

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3977826号
(P3977826)

(45) 発行日 平成19年9月19日(2007.9.19)

(24) 登録日 平成19年6月29日(2007.6.29)

(51) Int. Cl. F I
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00

請求項の数 22 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2004-185892 (P2004-185892)	(73) 特許権者	390029791 アロカ株式会社 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(22) 出願日	平成16年6月24日(2004.6.24)	(74) 代理人	100075258 弁理士 吉田 研二
(65) 公開番号	特開2005-34633 (P2005-34633A)	(74) 代理人	100096976 弁理士 石田 純
(43) 公開日	平成17年2月10日(2005.2.10)	(72) 発明者	竹内 秀樹 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロカ株式会社内
審査請求日	平成16年6月28日(2004.6.28)	審査官	右▲高▼ 孝幸
(31) 優先権主張番号	特願2003-181113 (P2003-181113)		
(32) 優先日	平成15年6月25日(2003.6.25)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

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】

2次元的に配列された複数の振動素子を有するアレイ振動子と、
前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定し、且つ、各サブアレイごとに複数のグループを設定し、各グループごとにグループ受信信号を出力するスイッチング部と

、
前記アレイ振動子から出力された複数のグループ受信信号を処理する受信処理部と、
を含み、
前記スイッチング部は、前記アレイ振動子における少なくとも1つのサブアレイのサブアレイ形状パターンを変更し、

前記各グループは複数の振動素子によって構成され、
前記スイッチング部は、更に、前記サブアレイ形状パターンの変更に伴って、前記各グループのグループ形状パターンを変更する機能を有することを特徴とする超音波診断装置

【請求項2】

請求項1記載の超音波診断装置において、
前記スイッチング部は、前記複数のサブアレイについて、それぞれのサブアレイ形状パターンを変更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記載の超音波診断装置において、

10

20

前記複数のサブアレイに対して同一のサブアレイ形状パターンが設定されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

更に、ビーム形成条件に応じて、前記サブアレイ形状パターンを切り換える制御部を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の超音波診断装置において、

前記アレイ振動子は、X 方向及び Y 方向に複数の振動素子が整列した 2 D アレイ振動子であり、

前記ビーム形成条件には、X Y 面上におけるビーム走査方向が含まれることを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

前記アレイ振動子によって形成される超音波ビームが電子セクタ走査されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 7】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

ビーム形成条件に応じて、前記各グループを構成する振動素子の個数が可変されることを特徴とする超音波診断装置。

20

【請求項 8】

請求項 7 記載の超音波診断装置において、

前記ビーム形成条件はビーム走査方向を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 9】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

ビーム形成条件に応じて、前記各サブアレイに 1 又は複数の無効振動素子が含まれることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

ビーム形成条件に応じて、前記サブアレイ形状パターンと共に、前記グループ形状パターンを切り換える制御部を含むことを特徴とする超音波診断装置。

30

【請求項 11】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

前記サブアレイ形状パターンを変更した場合でも、前記複数のサブアレイが互いに密に連結することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 12】

請求項 1 記載の超音波診断装置において、

前記各サブアレイごとにパターン変動領域が定められ、これにより、前記アレイ振動子上には複数のパターン変動領域が定められ、

前記各サブアレイごとのパターン変動領域は複数のサブアレイ形状パターンを合成した領域に相当し、

前記複数のパターン変動領域は、互いに部分的にオーバーラップする部分を有することを特徴とする超音波診断装置。

40

【請求項 13】

請求項 12 記載の超音波診断装置において、

前記各パターン変動領域は、各サブアレイ固有の複数の振動素子と、前記オーバーラップする部分に存在する複数の振動素子と、をカバーすることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 14】

複数の振動素子を有するアレイ振動子と、

50

前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定し、且つ、各サブアレイごとに複数のグループを設定し、各グループごとにグループ受信信号を出力するスイッチング部と

、
前記スイッチング部から出力される複数のグループ受信信号を処理する受信処理部と、
ビーム走査条件に応じて、前記スイッチング部を制御する制御部と、
を含み、

前記制御部は、前記スイッチング部の動作を制御して、前記各サブアレイのサブアレイ形状パターンを変更し、且つ、前記各グループのグループ形状パターンを変更することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 15】

請求項 14 記載の超音波診断装置において、
前記受信処理部は、

前記各サブアレイから出力される複数のグループ受信信号に対してサブ整相加算処理を実行してサブ整相加算信号を出力する複数のサブ整相加算回路と、

前記複数のサブ整相加算部から出力される複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を実行するメイン整相加算回路と、
を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 16】

請求項 15 記載の超音波診断装置において、

少なくとも前記アレイ振動子及び前記スイッチング部が、プローブヘッド内に設けられたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 17】

複数の振動素子を有するアレイ振動子と、

前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定し、且つ、各サブアレイごとに複数のグループを設定し、各グループごとにグループ受信信号を出力するスイッチング部と

、
前記アレイ振動子から出力された複数のグループ受信信号を処理する受信処理部と、
前記スイッチング部を制御して、ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイのサブアレイ形状パターン及び前記各グループのグループ形状パターンを適応的に変更する制御部と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 18】

請求項 17 記載の超音波診断装置において、

前記各サブアレイ形状パターンは、複数のパターン要素としての複数のグループ形状パターンによって構成され、

前記各グループ形状パターンは、実質的に直線状に配列された振動素子列によって構成されることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 19】

請求項 18 記載の超音波診断装置において、

前記各振動素子列は、実質的に、前記ビーム走査方向に直交することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 20】

請求項 17 記載の超音波診断装置において、

前記ビーム走査方向が 0 度、90 度、180 度、及び、270 度の場合には、前記各サブアレイの形状が四角形となり、

前記ビーム走査方向が前記の角度以外の場合には、前記各サブアレイの形状が前記四角形から変形して平行四辺形又はそれに近い形状となることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 21】

複数の振動素子を有するアレイ振動子と、

前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定するスイッチング部と、

10

20

30

40

50

前記スイッチング部を制御して、ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイのサブアレイ形状パターンを適応的に変更する制御部と、

を含み、

前記制御部は、前記ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイ内に1又は複数の無効振動素子を設定し、且つ、前記各サブアレイ内における1又は複数の無効振動素子以外の複数の有効振動素子を用いて複数のグループを設定することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項22】

複数の振動素子を有するアレイ振動子と、

前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定するスイッチング部と、

前記スイッチング部を制御して、ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイのサブアレイ形状パターンを適応的に変更する制御部と、

を含み、

前記制御部は、前記ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイ内に複数のグループを設定し、

前記制御部は、前記ビーム走査方向に応じて前記各グループのグループ形状パターンを変更し、且つ、前記ビーム走査方向に応じて前記各グループを構成する振動素子の個数を変更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、医療の分野で用いられる超音波診断装置に関し、特に、アレイ振動子上における複数のサブアレイの設定に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、医療の分野において、生体（患者）の疾病を診断するために用いられる。詳しくは、超音波診断装置は、生体に対して超音波パルスを送波し、生体からの反射波を受波し、その受波によって得られた受信信号に基づいて超音波画像を形成する。

【0003】

超音波ビームを二次元走査し、これによって生体内に三次元エコーデータ取込空間を形成するために、二次元（2D）アレイ振動子が用いられる。2Dアレイ振動子は、一般に、複数の振動素子をX方向及びY方向に整列させてなるものである。

【0004】

送受信部のチャンネルリダクション、複数の受信ビームの同時形成、あるいは、それ以外の目的から、2Dアレイ振動子上に複数のサブアレイを設定する場合がある。従来においては、2Dアレイ振動子上に複数のサブアレイが固定的に設定される。例えば、2Dアレイ振動子に対して矩形形状をもった複数のサブアレイが設定される。この場合において、各サブアレイの形状を変更することはできない。特開2001-276064号公報には、複数の振動素子のグルーピングが示されているが、各グループの構成は固定的である。特開2001-104303号公報には、整相加算を二段階で行う構成が開示されている。特開平9-322896号公報の図6には、2Dアレイ振動子に複数のグループを固定的に設定すること、複数のグループに対して複数の第1ビームフォーマーを接続すること、及び、複数の第1ビームフォーマーの後段に複数の第2ビームフォーマーを設けることが示されている。米国特許第5832923号には、2Dアレイ振動子上に複数の2Dサブアレイを設定すること、及び、各サブアレイ上に複数のグループを設定すること、が開示されている。しかしながら、いずれの文献にも、サブアレイの形状を動的に変更することについては記載されていない。

【0005】

サブアレイの構成あるいは形態を固定的に設定すると、送受波条件如何によっては、良好なビームプロファイルを得られないという問題がある。例えば、特定のビーム走査方向

10

20

30

40

50

において、サイドローブが出やすくなる。

【0006】

【特許文献1】特開2001-276064号公報

【特許文献2】特開2001-104303号公報

【特許文献3】特開平9-322896号公報

【特許文献4】米国特許第5832923号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、良好なビームプロファイルを得られる超音波診断装置を提供することにある。 10

【0008】

本発明の他の目的は、送受信部のチャンネルリダクションを行う場合において、超音波画像の画質を維持又は向上できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1)本発明は、2次元的に配列された複数の振動素子を有するアレイ振動子と、前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定するスイッチング部と、前記アレイ振動子から出力された複数の受信信号を処理する受信処理部と、を含み、前記スイッチング部は、前記アレイ振動子における少なくとも1つのサブアレイのサブアレイ形状パターンを変更する超音波診断装置に関する。 20

【0010】

上記構成によれば、スイッチング部がアレイ振動子上に複数のサブアレイを設定する。スイッチング部は、サブアレイのサブアレイ形状パターンを変更する機能を有するので、従来のように、サブアレイのサブアレイ形状パターンを固定的に設定することに起因する問題を解消あるいは改善できる。例えば、サブアレイ形状パターンの変更により、ビームプロファイルを良好なものに変更することによって、サイドローブを低減することができる。

【0011】

望ましくは、前記スイッチング部は、前記複数のサブアレイについて、それぞれのサブアレイ形状パターンを変更する。複数のサブアレイは、音響パワーあるいは感度の観点から、アレイ振動子上において互いに密に連結されるのが望ましい。つまり、アレイ振動子を構成する全振動素子がいずれかのサブアレイに属するのが望ましい。但し、サブアレイ間に隙間が存在していてもよい。つまり、いずれのサブアレイにも属せずに送受信に機能しない振動素子が存在してもよい。また、あるサブアレイ形状パターンを選択した場合に、アレイ振動子の周囲に送受信で機能しない複数の振動素子が存在していてもよい。 30

【0012】

望ましくは、前記複数のサブアレイに対して同一のサブアレイ形状パターンが設定される。この構成によれば、複数のサブアレイを密に連結することが容易となる。もちろん、各サブアレイごとにサブアレイ形状パターンを個別的に設定するようにしてもよい。 40

【0013】

望ましくは、更に、ビーム形成条件に応じて、前記サブアレイ形状パターンを切り換える制御部を含む。望ましくは、前記アレイ振動子は、X方向及びY方向に複数の振動素子が整列した2Dアレイ振動子であり、前記ビーム形成条件には、XY面上におけるビーム走査方向が含まれる。ビーム形成条件としては、更に、ビーム偏向角度、ビーム幅、ビーム形状などをあげることができる。

【0014】

望ましくは、前記スイッチング部は、更に、前記各サブアレイごとに複数のグループを設定し、ここにおいて、各グループは複数の振動素子によって構成される。前記受信処理部は、前記各サブアレイにおける各グループごとに出力されたグループ受信信号を処理し 50

、前記スイッチング部は、更に、前記サブアレイ形状パターンの変更に伴って、前記各グループのグループ形状パターンを変更する。

【0015】

この構成によれば、スイッチング部が、サブアレイの設定及びグループの設定を行う。その場合において、所望のサブアレイ形状パターン及び所望のグループ形状パターンを設定することが可能である。

【0016】

例えば、あるサブアレイを構成する m 個の振動素子に対して n （但し $1 < n < m$ ）個のグループを設定すれば、チャンネルリダクション率が n/m となる。そのようなチャンネルリダクション処理をプローブヘッド内で行えばプローブケーブルを挿通する信号線の本数を削減できるという利点がある。すなわち、グルーピングによって、複数の受信信号を加算して1つの受信信号（グループ受信信号）に集約できる。また、1つの送信信号を1つのグループを構成する複数の振動素子へ並列的に供給できる。

10

【0017】

望ましくは、ビーム形成条件に応じて、前記各グループを構成する振動素子の個数が可変される。望ましくは、前記ビーム形成条件はビーム走査方向を含む。望ましくは、ビーム形成条件に応じて、前記各サブアレイに1又は複数の無効振動素子が含まれる。ここで、無効振動素子は、超音波の送波及び受波で使用されない振動素子である。サブアレイ内において、1又は複数の無効振動素子以外の複数の振動素子が有効振動素子とされ、それらの複数の有効振動素子が複数のグループに区分される。

20

【0018】

なお、前記各サブアレイに対して設定される複数のグループは同じ個数の振動素子によって構成されてもよい。この構成によれば、各グループ間で、受信信号の加算数を同じにでき、また、各グループ間で送信信号の分岐数（出力先の個数）を同じにできる。

【0019】

また、前記複数のグループに対して同じグループ形状パターンが設定されてもよい。その場合、前記各グループに対して実質的に直線をなすグループ形状パターンが設定されてもよい。各グループは、ビーム走査方向に対して交差（望ましくは直交する）するように直線的な形態をもって、あるいは、その方向に薄い幅をもった紐のように、設定されるのが望ましい。

30

【0020】

望ましくは、ビーム形成条件に応じて、前記サブアレイ形状パターンと共に、前記グループ形状パターンを切り換える制御部を含む。望ましくは、前記アレイ形状パターンを変更した場合でも、前記複数のサブアレイが互いに密に連結する。複数のサブアレイが密に連結すれば、使用可能な多くの振動素子を動作させて、音響パワーを増大できる。

【0021】

望ましくは、前記各サブアレイごとにパターン変動領域が定められ、これにより、前記アレイ振動子上には複数のパターン変動領域が定められ、前記各サブアレイごとのパターン変動領域は複数のサブアレイ形状パターンを合成した領域に相当し、前記複数のパターン変動領域は、互いに部分的にオーバーラップする部分を有する。望ましくは、前記各パターン変動領域は、各サブアレイ固有の複数の振動素子と、前記オーバーラップする部分に存在する複数の振動素子と、をカバーする。

40

【0022】

（2）本発明は、複数の振動素子を有するアレイ振動子と、前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定し、且つ、各サブアレイごとに複数のグループを設定し、各グループごとにグループ受信信号を出力するスイッチング部と、前記スイッチング部から出力される複数のグループ受信信号を処理する受信処理部と、ビーム走査条件に応じて、前記スイッチング部を制御する制御部と、を含み、前記制御部は、前記スイッチング部の動作を制御して、前記各サブアレイのサブアレイ形状パターンを変更し、且つ、前記各グループのグループ形状パターンを変更する超音波診断装置に関する。

50

【0023】

望ましくは、前記受信処理部は、前記各サブアレイから出力される複数のグループ受信信号に対してサブ整相加算処理を実行してサブ整相加算信号を出力する複数のサブ整相加算回路と、前記複数のサブ整相加算部から出力される複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理を実行するメイン整相加算回路と、を含むことを特徴とする。

【0024】

上記構成によれば、各グループごとにサブ整相加算処理が行われた後に、複数のサブ整相加算信号に対してメイン整相加算処理が適用される。複数のメイン整相加算回路を並列配置して1回の受信で複数の受信ビームを同時形成してもよい。また、プローブケーブルにおいて、送信信号を電圧信号として伝送し、受信信号を電流信号として伝送するようにしてもよい。送信信号は100V程度の電圧信号であってもよいし、数V～十数V程度の低電圧信号であってもよい。後者の場合には、例えば、各振動素子を積層化し、これにより、各振動素子の電氣的なインピーダンスを低減するようにするのが望ましい。

10

【0025】

望ましくは、少なくとも前記アレイ振動子及び前記スイッチング部が、プローブヘッド内に設けられる。更に、複数のサブ整相加算回路をプローブヘッド内に設けてもよいし（その場合には信号線の本数をより削減できる）、あるいは、複数のサブ整相加算回路をプローブコネクタ内あるいは装置本体内に設けるようにしてもよい。送信部は、プローブヘッド、ケーブルコネクタあるいは装置本体に設けることができる。

【0026】

(3) また本発明は、複数の振動素子を有するアレイ振動子と、前記複数の振動素子に対して複数のサブアレイを設定するスイッチング部と、前記スイッチング部を制御して、ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイのサブアレイ形状パターンを適応的に変更する制御部と、を含む超音波診断装置に関する。

20

【0027】

望ましくは、前記各サブアレイ形状パターンは、複数のパターン要素によって構成され、前記各パターン要素は、振動素子列によって構成される。望ましくは、前記各振動素子列は、実質的に、ビーム走査方向に直交する。望ましくは、前記ビーム走査方向が0度、90度、180度、及び、270度の場合には、前記各サブアレイの形状が四角形となり、前記ビーム走査方向が前記の角度以外の場合には、前記各サブアレイの形状が前記四角形から変形して平行四辺形又はそれに近い形状となる。各サブアレイの形状が平行四辺形又はそれに近い形状になった場合であっても、複数のサブアレイを互いに密に連結させるのが望ましい。

30

【0028】

望ましくは、前記制御部は、前記ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイ内に1又は複数の無効振動素子を設定し、且つ、前記各サブアレイ内における1又は複数の無効振動素子以外の複数の有効振動素子を用いて複数のグループを設定する。望ましくは、前記制御部は、前記ビーム走査方向に応じて、前記各サブアレイ内に複数のグループを設定し、前記制御部は、前記ビーム走査方向に応じて前記各グループのグループ形状パターンを変更し、且つ、前記ビーム走査方向に応じて前記各グループを構成する振動素子の個数を変更する。

40

【発明の効果】

【0029】

以上説明したように、本発明によれば、良好なビームプロファイルを得られる超音波診断装置を提供できる。あるいは、本発明によれば、送受信部のチャンネルリダクションを行う場合において、超音波画像の画質を維持又は向上できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

50

【0031】

まず図10を用いて、本実施形態に係る超音波診断装置の基本構成を説明する。超音波診断装置は、プローブ（プローブユニット）240と、装置本体242と、で構成される。プローブ240は、プローブヘッド244、プローブケーブル246、及び、ケーブルコネクタ247、を有する。装置本体242は、送受信制御部248、受信部250、信号処理モジュール252、画像形成部254、及び、表示器256を有する。ケーブルコネクタ247は、装置本体242のコネクタ（図示せず）に対して着脱自在に接続される。ケーブルコネクタ247内には、本実施形態において、電子回路249が内蔵されている。電子回路249は、後に図1及び図2を用いて詳述するように、サブ整相加算処理及び送信信号生成処理を実行する。受信部250は、メイン整相加算処理を実行する。プローブヘッド244により、超音波の送波及び受波がなされる。それにより得られた受信信号は、電子回路249、受信部250及び信号処理モジュール252を経由して、画像形成部254に入力される。この画像形成部254において、受信信号に基づいて超音波画像が形成される。その超音波画像は表示器256の画面上に表示される。超音波画像としては、二次元断層画像、二次元血流画像、三次元画像などが知られている。本実施形態では、生体内の三次元空間から取得されたボリュームデータをボリュームレンダリング処理することによって、三次元画像が形成される。三次元画像の形成方法としては、それ以外にも各種の方法が知られている。

10

【0032】

図1には、実施形態に係る超音波診断装置における送受信部の構成がブロック図として示されている。図示された超音波診断装置は、プローブユニット及び装置本体12によって構成され、プローブユニットは、プローブヘッド10、プローブケーブル14A及びケーブルコネクタ14Bによって構成される。

20

【0033】

本実施形態においては、後述する複数の送受信モジュール24（つまり、上記の電子回路249に相当）がケーブルコネクタ14B内に収容されている。但し、複数の送受信モジュール24をプローブヘッド10内に設けることも可能であり、あるいは、装置本体12内に設けることも可能である。

【0034】

プローブヘッド10は、例えば、体表面上に当接して用いられ、超音波を送受波する送受波器である。プローブヘッド10は、2Dアレイ振動子16を有している。この2Dアレイ振動子16によって超音波ビームが形成される。その超音波ビームは、二次元的に電子走査される。これによって三次元エコーデータ取込空間（三次元空間）が形成される。超音波ビームの電子走査方式としては、例えば、電子セクタ走査方式などをあげることができる。

30

【0035】

本実施形態において、アレイ振動子16は、多数（例えば、3000個あるいは4000個）の振動素子16aによって構成される。それらの振動素子16aは二次元配列されている（後に説明する図3参照）。スイッチング回路20は、マルチプレクサあるいはスイッチングマトリクスとして構成される。本実施形態において、スイッチング回路20は、2Dアレイ振動子16上に複数のサブアレイを設定する機能と、各サブアレイごとに複数のグループを設定する機能と、を有している。また、スイッチング回路20は、各サブアレイの形状（サブアレイ形状パターン）を変更する機能、及び、各グループの形状（グループ形状パターン）を変更する機能を有している。スイッチング回路20は、図1に示すように単一の回路によって構成されてもよいし、複数の回路によって構成されてもよい。

40

【0036】

図1においては、スイッチング回路20によって設定される複数のサブアレイSが概念的に示されている。2Dアレイ振動子16上において、複数のサブアレイSは、互いに密に連結されており、基本的に全ての振動素子16aを用いて複数のサブアレイSが構成さ

50

れる。上述したように、本実施形態においては、各サブアレイごとにサブアレイ形状パターンを変更することが可能であり、各サブアレイごとのパターン変動領域が図1において符号Rで概念的に示されている。サブアレイ形状パターン及びその変更方法に関しては後に詳述する。各サブアレイごとに複数のグループが設定される。サブアレイ形状パターンの変更に伴って、各グループ形状パターンも変更される。ただし、本実施形態においては各グループを構成する振動素子数は不変であって、一定数とされている。もちろん、各グループを構成する振動素子数を個別的に可変設定できるようにしてもよい。なお、各サブアレイごとに個別的にサブアレイ形状パターンを設定するようにしてもよい。

【0037】

本実施形態においては、各サブアレイが $5 \times 5 = 25$ 個の振動素子によって構成されている。その25個の振動素子が5個のグループにグルーピングされている。各グループは5個の振動素子で構成されている。すなわち、プローブヘッド10内で、1/5のチャンネルリダクション率の実現されている。

10

【0038】

スイッチング回路20は、2Dアレイ振動子16側に2Dアレイ振動子16を構成する振動素子数と同数の端子を有しており、且つ、装置本体12側にサブアレイ数と同数の端子列を有している。装置本体12側の各端子列は、図1に示す例において、5つの端子(1つのサブアレイ上に設定されるグループの個数と同じ個数の端子)からなるものである。詳しくは、スイッチング回路20は、素子信号線アレイとグループ信号線アレイとを選択的に接続する。ここで、グループ信号線アレイは、複数のグループ信号線セット22によって構成され、各グループ信号線セット22は、図1に示す例において、5つのグループ信号線で構成される。スイッチング回路20は、素子信号線アレイとグループ信号線アレイとの交点に設けられた複数のスイッチ(図示せず)を有する。各スイッチのオンオフ動作によって、各グループ信号線に対して接続される1又は複数の振動素子が選択される。スイッチング回路20は、ビーム走査方向(つまりビーム偏向方向)に応じて、各グループを構成する振動素子の個数を可変することが可能であり、また、ビーム走査方向に応じて、サブアレイ内に1又は複数の無効振動素子(いずれのグループ信号線に対しても接続されずに超音波の送波及び受波を行わない振動素子)を設定することも可能である。ちなみに、各サブアレイを例えば $4 \times 4 = 16$ 個の振動素子によって構成し、その16個の振動素子を例えば4つのグループにグルーピングすることも可能であり、また他の条件でサブアレイ及びグループを構成するようにしてもよい。

20

30

【0039】

以上の説明から理解されるように、スイッチング回路20は、各サブアレイごとに5つのグループ受信信号を出力する。各グループ受信信号は、1つのグループを構成する5つの振動素子から出力された5つの受信信号を加算した信号である。その加算は、本実施形態において、結線による単純加算方式によって実現されている。すなわち、5つの信号線の相互接続によって5つの受信信号が加算されている。但し、重み付け加算方式などを採用するようにしてもよい。その一方において、後に説明するように、ケーブルコネクタ14B内において、各サブアレイごとに5つの送信信号が生成されており、それらの5つの送信信号は、それらに対応するサブアレイを構成する5つのグループに対して供給される。すなわち、1つの送信信号が1つのグループを構成する5つの振動素子に対して並列的に供給される。つまり、スイッチング回路20内で、1つの送信信号が5つに分岐される。

40

【0040】

上述したように、符号22は、各サブアレイごとに設けられた信号線セットを示している。各信号線セット22は、5本の信号線(5本のグループ信号線)によって構成される。各信号線には上記の送信信号及び受信信号が伝送される。ちなみに、受信信号を電流信号として伝送し、送信信号を電圧信号として伝送するようにしてもよい。その場合に、送信信号は例えば100V程度の電圧信号としてもよいし、数V程度の低電圧信号としてもよい。なお、プローブケーブル14Aは、複数の信号線セット22を有する他に、コント

50

ロール信号などを伝送する1又は複数の制御線も有している。図1においては、プローブケーブル14A内に挿通される電力ラインなどについては図示省略されている。

【0041】

ケーブルコネクタ14Bは、例えば、箱状の形態を有し、その中には上述したように複数の送受信モジュール24が収容されている。各送受信モジュール24は、後に説明するように、送信部、及び、サブ整相加算回路26を有している。送信部は、5つの送信器を有し、それらによって各サブアレイごとに5つの送信信号が生成される。またサブ整相加算回路26は、入力される5つのグループ受信信号に対してサブ整相加算処理を実行する回路である。これによって、各サブアレイごとに、サブ整相加算信号27が生成される。

【0042】

装置本体12内には、本実施形態において、メイン整相加算回路30、及び、送受信制御部32が設けられている。メイン整相加算回路30は、複数のサブ整相加算信号27を入力してメイン整相加算処理を実行し、これによってメイン整相加算信号(受信ビーム信号)31を生成する。整相加算処理にあたっては、公知の受信ダイナミックフォーカス技術を適用することができる。各サブ整相加算回路26、及び、メイン整相加算回路30は、アナログ整相加算回路として構成され、あるいは、デジタル整相加算回路として構成される。

【0043】

送受信制御部32は、図1に示される各構成の動作制御を行っており、特に、複数のサブ整相加算回路26における整相加算条件の設定、及び、メイン整相加算回路30における整相加算条件の設定などを行っている。また、送受信制御部32は、プローブヘッド10内に設けられたスイッチング回路20に対してコントロール信号を出力しており、このコントロール信号によって、複数のサブアレイの設定、及び、複数のグループの設定が行われる。

【0044】

図2には、図1に示した送受信モジュール24の具体的な構成例が示されている。送受信モジュール24は、上述したように送信部36、サブ整相加算回路26、及び、複数の伝送回路34を有している。ここで、各伝送回路34は送信用パルサー及び受信用ヘッドアンプ回路として機能する。各伝送回路34は、送信時においては、送信信号を信号線に対して出力し、受信時においては、信号線から入力される受信信号をサブ整相加算回路26に伝送する。送信部36は、5つの送信器38によって構成される。各送信器38は、ある定められた遅延時間が付与された送信信号を出力する。

【0045】

上記のサブ整相加算回路26は、例えば遅延線(ディレーライン)を有するアナログ整相加算回路として構成することができ、また、デジタルビームフォーマーとしてのデジタル整相加算回路として構成することもできる。更に、CCDデバイスを利用した整相加算回路として構成することもできる。

【0046】

ちなみに、スイッチング回路20よりも装置本体側に存在する構成に関しては、多様な実施形態を採用することが可能である。図1に示す構成は一例である。

【0047】

次に、図3~図9を用いてスイッチング回路20の作用について説明する。

【0048】

図3には、2Dアレイ振動子16の一部が概念的に示されている。各セルは1つの振動素子に相当する。2Dアレイ振動子16上には、四角形のサブアレイ形状パターンをもって複数のサブアレイが設定されている。図3においては、特に、サブアレイS1~S9が示されている。それらのサブアレイS1~S9は、互いに隙間なく密に連結されている。図3において、サブアレイS5に関して、参考として、グループの設定方法の一例が示されている。図3に示す例では、X方向に5つのグループが設定されている。各グループは、Y方向に並んだ5つの振動素子によって構成されている。ここでA、B、C、D、E

10

20

30

40

50

は各振動素子が所属するグループの識別子を示している。このことは、以下に説明する各図においても同様である。

【0049】

図3に示すサブアレイ形状パターンは、最も一般的なものであり、すなわち正方形のサブアレイ形状パターンである。また、図3に示される各グループのグループ形状パターンも一般的なものであり、Y方向に伸張した直線的な形状が採用されている。このようなグルーピングパターン（サブアレイ内における複数のグループの配列）は、例えば、図3に示されるように、X方向に超音波ビームを走査する場合において採用される。

【0050】

図4には、サブアレイ形状パターンの他の例が示されている。各サブアレイS1～S9は、斜め方向に段階的に傾いた、全体として平行四辺形の形態を有している。例えば、サブアレイS5に着目すると、図示のとおりグルーピングがなされており、グループAは斜め方向に直線的に整列した5つの振動素子によって構成され、これは他のグループについても同様である。但し、Y方向の各ステージにおいて、段階的に、各グループのX方向位置が1ステップずつ平行にシフトしている。ちなみに、他のサブアレイについても、サブアレイS5と全く同一のグルーピングパターンが採用される。

【0051】

図4に示すようなサブアレイ形状パターン及びグループ形状パターンを採用することにより、例えば、X方向及びY方向の両者に対して45度傾いた方向に超音波ビームを走査する場合において、当該方向における各グループの厚みを振動素子1個分だけにするこ
20
うができる。つまり、ビーム走査方向において、見かけ上、振動部分の幅が大きくなってしま
うという問題を防止できる。これについて詳しく説明する。本実施形態では、各グループ
単位で同じ遅延時間が付与されている。つまり、各グループを構成する複数の振動素子
は送信時及び受信時において並列接続された関係にあり、それら全体で1つの振動部分
を構成する。そのような振動部分の幅がビーム走査方向に広がると、結果として、サイ
ドロップが発生しやすくなる。一方、図4に示したように、サブアレイ形状パターン及び
グループ形状パターンを適切に設定することにより、見掛け上、振動部分の幅が大きくな
ってしまうことを防止できる。つまり、上記の問題を解消あるいは軽減することが可能とな
る。

【0052】

図5には、各種のサブアレイ形状パターンが示されている。同時にグルーピングパター
ンも示されている。(a)に示すサブアレイ形状パターンは、図3に示したものと同一で
あり、超音波ビームをX方向に走査する場合に採用される。(b)に示すサブアレイ形状
パターンは(a)に示したサブアレイ形状パターンとその外形において同一であるが、そ
の内部におけるグルーピングパターンが異なっている。すなわち、Y方向に5つのグル
ープが並んでおり、各グループはX方向に並んだ5つの振動素子によって構成されてい
る。これは、超音波ビームをY方向に走査する場合に採用される。

【0053】

(c)に示すサブアレイ形状パターンは図4に示したものと同一である。(d)に示す
サブアレイ形状パターンは、上記の(b)に示したサブアレイ形状パターンをY方向の各
40
ステージごとにX方向に階段状に1ステップずつシフトさせたものである。このような
(d)に示すサブアレイ形状パターンは、(c)に示したサブアレイ形状パターンと同様に
、紙面に向かって右上がり(左下がり)方向に超音波ビームを走査する場合に好適なも
のである。

【0054】

(e)に示すサブアレイ形状パターンは、(c)に示したサブアレイ形状パターンとは
逆の斜め方向に変形した形態を有する。このようなサブアレイ形状パターンは、紙面に向
かって左上がり(右下がり)方向に超音波ビームを走査する場合に好適である。

【0055】

(f)に示すサブアレイ形状パターンは、(d)に示したサブアレイ形状パターンとは

10

20

30

40

50

逆の斜め方向に変形した形態を有する。このようなサブアレイ形状パターンは、(e)に示したサブアレイ形状パターンと同様に、紙面に向かって左上がり(右下がり)方向に超音波ビームを走査する場合に好適である。

【0056】

もちろん、図5に示した幾つかのサブアレイ形状パターン等は例示であり、これ以外にも各種のサブアレイ形状パターンを採用することができる。すなわち、送受信条件、特にビーム走査方向に応じて、できる限りサイドローブが生じないように、つまりビームプロファイルがより良好になるように、サブアレイ形状パターン及びグルーピングパターンを設定するのが望ましい。なお、スイッチング回路20の構成を簡略化すると共に、その制御を簡易にするために、サブアレイ形状パターンの個数を例えば4つ程度に制限するようにしてもよい。その場合においては、図5に示した(a)、(b)、(c)(又は(d))、及び、(e)(又は(f))といったサブアレイ形状パターンを採用することができる。

10

【0057】

図6には、あるサブアレイについての変動領域Rが太い線で示されている。この変動領域は、サブアレイの形状が変動した場合に当該サブアレイが取り得る領域の最大の外縁によって定義される。つまり、変動領域Rは、図5に示した(a)~(f)の各形状を重ねたものに相当する。ここにおいて、符号100は最も基本的な正方形のサブアレイ形状を示している。また、参考までに、図5の(c)に示したグルーピングパターンが示されている。

20

【0058】

図6に示す変動領域Rの形態から理解されるように、隣接する複数の変動領域Rは互いに部分的にオーバーラップしている。但し、各送受信時において、隣接するサブアレイは互いに密に連結し、それらの相互間においてオーバーラップは生じない。オーバーラップについて図7を用いて説明する。

【0059】

図7において、R1~R4は、上下左右に並ぶ4つのサブアレイについての4つの変動領域を表している。ちなみに、変動領域R1は実線によって表されており、変動領域R2は一点鎖線によって表されており、変動領域R3は二点鎖線によって表されており、変動領域R4は破線によって表されている。

30

【0060】

それぞれの変動領域が部分的にオーバーラップする振動素子a~lについて検討する。振動素子a, b, cは変動領域R1, R2, R3に属し、振動素子d, e, fは変動領域R1, R2, R4に属し、振動素子g, h, iは変動領域R2, R3, R4に属し、振動素子j, k, lは変動領域R1, R3, R4に属する。

【0061】

変動領域R1に着目した場合、その変動領域R1内には振動素子a~f, j~lが属しており(振動素子g~iは属しない)、また、変動領域R1には更にそれ固有の複数の振動素子が属している。そのような固有の振動素子は13個の振動素子からなるものであり、それらは、変動領域R1の中央部を中心としてひし形に密集する。

40

【0062】

図8には比較例が示されている。ここでは、サブアレイの形状が正方形であり、その形状が不変である。斜め方向に超音波ビームを走査する場合に、例えば図8に示すようなグルーピングパターンが設定される。この場合において、グループCに属する複数の振動素子はビーム走査方向に多重的に存在しており(つまり、当該方向において振動部分Cの厚みが増大している)、その結果、超音波ビームのプロファイルが崩れ、サイドローブが出やすくなる。その一方において、本実施形態によれば、図4に示したようなサブアレイ形状及びグルーピングパターンを設定することが可能であるために、図8に示したような場合に生ずる問題を解消あるいは軽減することが可能となる。

【0063】

50

図9には、サブアレイ形状についての他の実施形態が示されており、ここにおいては $4 \times 4 = 16$ 個の振動素子によって、1つのサブアレイが構成されている。図示されるように、各サブアレイを構成する16個の振動素子が4つのグループでグルーピングされている。なお、図9において、各グループを識別するために、各グループにはそれぞれ異なるハッチングが付されている。図9に示される数値は、超音波ビームの走査方向を示す角度（走査方位）を示している。

【0064】

図9に示されるように、超音波ビームの走査方向に応じて、各サブアレイ（同時にグルーピングパターン）を適応的に変化させることにより、いずれのビーム走査方向においてもビームプロファイルを良好にできる。図9に示す、いずれのサブアレイ形状パターンを採用する場合でも、複数のサブアレイは互いに密に連結することが可能である。例えば、走査方向が45度の場合には、図4に示したように、複数のサブアレイが隙間なく相互に密に連結する。このことは、他の走査角度においても同様である。

10

【0065】

ただし、2Dアレイ振動子の端部においては、実質的に機能しない1又は複数の振動素子が存在していてもよい。また、上記の実施形態においては複数のサブアレイ間において隙間が生じていないが、サブアレイ間に1又は複数の実質的に機能しない振動素子が存在していてもよい。

【0066】

上述したサブアレイ形状パターンの可変設定方法は、2Dアレイ振動子の他に、複数の振動素子が二次元的に配列される例えば1.5Dアレイ振動子などにも適用することも可能である。

20

【0067】

図11及び図12を用いて、サブアレイ形状パターン及びグルーピングパターンの変化について、他の幾つかのバリエーションについて説明する。図11においては、サブアレイは 4×4 個の振動素子によって構成されている。

【0068】

(A)には、ビーム走査方向が45度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。各グループは、ビーム走査方向（太い矢印）に対して直交した4つの振動素子で構成されている。各グループは同一の形状を有する。(B)には、ビーム走査方向が45度よりも小さい角度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(B)に示すサブアレイは、(A)に示したサブアレイと同じサブアレイ形状（外形）を有するが、複数のグループ間において、グループを構成する振動素子の個数は同一ではなく、また、非直線的なグループA, B, Cが含まれている。(C)には、ビーム走査方向が45度よりも大きい角度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(C)に示すサブアレイは、(A)に示したサブアレイと同じサブアレイ形状を有するが、複数のグループ間において、グループを構成する振動素子の個数は同一ではなく、また、非直線的なグループB, C, Dが含まれている。(D)には、ビーム走査方向が45度よりも小さい角度の場合における他のサブアレイ形状パターンが示されている。(D)に示すサブアレイは、(A)に示したサブアレイと異なる形状を有している。この(D)においては、複数のグループ間で、グループ形状は同一である。(E)には、ビーム走査方向がかなり小さい角度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(E)に示すサブアレイは、(D)に示したサブアレイと同じ形状を有するが、複数のグループ間において、グループを構成する振動素子の個数は非同一である。いずれのサブアレイ形状パターンが採用されても、複数のサブアレイを互いに密に連結することができる。

30

40

【0069】

以上のように、ビーム走査方向に応じて、サブアレイ形状パターン及びグループ形状パターンの両者を変化させることにより、良好な超音波ビームを形成できる。特に、各グループを構成する振動素子の個数をビーム走査方向に応じて可変すれば、サイドローブをより効果的に低減できる。

50

【 0 0 7 0 】

上記の実施形態においては、各サブアレイを構成する複数の振動素子の全部が有効振動素子（超音波の送波及び受波を行う振動素子）として機能していたが、ビーム走査方向が所定の角度となる場合に、各サブアレイ内に1又は複数の無効振動素子（超音波の送波及び受波を行わない振動素子）を設定するようにしてもよい。これに関して図12を用いて説明する。

【 0 0 7 1 】

図12においては、サブアレイが5×5個の振動素子によって構成されている。(A)には、ビーム走査方向が45度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている(図4、図5(b)及び図6に示したパターンと同一である)。各グループは、ビーム走査方向に直交する振動素子列によって構成され、各振動素子列は5つの振動素子によって構成される。(B)には、ビーム走査方向が30度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(C)には、ビーム走査方向が60度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(B)及び(C)に示したサブアレイは、(A)に示したサブアレイと同じ形状を有しているが、(B)及び(C)に示したサブアレイは複数の非直線的なグループを有している。(D)には、ビーム走査方向が25度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。ここでは、複数のグループ間で、グループを構成する振動素子の個数は同一であり、また、形状も同一である。一方、(E)には、ビーム走査方向が15度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(E)に示したサブアレイは、(D)に示したサブアレイと同じ形状を有しているが、両者間でグルーピングパターンは異なっている。(F)には、ビーム走査方向が20度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(F)に示したサブアレイは、(D)に示したサブアレイと同じ形状を有しているが、サブアレイ内に1つの無効振動素子102が含まれている。(G)には、ビーム走査方向が10度の場合におけるサブアレイ形状パターンが示されている。(G)に示したサブアレイは、(E)に示したサブアレイと同じ形状を有しているが、サブアレイ内に4つの無効振動素子102が含まれている。このように、無効振動素子の位置及び個数がビーム走査方向に応じて可変設定される。

【 0 0 7 2 】

図11及び図12に示したいずれのサブアレイ形状パターンを採用する場合でも、複数のサブアレイを互いに密に連結させることができる。

【 0 0 7 3 】

以上説明したように、本発明によれば、超音波ビームプロファイルを良好にすることができる。よって、形成される超音波画像の画質を向上できるという利点がある。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 4 】

【図1】本発明に係る超音波診断装置における送受信部の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す送受信モジュールの具体的な構成例を示すブロック図である。

【図3】サブアレイ形状パターンの一例を示す図である。

【図4】サブアレイ形状パターンの他の例を示す図である。

【図5】複数のサブアレイ形状パターンを対比して説明するための図である。

【図6】サブアレイごとに存在する変動領域を示す図である。

【図7】複数の変動領域間におけるオーバーラップを説明するための図である。

【図8】比較例を説明するための図である。

【図9】他の実施形態における多様なサブアレイ形状パターンを示す図である。

【図10】本発明に係る超音波診断装置の実施形態の全体構成を示すブロック図である。

【図11】各グループを構成する振動素子の個数が変化する実施形態を説明するための図である。

【図12】各グループを構成する振動素子の個数が変化する他の実施形態を説明するための図である。

【 符号の説明 】

10

20

30

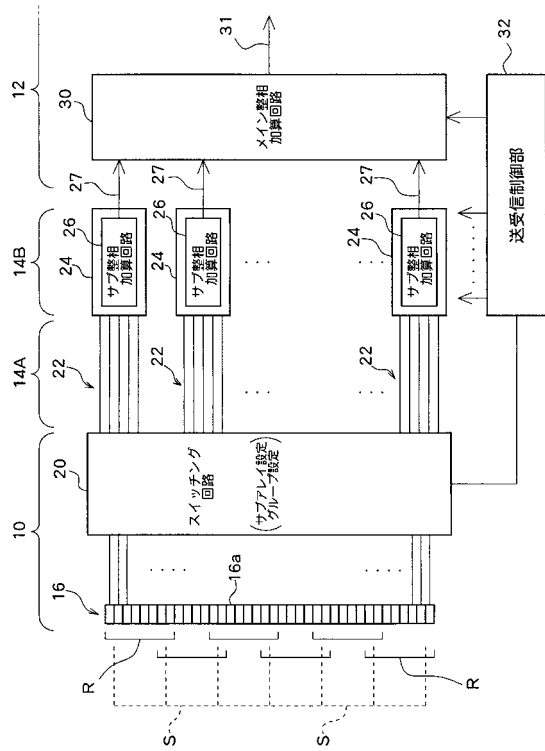
40

50

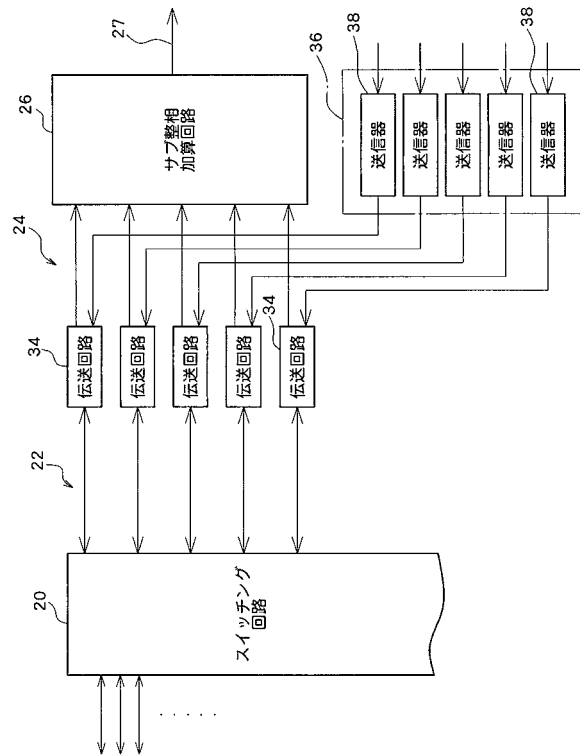
【 0 0 7 5 】

10 プロープヘッド、12 装置本体、16 2Dアレイ振動子、20 スイッチング回路、24 送受信モジュール、26 サブ整相加算回路、30 メイン整相加算回路、32 送受信制御部、S サブアレイ、R 変動範囲。

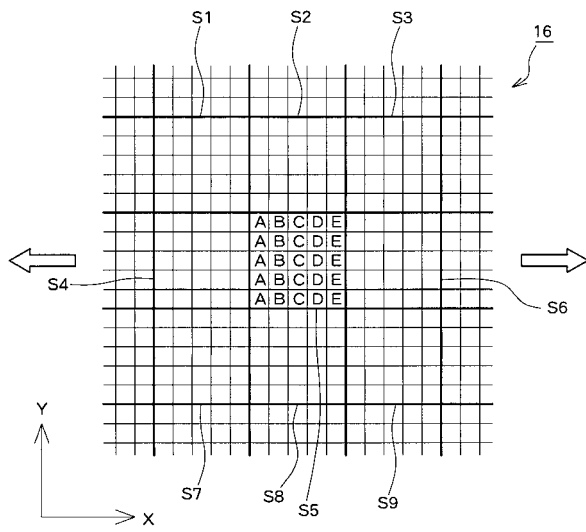
【 図 1 】



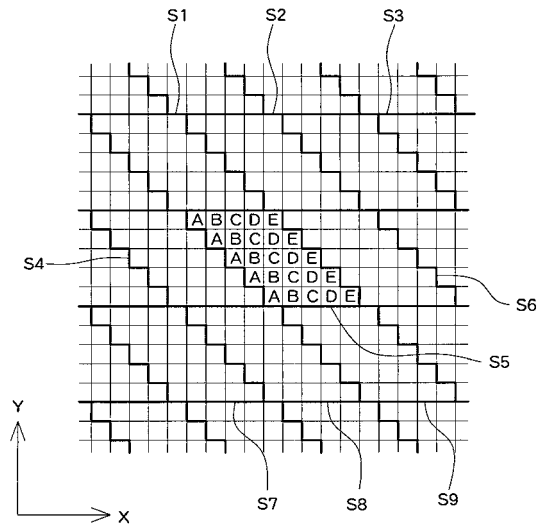
【 図 2 】



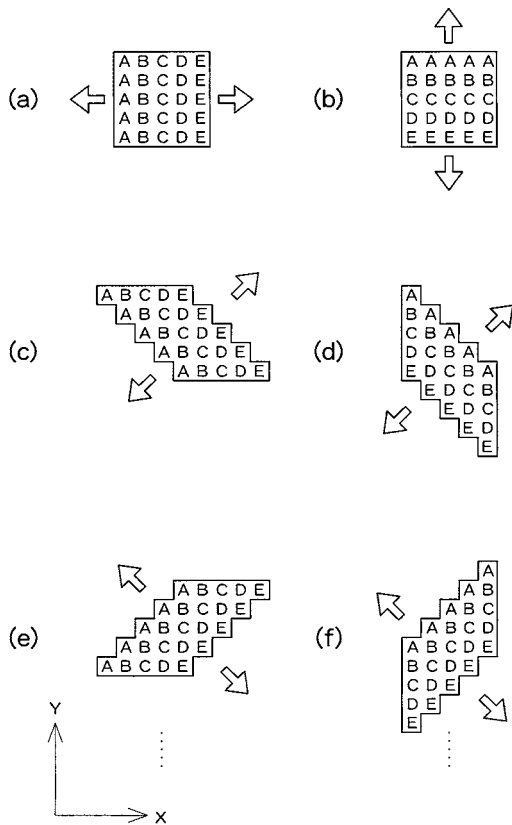
【 図 3 】



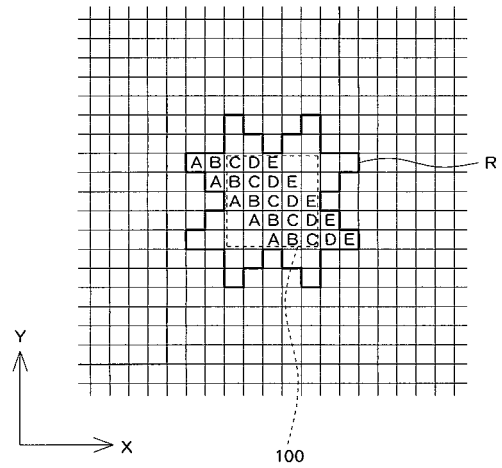
【 図 4 】



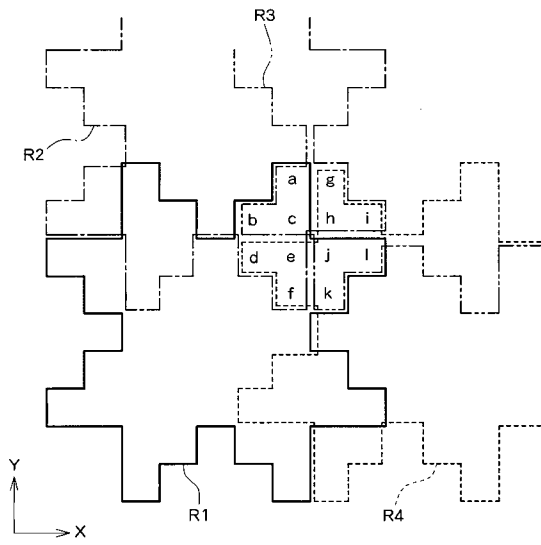
【 図 5 】



【 図 6 】

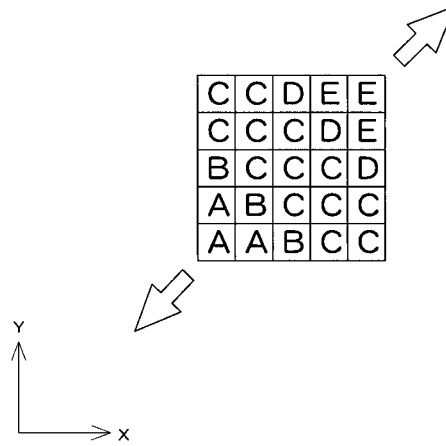


【図7】

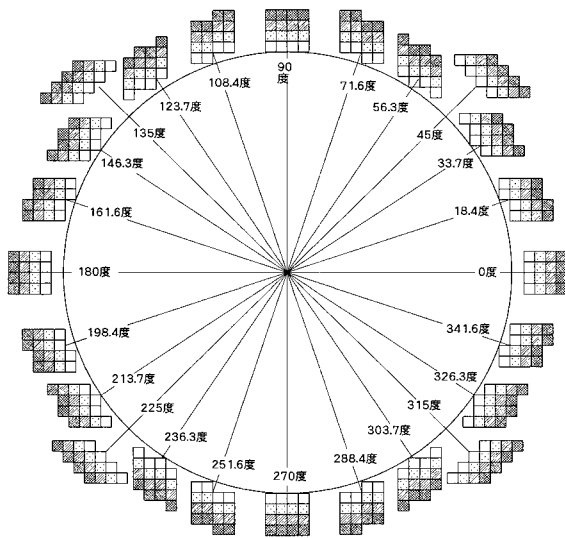


a, b, c : R1, R2, 及びR3に属する
 d, e, f : R1, R2, 及びR4に属する
 g, h, i : R2, R3, 及びR4に属する
 j, k, l : R1, R3, 及びR4に属する

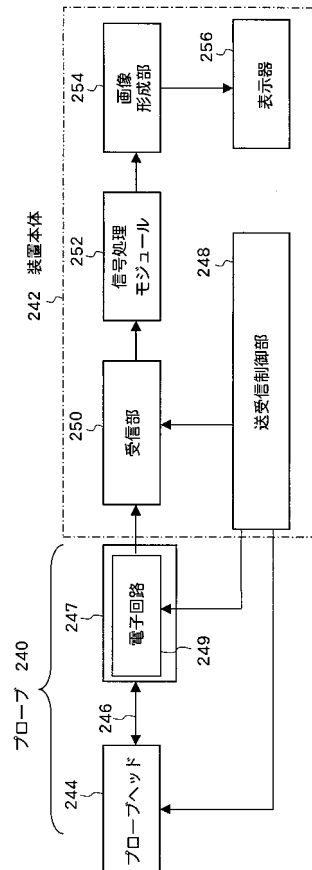
【図8】



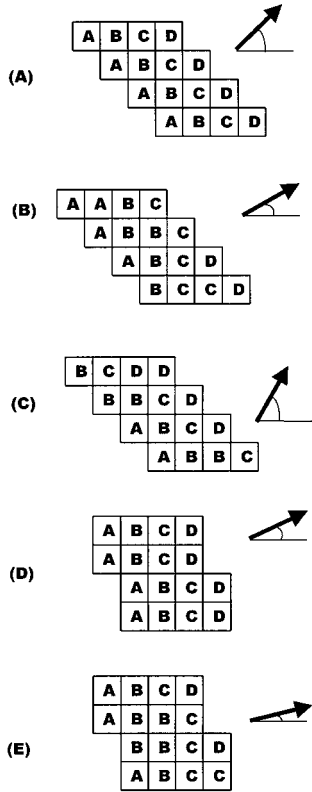
【図9】



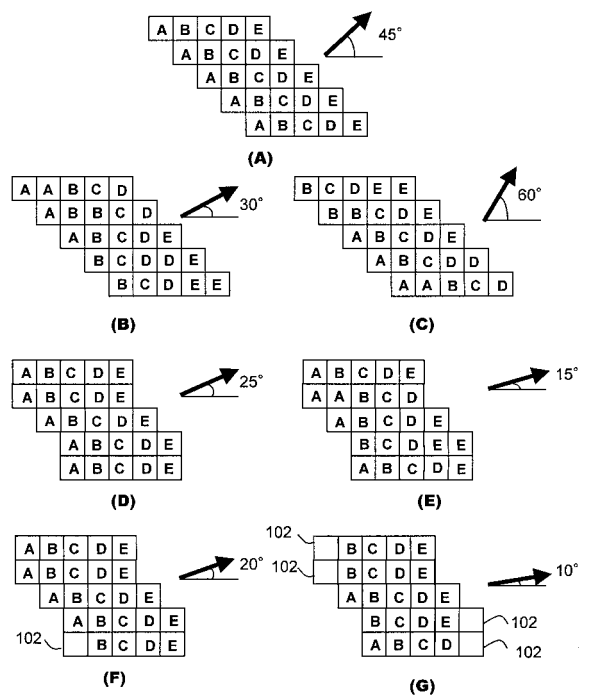
【図10】



【 1 1 】



【 1 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平3 - 181877 (J P , A)
特開平10 - 267904 (J P , A)
特開2000 - 254120 (J P , A)
特開2000 - 300553 (J P , A)
米国特許第5563346 (U S , A)
米国特許第6102863 (U S , A)
米国特許第6468216 (U S , B 1)
米国特許出願公開第2003 / 0018260 (U S , A 1)

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

