

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4030676号  
(P4030676)

(45) 発行日 平成20年1月9日(2008.1.9)

(24) 登録日 平成19年10月26日(2007.10.26)

(51) Int. Cl.	F I
<b>A 6 1 B 5/055 (2006.01)</b>	A 6 1 B 5/05 3 4 1
<b>G 0 1 R 33/385 (2006.01)</b>	G 0 1 N 24/06 5 1 0 Y

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平11-119017	(73) 特許権者	000121936
(22) 出願日	平成11年4月27日(1999.4.27)		ジーイー横河メディカルシステム株式会社
(65) 公開番号	特開2000-308625(P2000-308625A)		東京都日野市旭が丘4丁目7番地の127
(43) 公開日	平成12年11月7日(2000.11.7)	(74) 代理人	100085187
審査請求日	平成17年4月27日(2005.4.27)		弁理士 井島 藤治
		(74) 代理人	100090424
			弁理士 鮫島 信重
		(72) 発明者	三浦 信幸
			東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127
			ジーイー横河メディカルシステム株式会社内
		審査官	伊藤 幸仙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像対象を収容する空間に静磁場を形成する静磁場形成手段と、前記空間の中心に関する一方側および他方側で前記静磁場の方向と同方向および逆方向の勾配磁場を対称的に与えることにより前記空間に勾配磁場を形成する勾配磁場形成手段と、前記空間に高周波磁場を形成する高周波磁場形成手段と、前記空間から磁気共鳴信号を測定する測定手段と、前記測定手段が測定した前記磁気共鳴信号に基づいて画像を生成する画像生成手段と、を有する磁気共鳴撮像装置であって、

前記勾配磁場形成手段は、前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側を前記空間における前記撮像対象の配置に応じて切り換えることにより、前記空間の中心に関する一方側および他方側における前記撮像対象の端部のうち前記空間の中心からの距離が短い方の端部が存在する側を前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側とする、ことを特徴とする磁気共鳴撮像装置。

【請求項2】

請求項1に記載の磁気共鳴撮像装置において、

前記勾配磁場形成手段は、勾配磁場発生用の所定の波形の駆動信号を発生する信号発生回路と、前記信号発生回路からの駆動信号の極性を反転する極性反転回路と、前記信号発生回路からの駆動信号及び前記極性反転回路からの出力信号の2つの信号を入力していずれか1つの信号を選択する切換器とを具備したことを特徴とする磁気共鳴撮像装置。

【請求項3】

10

20

請求項2に記載の磁気共鳴撮像装置において、

前記信号発生回路、前記極性反転回路及び前記切換器を、スライス勾配磁場、リードアウト勾配磁場及びフェーズエンコード勾配磁場のそれぞれに対応させて3系統分具備したことを特徴とする磁気共鳴撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、勾配磁場形成方法および装置並びに磁気共鳴撮像装置に関し、特に、磁気共鳴撮像用の勾配磁場を形成する方法および装置、並びに、そのような勾配磁場形成装置を用いる磁気共鳴撮像装置に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

磁気共鳴撮像では、撮像空間に磁場勾配を形成し、ボクセル(voxel)の3次元的位置が磁気共鳴信号の周波数によって特定できるようにしている。磁場勾配を形成するには、例えば図6に磁場強度のプロファイル(profile)を示すように、有効撮像範囲内で一様な磁場強度 $B_0$ を持つ静磁場 $a$ を形成し、有効撮像範囲の中心 $0$ に関する一方側および他方側で互いに方向が逆になる対称的な勾配磁場 $b$ を与え、両者の合成により勾配のある合成磁場 $c$ を得るようにしている。静磁場 $a$ の形成には超伝導電磁石、常伝導電磁石、永久磁石等が用いられる。勾配磁場 $b$ の発生には適宜のループ(loop)形状の勾配コイル(coil)が用いられる。

20

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記のようにして勾配磁場を形成する場合、有効撮像範囲の両側では磁石が発生する静磁場 $a$ と勾配コイルが発生する勾配磁場 $b$ はいずれも強度が減少するので、有効撮像範囲外のうち図における左側の部分すなわち静磁場 $a$ と勾配磁場 $b$ とが同方向になる周辺領域 $d$ では、合成磁場 $c$ が有効撮像範囲内の磁場と同じ強度を持つようになる。

【0004】

このため、この領域 $d$ で発生した磁気共鳴信号は有効撮像範囲内で発生した磁気共鳴信号と共通の周波数を持つようになり、撮影した画像にアーチファクト(artifact)を生じるといった問題があった。

30

【0005】

本発明は上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、有効撮像範囲外の磁場によるアーチファクトを防止する勾配磁場形成方法および装置並びに磁気共鳴撮像装置を実現することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

(1)上記の課題を解決する第1の観点での発明は、撮像対象を収容する空間に静磁場を形成するとともに前記空間の中心に関する一方側および他方側で前記静磁場の方向と同方向および逆方向の勾配磁場を対称的に与えることにより前記空間に勾配磁場を形成するに当たり、前記空間の中心に関する一方側および他方側における前記撮像対象の端部のうち前記空間の中心からの距離が短い方の端部が存在する側を前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側とすることを特徴とする勾配磁場形成方法である。

40

【0007】

(2)上記の課題を解決する第2の観点での発明は、撮像対象を収容する空間に静磁場を形成する静磁場形成手段と、前記空間の中心に関する一方側および他方側で前記静磁場の方向と同方向および逆方向の勾配磁場を対称的に与えることにより前記空間に勾配磁場を形成する勾配磁場形成手段とを有する勾配磁場形成装置であって、前記勾配磁場形成手段は前記空間の中心に関する一方側および他方側における前記撮像対象の端部のうち前記空間の中心からの距離が短い方の端部が存在する側を前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側とすることを特徴とする勾配磁場形成装置である。

50

## 【0008】

(3) 上記の課題を解決する第3の観点での発明は、撮像対象を収容する空間に静磁場を形成する静磁場形成手段と、前記空間の中心に関する一方側および他方側で前記静磁場の方向と同方向および逆方向の勾配磁場を対称的に与えることにより前記空間に勾配磁場を形成する勾配磁場形成手段と、前記空間に高周波磁場を形成する高周波磁場形成手段と、前記空間から磁気共鳴信号を測定する測定手段と、前記測定手段が測定した前記磁気共鳴信号に基づいて画像を生成する画像生成手段とを有する磁気共鳴撮像装置であって、前記勾配磁場形成手段は前記空間の中心に関する一方側および他方側における前記撮像対象の端部のうち前記空間の中心からの距離が短い方の端部が存在する側を前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側とすることを特徴とする磁気共鳴撮像装置である。

10

## 【0009】

(4) 上記の課題を解決する第4の観点での発明は、前記勾配磁場形成手段は前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側を前記空間における前記撮像対象の配置に応じて切り換えることを特徴とする(3)に記載の磁気共鳴撮像装置である。

## 【0010】

(5) 上記の課題を解決する他の観点での発明は、前記勾配磁場形成手段は前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側を前記空間における前記撮像対象の配置に応じて切り換えることを特徴とする(1)に記載の勾配磁場形成方法である。

## 【0011】

(6) 上記の課題を解決する他の観点での発明は、前記勾配磁場形成手段は前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側を前記空間における前記撮像対象の配置に応じて切り換えることを特徴とする(2)に記載の勾配磁場形成装置である。

20

## 【0012】

(7) 上記の課題を解決する他の観点での発明は、撮像対象を収容する空間に静磁場を形成し、前記空間の中心に関する一方側および他方側で前記静磁場の方向と同方向および逆方向の勾配磁場を対称的に与えることにより前記空間に勾配磁場を形成し、前記空間に高周波磁場を形成し、前記空間から磁気共鳴信号を測定し、前記測定手段が測定した前記磁気共鳴信号に基づいて画像を生成する磁気共鳴撮像方法であって、前記勾配磁場の形成を、前記空間の中心に関する一方側および他方側における前記撮像対象の端部のうち前記空間の中心からの距離が短い方の端部が存在する側を前記静磁場と同方向の勾配磁場を与える側として行うことを特徴とする磁気共鳴撮像方法である。

30

## 【0013】

(作用)

本発明では、撮像空間の中心からの距離が短い方の撮像対象端部が存在する側を、静磁場と同方向の勾配磁場を与える側とすることにより、撮像空間の外側で撮像空間と磁場強度が同じになる部分に撮像対象が存在しないようにする。

## 【0014】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図1に磁気共鳴撮像装置のブロック(block)図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

40

## 【0015】

図1に示すように、本装置では、静磁場発生部2がその内部空間に静磁場を形成する。静磁場発生部2は、本発明の磁場形成手段の実施の形態の一例である。静磁場発生部2は、図示しない例えば1対の永久磁石等の磁気発生器を備えており、それらが間隔を保って上下に対向し、その対向空間に静磁場(垂直磁場)を形成している。なお、磁気発生器は永久磁石に限るものではなく、例えば超伝導電磁石や常伝導電磁石等の磁気発生器であって良い。

50

## 【0016】

静磁場発生部2の内部空間には勾配コイル(c o i l)部4, 4'および送信コイル部6, 6'が設けられ、同様にそれぞれ間隔を保って上下に対向している。送信コイル部6, 6'が対向する空間に、撮像対象8が、撮像テーブル10に搭載されて図示しない搬入手段により搬入される。撮像対象8の体軸は静磁場の方向と直交する。撮像テーブル10には、撮像対象8の撮像部位を囲んで受信コイル部120が取り付けられている。

## 【0017】

勾配コイル部4, 4'には勾配駆動部16が接続されている。勾配駆動部16は勾配コイル部4, 4'に駆動信号を与えて勾配磁場を発生させる。静磁場発生部2、勾配コイル部4, 4'および勾配駆動部16からなる部分は、本発明の勾配磁場形成装置の実施の形態の一例である。また、勾配コイル部4, 4'および勾配駆動部16からなる部分は、本発明における勾配磁場形成手段の実施の形態の一例である。

10

## 【0018】

発生する勾配磁場は、スライス(s l i c e)勾配磁場、リードアウト(r e a d o u t)勾配磁場およびフェーズエンコード(p h a s e e n c o d e)勾配磁場の3種である。これら3種の勾配磁場は、互いに垂直な3方向においてそれぞれ勾配を有する。勾配コイル部4, 4'はこれら3種類の勾配に対応して3系統設けられ、勾配駆動部16も3系統の駆動回路を有する。それら系統の駆動回路のうちの1系統例えばフェーズエンコード勾配系についてのブロック図を図2に示す。

## 【0019】

同図に示すように、勾配駆動部16は信号発生回路162を有する。信号発生回路162は、後述のパルスシーケンスに従って勾配磁場発生用の所定の波形の駆動信号を発生する。信号発生回路162の出力信号は2つに分岐され、一方は極性反転回路164で極性を反転し他方は極性を反転しないでそれぞれ切換器166に入力される。切換器166はこれら入力信号のいずれかを選択してパワーアンプ(power a m p l i f i e r)168に入力する。6パワーアンプ168は入力信号を電力増幅した駆動信号で勾配コイル部4, 4'に駆動する。他の2系統も同様な構成になっている。

20

## 【0020】

送信コイル部6, 6'には送信部18が接続されている。送信部18は送信コイル部6, 6'に駆動信号を与えてRF(r a d i o f r e q u e n c y)磁場を発生させ、それによって、撮像対象8の体内のスピン(s p i n)を励起する。送信コイル部6, 6'および送信部18からなる部分は、本発明における高周波磁場形成手段の実施の形態の一例である。

30

## 【0021】

受信コイル部120は、撮像対象8内の励起されたスピンの発生する磁気共鳴信号を受信する。受信コイル部120は受信部20の入力側に接続されている。受信部20は受信コイル部120から受信信号を入力する。受信部20の出力側はアナログ・デジタル(a n a l o g t o d i g i t a l)変換部22の入力側に接続されている。アナログ・デジタル変換部22は受信部20の出力信号をデジタル信号に変換する。

## 【0022】

アナログ・デジタル変換部22の出力側はコンピュータ(c o m p u t e r)24に接続されている。コンピュータ24はアナログ・デジタル変換部22からデジタル信号を入力し、図示しないメモリ(m e m o r y)に記憶する。受信コイル部120、受信部20、アナログ・デジタル変換部22およびコンピュータ24からなる部分は、本発明における測定手段の実施の形態の一例である。

40

## 【0023】

メモリ内にはデータ(d a t a)空間が形成される。データ空間は2次元フーリエ(F o u r i e r)空間を構成する。コンピュータ24は、これら2次元フーリエ空間のデータを2次元逆フーリエ変換して撮像対象8の画像を再構成する。コンピュータ24は、本発明における画像生成手段の実施の形態の一例である。

50

## 【0024】

コンピュータ24は制御部30に接続されている。制御部30は勾配駆動部16、送信部18、受信部20およびアナログ・デジタル変換部22に接続されている。制御部30は、コンピュータ24から与えられる指令に基づいて勾配駆動部16、送信部18、受信部20およびアナログ・デジタル変換部22をそれぞれ制御し、磁気共鳴撮像（スキャン：scan）を実行する。

## 【0025】

コンピュータ24には表示部32と操作部34が接続されている。表示部32は、コンピュータ24から出力される再構成画像および各種の情報を表示する。操作部34は、操作者によって操作され、各種の指令や情報等をコンピュータ24に入力する。

10

## 【0026】

本装置の動作を説明する。撮像対象8を撮像テーブル10に搭載して受信コイル部120を取り付け、静磁場発生部2の内部空間に搬入する。この搬入状態でフェーズエンコード勾配磁場を極性反転なしで印加したとき、撮像対象8と磁場プロファイルの関係が図3に示すようになる。すると、周辺領域dに撮像対象8の例えば腰部が存在するので、この部分に生じる磁気共鳴信号がアーチファクトの原因になる。

## 【0027】

そこで、このような場合は勾配駆動部16における切換器166を切り換えて勾配駆動信号の極性を反転する。切換器166の切り換えは撮像対象8の搬入状態に応じて制御部30によって制御される。あるいは、操作者が操作部34から指令を与えて切り換えるようにしても良い。

20

## 【0028】

これによりフェーズエンコード勾配磁場の印加時には勾配の傾向が上記とは逆転し、例えば図4に示すようになる。すなわち、同図に示すように周辺領域dの位置が図における右側に移る。この状態では周辺領域dは撮像対象8の頭部の先に位置する。このため、周辺領域dには撮像対象が存在せず、したがってアーチファクトの原因になる磁気共鳴信号が生じない。

## 【0029】

このような設定の後に撮像を開始する。撮像は制御部30による制御の下で遂行される。磁気共鳴撮像の具体例の1つとして、スピンエコー（spin echo）法による撮像を行う場合について説明する。スピンエコー法には、例えば図5に示すようなパルスシーケンス（pulse sequence）が利用される。

30

## 【0030】

図5は、1ビュー（view）分の磁気共鳴信号（スピンエコー信号）を収集するときのパルスシーケンスの模式図である。このようなパルスシーケンスが例えば256回繰り返されて、256ビューのスピンエコー信号が収集される。このパルスシーケンスの実行とスピンエコー信号の収集は制御部30によって制御される。なお、スピンエコー法に限らず、例えばグラディエントエコー（gradient echo）法等、他の適宜の技法で磁気共鳴撮像を行って良いのはいうまでもない。

## 【0031】

図5の（6）に示すように、パルスシーケンスは時間軸に沿って（a）～（d）の4つの期間に分けられる。まず、期間（a）において、（1）に示すように90°パルスP90によってRF励起が行われる。RF励起は送信部18によって駆動される送信コイル部6, 6'によって行われる。

40

## 【0032】

このとき、（2）に示すようにスライス勾配磁場Gsが印加される。スライス勾配磁場Gsの印加は、勾配駆動部16によって駆動される勾配コイル部4, 4'により行われる。これによって、撮像対象8の体内の所定のスライスのスピンの励起（選択励起）される。

## 【0033】

次に、期間（b）において、（3）に示すようにフェーズエンコード勾配磁場Gpが印加

50

される。フェーズエンコード勾配磁場  $G_p$  の印加も勾配駆動部 16 によって駆動される勾配コイル部 4, 4' により行われる。これによってスピンのフェーズエンコードが行われる。このときの磁場プロファイルは図 4 に示したようになる。

【0034】

フェーズエンコード期間中に、(2) に示すようにスライス勾配磁場  $G_s$  によってスピンのリフェーズ (rephase) が行われる。また、(4) に示すようにリードアウト勾配磁場  $G_r$  が印加され、スピンのディフェーズ (dephase) が行われる。リードアウト勾配磁場  $G_r$  の印加も勾配駆動部 16 によって駆動される勾配コイル部 4, 4' により行われる。

【0035】

次に、期間 (c) において、(1) に示すように  $180^\circ$  パルス  $P_{180}$  が印加され、これによってスピンの反転が行われる。スピンの反転は、送信部 18 で RF 駆動される送信コイル部 6, 6' によって行われる。

【0036】

次に、期間 (d) において、(4) に示すようにリードアウト勾配磁場  $G_r$  が印加される。これによって、(5) に示すように、スピンエコー信号 MR が撮像対象 8 から発生する。スピンエコー信号 MR は、受信コイル部 120 によって受信される。このとき、図 4 に示した周辺領域 d からスピンエコー信号が発生しないので、スピンエコー信号 MR はアーチファクト成分を含まないものとなる。

【0037】

受信信号は受信部 20 およびアナログ・デジタル変換部 22 を経てコンピュータ 24 に入力される。コンピュータ 24 は入力信号を測定データとしてメモリに記憶する。これによって、メモリに 1 ビュー分のスピンエコーデータが収集される。

【0038】

以上の動作が、所定の周期で例えば 256 回繰り返される。動作の繰り返しのたびにフェーズエンコード勾配磁場  $G_p$  が変更され、毎回異なるフェーズエンコードが行われる。このことを図 5 の (3) の波形に付した複数の破線で表す。コンピュータ 24 は、メモリに収集した全ビューのスピンエコーデータに基づいて画像再構成を行い画像を生成する。生成された画像はアーチファクトのない高品質のものとなる。

【0039】

以上、フェーズエンコード勾配磁場の極性切換を行う例について説明したが、静磁場発生部 2 の内部空間における撮像対象 8 の配置に応じて、スライス勾配磁場およびリードアウト勾配磁場の極性を切り換えるようにしても良いのはいうまでもない。

【0040】

また、磁場の方向が撮像対象の体軸に垂直になる垂直磁場方式の例で説明したが、本発明は磁場の方向が撮像対象の体軸に平行になるいわゆる水平磁場方式のものにも適用可能であり、同様の効果を奏することができる。

【0041】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、有効撮像範囲外の磁場によるアーチファクトを防止する勾配磁場形成方法および装置並びに磁気共鳴撮像装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図 2】図 1 に示した装置における勾配駆動部のブロック図である。

【図 3】図 1 に示した装置における磁場強度プロファイルと撮像対象の関係を示す模式図である。

【図 4】図 1 に示した装置における磁場強度プロファイルと撮像対象の関係を示す模式図である。

【図 5】図 1 に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図6】磁気共鳴撮像装置における磁場強度プロファイルを示す模式図である。

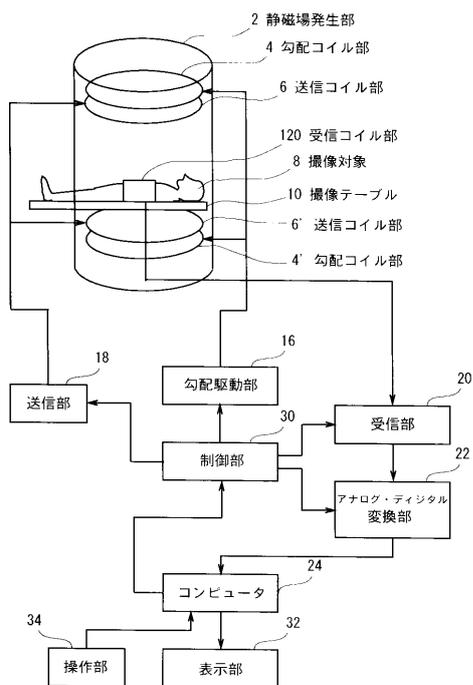
【符号の説明】

- 2 静磁場発生部
- 4, 4' 勾配コイル部
- 6, 6' 送信コイル部
- 8 撮像対象
- 10 撮像テーブル
- 16 勾配駆動部
- 18 送信部
- 20 受信部
- 22 アナログ・デジタル変換部
- 24 コンピュータ
- 30 制御部
- 32 表示部
- 34 操作部
- 120 受信コイル部
- 162 信号発生回路
- 164 極性反転回路
- 166 切換器
- 168 パワーアンプ
- a 静磁場強度プロファイル
- b 勾配磁場強度プロファイル
- c 合成磁場強度プロファイル

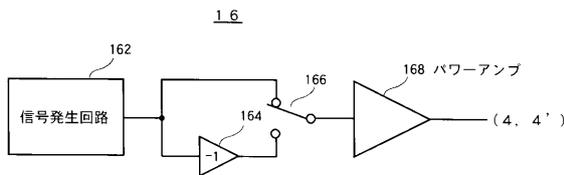
10

20

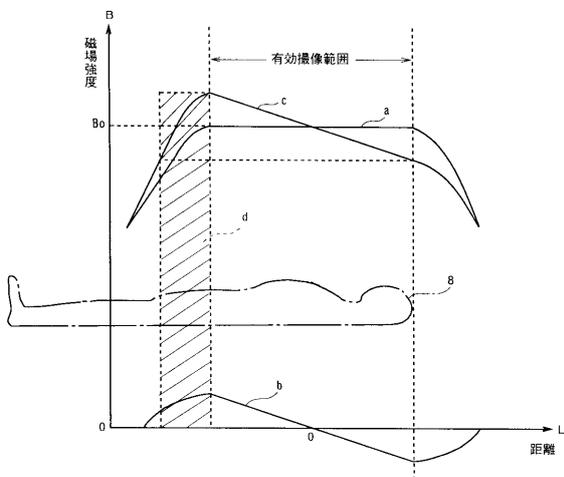
【図1】



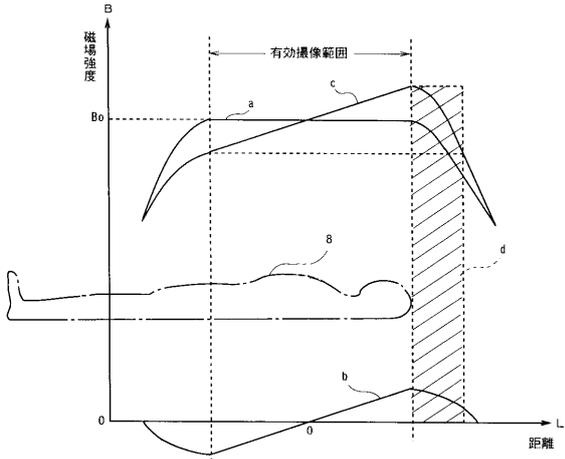
【図2】



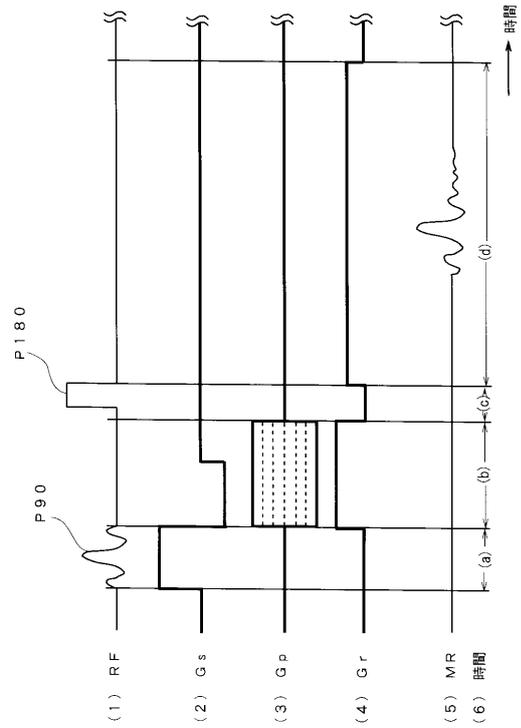
【図3】



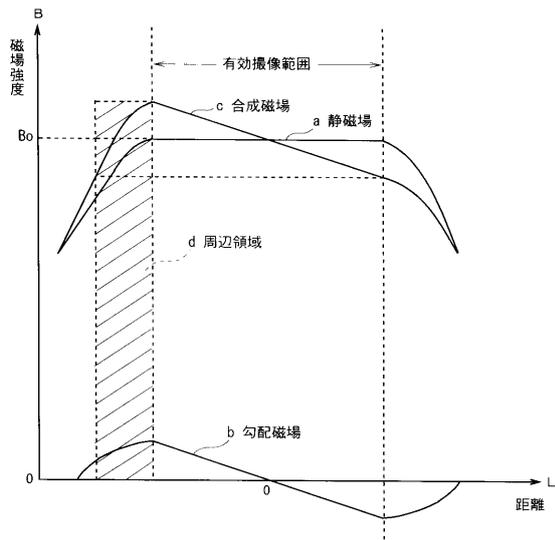
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 257007 (JP, A)  
特開平09 - 038065 (JP, A)  
特開平09 - 094241 (JP, A)  
特開平04 - 294504 (JP, A)  
特開平05 - 300895 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
A61B 5/055