 種類のサブアレイペアの二次元交互配列が実現されている。サブアレイパターン全体として、サブアレイの種別数を極少数に抑えれば、構成及び制御を簡略化できるという利点が得られる。図示の例は 2 種類のサブアレイだけが利用されているから、そのような利点を効果的に引き出せる。また、各サブアレイペアが同じ形状の四角形として構成されているので、サブアレイ集団内に無用な隙間が生じてしまう問題を回避しつつ、サブアレイ集団内に多様性（非一様性）をもたせることができる。

10

【 0 0 3 9 】

図 5 乃至図 8 を用いてサブアレイパターンの第 2 例乃至第 4 例を説明する。なお、各図において、図 3 に示した構成と同様の構成には同一符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 4 0 】

図 5 に示す第 2 例において、2 D アレイ振動子 1 6 A 上に設定されたサブアレイパターンは、矩形の中心部分 1 0 0 とその周囲に設けられた 4 つのサブアレイ集団 A ~ D により構成される。各サブアレイ集団 A ~ D は、二次元的に混在した複数の縦長ペア P_x 及び複数の横長ペア P_y により構成されている。

20

【 0 0 4 1 】

2 D アレイ振動子 1 6 A の中央には、サブアレイペアの規定サイズよりも小さい矩形の中心部分 1 0 0 が設定され、それを取り囲むように、しかも中心側へ詰めた状態で、4 つのサブアレイ集団 A ~ D が設けられている。4 つのサブアレイ集団 A ~ D は、2 D アレイ振動子 1 6 A 上における中心を原点とした直交座標系を定義した場合に、その第 1 象限から第 4 象限に設けられている。各サブアレイ集団 A ~ D は、互いに密集した複数のサブアレイにより構成され、各サブアレイ集団内には実質的な隙間は存在していない。

【 0 0 4 2 】

図 6 にはサブアレイパターンの中央部分が拡大図として示されている。境界線 x_1, y_1, x_2, y_2 は中心部分 1 0 0 が有する 4 つの辺 1 0 4 - 1 ~ 1 0 4 - 4 から外部へ伸ばした延長線に相当する。境界線 x_1 と境界線 x_2 は互いに反対方向（正方向、負方向）に延伸し、それらは Y 方向に中心部分 1 0 0 の幅分だけシフトしている。境界線 y_1 と境界線 y_2 も互いに反対方向に延伸し、それらは X 方向に中心部分 1 0 0 の幅分だけシフトしている。なお、1 0 6 - 1 ~ 1 0 6 - 4 は中心部分 1 0 0 の 4 つの隅を示している。O は中心部分 1 0 0 の重心であり、かつ、2 D アレイ振動子 1 6 の中心である。

30

【 0 0 4 3 】

図 5 に戻って、第 1 サブアレイ集団 A に着目すると、それには中央サブアレイ A に最も近い内接サブアレイ SAa1 が含まれ、それが中心部分 1 0 0 の特定の辺（ y_1 上の辺）に接している。それを基点として他のサブアレイが中心寄りに詰めて密集している。第 2 サブアレイ集団 B、第 3 サブアレイ集団 C 及び第 4 サブアレイ集団 D も、第 1 サブアレイ集団 A と同様に、それぞれ密集した複数のサブアレイにより構成され、具体的には、内接サブアレイ SAB1, SAC1, SAd1 と、それに連なって広がる複数のサブアレイと、を有する。

40

【 0 0 4 4 】

4 つのサブアレイ集団 A ~ D における隣接相互間の境界線 x_1, y_1, x_2, y_2 に着目すると、各境界線上に不揃い（集団間不揃い）が生じている。例えば、境界線 y_1 上においては、第 1 サブアレイ集団 A と第 2 サブアレイ集団 B との間で Y 方向に $i / 2$ 個の素子分だけずれが生じている。同じく、境界線 x_2 上においては、第 2 サブアレイ集団 B と第 3 サブアレイ集団 C との間で X 方向に $i / 2$ 個の素子分だけずれが生じている。同様に、第 3 サブアレイ集団 C と第 4 サブアレイ集団 D の間、及び、第 4 サブアレイ集団 D と第

50

1 サブアレイ集団 A との間においても、X 方向又は Y 方向に $i/2$ 個の素子分だけずれが生じている。この結果、4 つのサブアレイ集団 A ~ D における 4 つの隣接集団間に 4 つの集団間不揃いが生じていることになる。境界線を挟んで一方側のサブアレイペア列と他方側のサブアレイペア列とが当該境界線の方にずれているので、サブアレイパターンの多様性をより高められる。これによって、顕著なサイドローブ低減効果が期待できる。

【0045】

図 7 に示す第 3 例において、2 D アレイ振動子 16 B 上に設定されたサブアレイパターンは、4 つのサブアレイ集団 A ~ D を有する。各サブアレイ集団 A ~ D は、複数の縦長ペア P_x と、複数の横長ペア P_y と、1 つの孤立サブアレイと、を有する。第 1 サブアレイ集団 A 及び第 3 サブアレイ集団 C は、サブアレイパターンの中心点に接する横長サブアレイとしての孤立サブアレイ Q_1 , Q_3 を有する。それらは内接サブアレイに相当する。第 2 サブアレイ集団 B 及び第 4 サブアレイ集団 D は、サブアレイパターンの中心点に接する縦長サブアレイとしての孤立サブアレイ Q_2 , Q_4 を有する。それらも内接サブアレイに相当する。それらの 4 つの孤立型内接サブアレイを風車状に設けた上で、それぞれのサブアレイ集団 (サブアレイペアの集合体) を構成することにより、自然にサブアレイ集団間に不揃いを生じさせることができる。この場合、中央に隙間が生じないので、有効エリアを送受波において活用できる。

【0046】

図 8 に示す第 4 例において、2 D アレイ振動子 16 C 上に設定されたサブアレイパターンは、中心部分 100 と、4 つのサブアレイ集団 A ~ D とで構成される。この例 4 例は、第 2 例として示したパターンと第 3 例として示したパターンを組み合わせたものに相当する。すなわち、中央部分 100 の 4 辺に接するように 4 つの孤立型内接サブアレイ $Q_1 \sim Q_4$ が風車状に設けられた上で、各象限に複数の縦長ペア P_x 及び複数の横長ペア P_y が密集配置されている。境界線に着目すると、隣接集団間において不揃いが生じており、一方側と他方側のずれ量は中心部分 100 のサイズに相当している。

【0047】

図 9 には、図 1 に示した超音波診断装置の部分的な構成が示されている。図 9 はグルーピング方式を採用した場合における構成例を示すブロック図である。なお、図 2 に示した構成と同様の構成には同一符号を付しその説明を省略する。

【0048】

複数のサブアレイ (SA-1 ~ SA-n) に対しては、チャンネルリダクション回路 18 を構成する複数の SW (スイッチ) 回路 (SW1 - SWn) が接続されている。その接続関係は 1対1である。各 SW 回路は、それに対応するサブアレイに対して複数のグループを設定する。各グループは互いに遅延量が近似している関係にある複数の振動素子により構成される。このようなグルーピングにより、グループを構成する複数の振動素子へ同じ送信信号を並列に供給することができ、グループを構成する複数の振動素子から並列に出力される複数の素子信号を加算して 1 つのグループ受信信号を生成することができる。つまり、送受信時にチャンネルリダクションを図れる。なお、1 つのサブアレイに対しては複数のグループが設定され、その中には、例外的に、1 つの振動素子により構成されるグループが含まれてもよい。また、サブアレイ中の一部の振動素子が無効振動素子となってもよい。サブアレイ内に送信専用素子及び受信専用素子が設定されてもよい。

【0049】

4 つの制御信号 $36ax$, $36ay$, $36bx$, $36by$, $\dots$ $36dx$, $36dy$ は、ディレイパターンを指定する信号である。すなわち、個々のサブアレイ集団に対しては縦長ペア用及び横長ペア用の 2 種類の制御信号が与えられている。制御信号を各サブアレイ集団ごとに且つサブアレイ種別ごとに共通化できるので回路構成を簡易化できる。各 SW 回路 SW1 - SWn に対しては、それぞれ信号線列が接続されている。信号線列は、1 つのサブアレイに設定可能な最大グループ数に相当する個数の信号線からなる。図 9 においては、その個数が j として表されている。n 個の信号線列は、本体内における送信部 20 と、受信部 22 とに並列的に接続されている。よって、図示の構成例では、送信部 2

10

20

30

40

50

0 は、 $n \times j$ 個の送信信号を出力し、受信部 22 は、 $n \times j$ 個の受信信号に対して整相加算処理を実行する。なお、図 9 においては、複数の信号線を使って複数の制御信号が並列に伝送されていたが、それらを単一の信号線上に時分割伝送するようにしてもよい。送受信制御部 24 をプローブ 10 内に設けるようにしてもよい。

【0050】

このようなサブ処理方式が選択される場合においても、サブアレイパターンとして第 1 例から第 4 例のいずれも採用することが可能であり、更に他のサブアレイパターンを採用することも可能である。いずれにしても、サブアレイを密集させて感度を高めつつも集団間不揃いを利用してサイドローブを効果的に低減できる。

【0051】

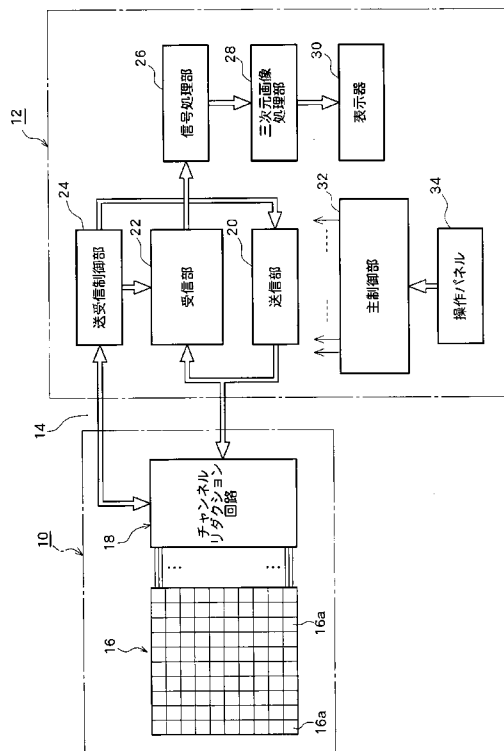
図 10 には、縦長サブアレイに設定される幾つかのグルーピングパターン例が示されている。各数字は振動素子が所属するグループ番号を示している。同じ番号同士の複数の振動素子は電氣的に結線されている。図 11 には、横長サブアレイに設定される幾つかのグルーピングパターンが示されている。グルーピングパターンは送信フォーカス点の三次元位置の運動に伴い動的に切り替えられるものである。各図の (C) に示すグルーピングパターンにはいずれのグループにも属しない無効素子が含まれている。

【符号の説明】

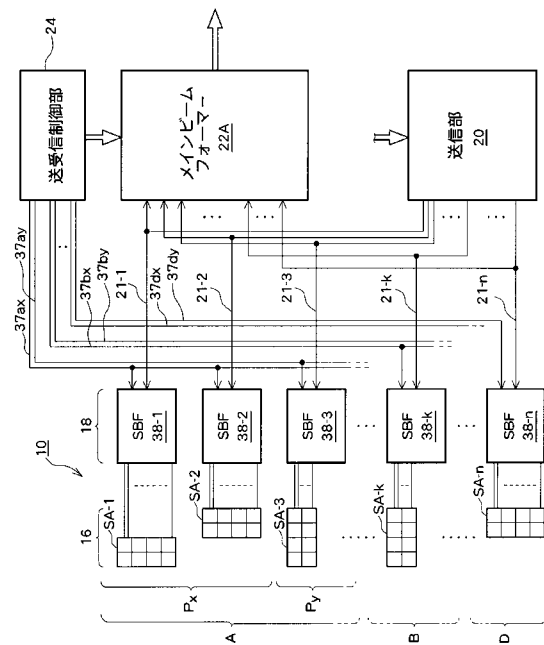
【0052】

10 プローブ、12 本体、14 プローブケーブル、16 2Dアレイ振動子、18 チャンネルリダクション回路、20 送信部、22 受信部、24 送受信制御部。

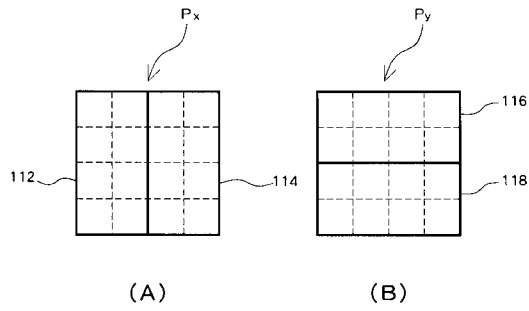
【図 1】



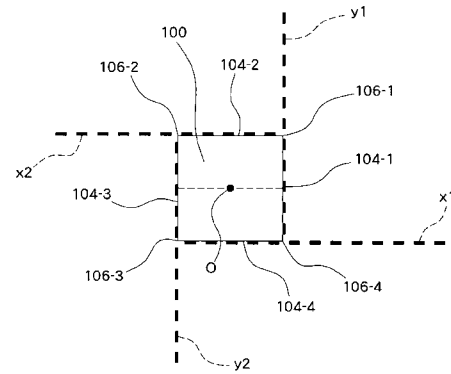
【図 2】



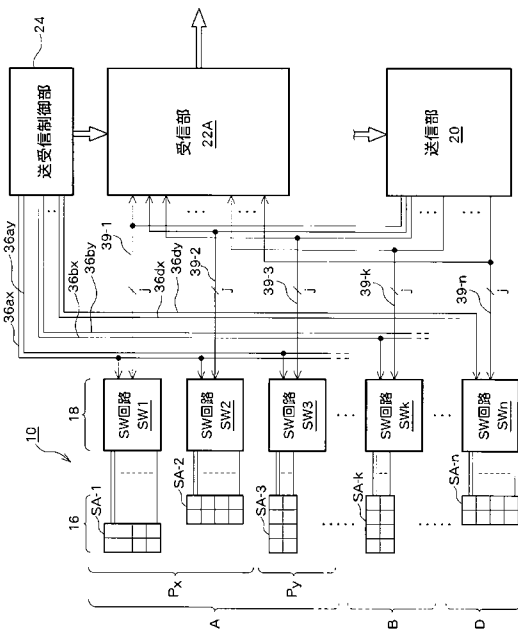
【図 4】



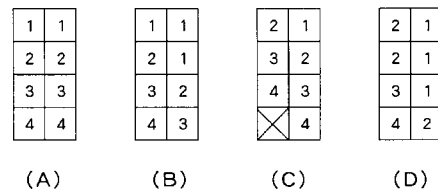
【図 6】



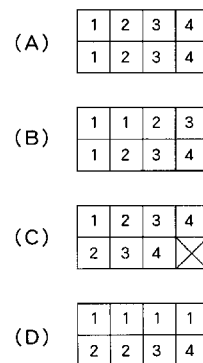
【図 9】



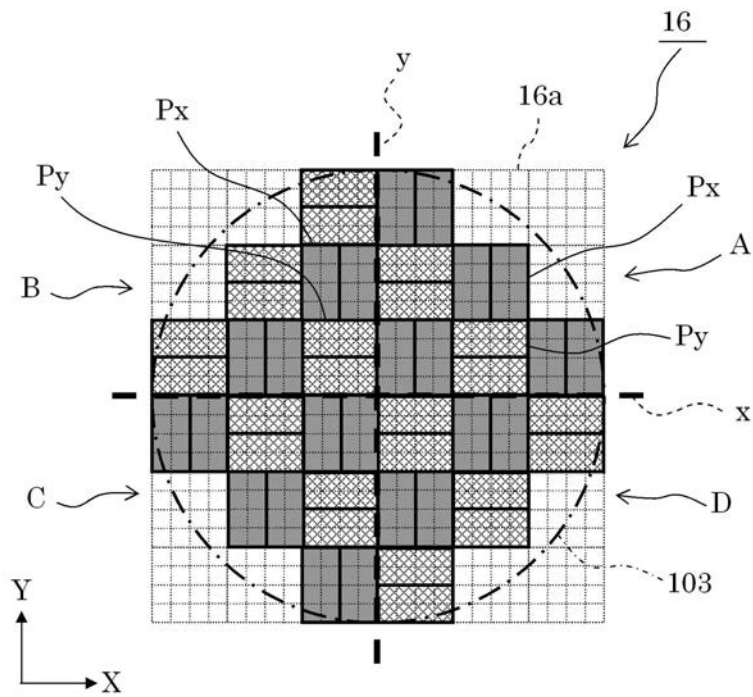
【図 10】



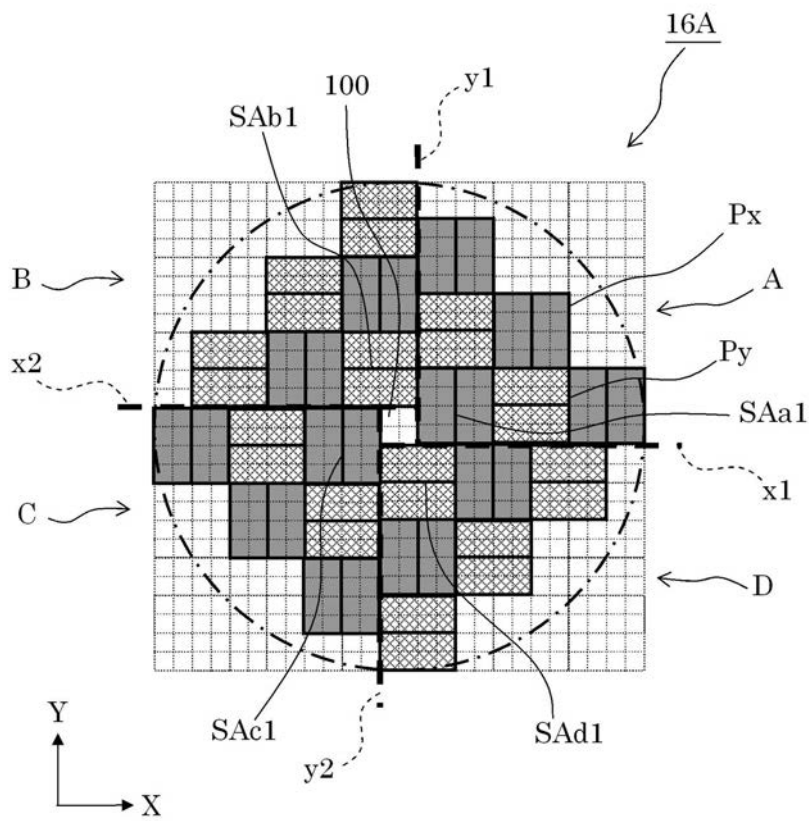
【図 11】



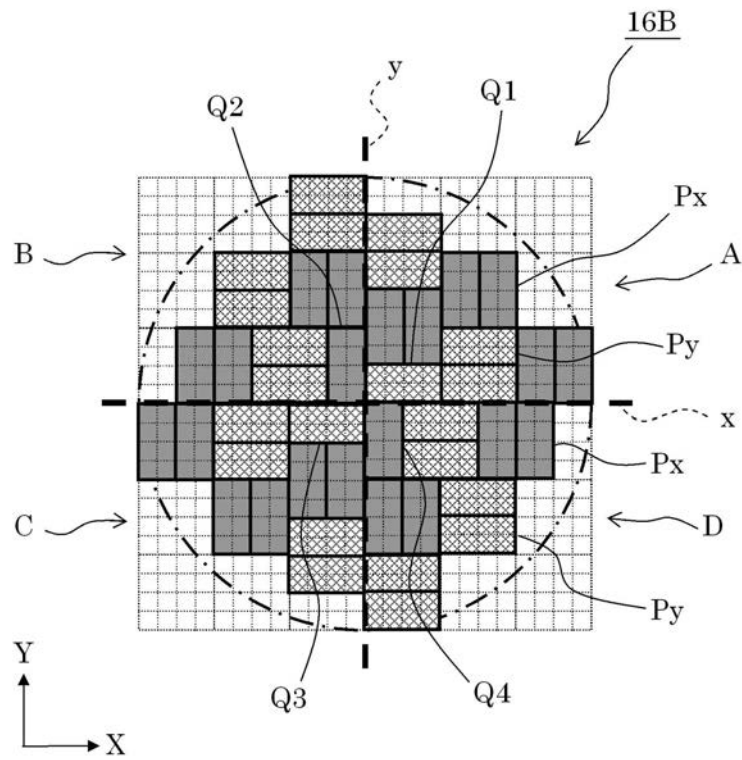
【 図 3 】



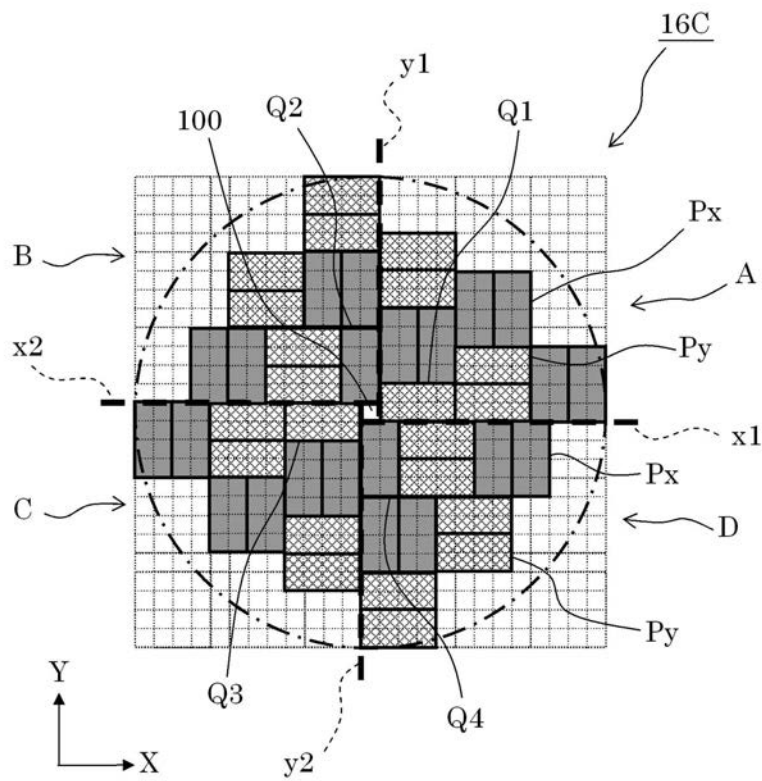
【 図 5 】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 2 2 9 0 9 6 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 3 4 2 1 9 4 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 0 3 4 6 3 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 6 / 1 3 4 6 8 6 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 8 / 0 0

【 図 2 】

[illegible]