

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-3026

(P2013-3026A)

(43) 公開日 平成25年1月7日(2013.1.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO1R 33/383 (2006.01)</b>	GO1N 24/06	51OP
<b>GO1R 33/385 (2006.01)</b>	GO1N 24/06	51OY
<b>GO1R 33/34 (2006.01)</b>	GO1N 24/04	52OA
<b>GO1R 33/42 (2006.01)</b>	GO1N 24/02	54OZ

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-135892 (P2011-135892)  
 (22) 出願日 平成23年6月20日 (2011.6.20)

(71) 出願人 593165487  
 学校法人金沢工業大学  
 石川県野々市市扇が丘7番1号  
 (74) 代理人 100095511  
 弁理士 有近 紳志郎  
 (72) 発明者 平間 淳司  
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号  
 学校法人金沢工業大  
 学内  
 (72) 発明者 八田 純一  
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号  
 学校法人金沢工業大  
 学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置

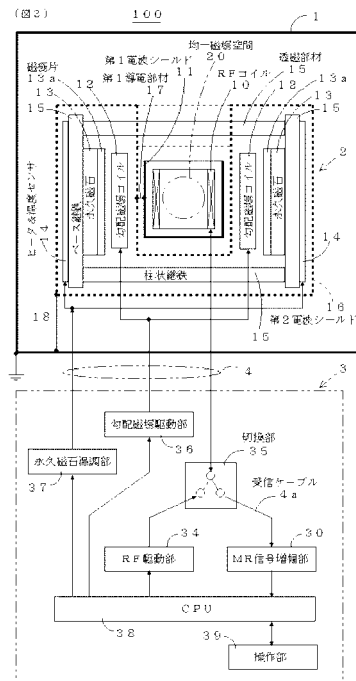
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 リンゴやミカンを検査可能で且つ設置・移動が容易な重量200kg以下の軽量永久磁石を用いた軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置を提供する。

【解決手段】 ソレノイド型のRFコイル(10)と、RFコイル(10)の内部に磁場強度43mT~65mTで直径5cm~10cmの球状の均一磁場空間を形成しうる一対の板状永久磁石(13)を具備する。RFコイル(10)は第1電波シールド(11)で囲み、一対の板状永久磁石(13)は第2電波シールド(11)で包み、これらを電磁シールド室(1)に収容する。RFコイル(10)で受信するMR信号の中心周波数 $f_0 \pm 100\text{kHz}$ の帯域で且つ増幅度80dB以上でMR信号を増幅するMR信号増幅部(30)を具備する。

【効果】 永久磁石の軽量化に伴う信号微弱化問題と外来ノイズ問題と回路発振問題とを解決できる。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

電磁シールド室(1)と、前記電磁シールド室(1)内に設置される測定ユニット(2)と、前記電磁シールド室(1)外に設置される制御ユニット(3)とを具備し、

前記測定ユニット(2)は、

コイル径が6cm~11cm、コイル長が8cm~21cmのソレノイド型のRFコイル(10)と、

前記RFコイル(10)の外周面および底面を囲む第1電波シールド(11)と、

前記第1電波シールド(11)を挟んで対向する一对の勾配磁場コイル(12)と、

前記一对の勾配磁場コイル(12)を挟んで対向し前記RFコイル(10)の内部に磁場強度43mT~65mTで直径5cm~10cmの球状の均一磁場空間を形成しうる一对の板状永久磁石(13)及びそれら一对の板状永久磁石(13)を温調するためのヒータ及び温度センサ(14)並びに前記一对の板状永久磁石(13)を結合する透磁部材(15)と、

前記一对の勾配磁場コイル(12)及び前記一对の板状永久磁石(13)及び前記ヒータ及び前記温度センサ(14)及び前記透磁部材(15)を包む第2電波シールド(16)と

を具備し、

前記電磁シールド室(2)と前記第1電波シールド(11)と前記第2電波シールド(16)とが同電位にされ、

前記制御ユニット(3)は、

前記RFコイル(10)で受信した被測定物からのMR信号の中心周波数 $f_0 \pm 100$ kHzの帯域で且つ増幅度80dB以上で前記MR信号を増幅する増幅部であって別個の導電性筐体(41, 42)にそれぞれ収容されそれぞれが増幅度60dB以下の少なくとも2以上の増幅回路(31, 32)からなるMR信号増幅部(30)と、

前記MR信号増幅部(30)の出力信号を分析するための分析部(38a)とを具備することを特徴とする軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置(100)。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置に関し、さらに詳しくは、例えば丸ごとのリンゴやミカンを検査可能で且つ設置・移動が容易な重量200kg以下の軽量永久磁石を用いた軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、例えば丸ごとのリンゴを検査可能で且つ重量500kg~2000kgの永久磁石を用いた磁気共鳴分析装置である果実検査装置が提案されている(例えば、特許文献1参照。)

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2010-249762号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

上記従来の果実検査装置では、例えば丸ごとのリンゴを検査可能な検査空間を有しているため、例えばリンゴを検査のために破壊しなくて済む利点があった。

しかし、重量500kg~2000kgの永久磁石を用いているため、設置・移動が容易でない問題点があった。

そこで、本発明の目的は、例えば丸ごとのリンゴやミカンを検査可能で且つ設置・移動

10

20

30

40

50

が容易な重量200kg以下の軽量永久磁石を用いた軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

第1の観点では、本発明は、電磁シールド室(1)と、前記電磁シールド室(1)内に設置される測定ユニット(2)と、前記電磁シールド室(1)外に設置される制御ユニット(3)とを具備し、前記測定ユニット(2)は、コイル径が6cm~11cm、コイル長が8cm~21cmのソレノイド型のRFコイル(10)と、前記RFコイル(10)の外周面および底面を囲む第1電波シールド(11)と、前記第1電波シールド(11)を挟んで対向する一对の勾配磁場コイル(12)と、前記一对の勾配磁場コイル(12)を挟んで対向し前記RFコイル(10)の内部に磁場強度43mT~65mTで直径5cm~10cmの球状の均一磁場空間を形成しうる一对の板状永久磁石(13)及びそれら一对の板状永久磁石(13)を温調するためのヒータ及び温度センサ(14)並びに前記一对の板状永久磁石(13)を結合する透磁部材(15)と、前記一对の勾配磁場コイル(12)及び前記一对の板状永久磁石(13)及び前記ヒータ及び前記温度センサ(14)及び前記透磁部材(15)を包む第2電波シールド(16)とを具備し、前記電磁シールド室(2)と前記第1電波シールド(11)と前記第2電波シールド(16)とが同電位にされ、前記制御ユニット(3)は、前記RFコイル(10)で受信した被測定物からのMR信号の中心周波数 $f_0 \pm 100\text{kHz}$ の帯域で且つ増幅度80dB以上で前記MR信号を増幅する増幅部であって別個の導電性筐体(41, 42)にそれぞれ収容されそれぞれが増幅度60dB以下の少なくとも2以上の増幅回路(31, 32)からなるMR信号増幅部(30)と、前記MR信号増幅部(30)の出力信号を分析するための分析部(38a)とを具備することを特徴とする軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置(100)を提供する。

10

20

【0006】

上記第1の観点による軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置(100)では、一对の板状永久磁石(13)により直径5cm~10cmの球状の均一磁場空間を形成するため、例えば丸ごとのリンゴやミカンを検査可能となる。また、均一磁場空間の磁場強度を43mT~65mTの超低磁場としたため、一对の板状永久磁石(13)の重量を200kg以下に軽量化することが可能となり、設置・移動が容易になる。

30

【0007】

均一磁場空間の磁場強度を43mT以上とした理由は、測定対象の核種を水のプロトンとした場合にMR信号の中心周波数 $f_0$ が1.7MHz以上となり、中波放送(531kHz~1602kHz)の強い電波による妨害を受けにくくなるためである。

均一磁場空間の磁場強度を65mT以下とした理由は、一对の板状永久磁石(13)の重量を200kg以下に軽量化するためである。

【0008】

ところが、43mT~65mTの超低磁場では、被測定物からのMR信号が極めて微弱になってしまう信号微弱化問題と、極めて微弱になったMR信号が外来ノイズに埋もれてしまう外来ノイズ問題の2つの問題が生じた。

40

そこで、信号微弱化問題に対しては、増幅部(30)の増幅度を80dB以上の超高増幅度とし、分析部(38a)で分析可能なレベルにまで増幅するようにした。

また、外来ノイズ問題に対しては、RFコイル(10)の外周面および底面を第1電波シールド(11)で囲み、一对の勾配磁場コイル(12)及び一对の板状永久磁石(13)及びヒータ及び温度センサ(14)及び透磁部材(15)を第2電波シールド(16)包み、これらを含む測定ユニット(2)を電磁シールド室(1)内に設置し、電磁シールド室(2)と第1電波シールド(11)と第2電波シールド(16)とを同電位にすることにより、外来ノイズの抑制に成功した。

【0009】

しかしながら、80dB以上の超高増幅度では、信号の回り込みにより増幅回路が発振

50

してしまう発振問題が生じた。

そこで、この発振問題に対して、被測定物からのMR信号の中心周波数  $f_0 \pm 100 \text{ kHz}$  の狭帯域で増幅するようにし (MR信号の中心周波数  $f_0$  は測定対象の核種によって決まる) 且つMR信号増幅部 (30) をそれぞれが増幅度  $60 \text{ dB}$  以下で且つ別個の導電性筐体 (41, 42) に収容した少なくとも2以上の増幅回路 (31, 32) から構成することにより、全体として  $80 \text{ dB}$  以上の超高増幅度でも発振を起こさせないことに成功した。なお、各増幅回路 (31, 32) の増幅度を  $60 \text{ dB}$  以下としたのは、増幅度  $60 \text{ dB}$  までの増幅回路なら発振させずに1つの導電性筐体に収容する技術が既にあるからである。

【発明の効果】

10

【0010】

本発明の軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置によれば、例えば丸ごとのリンゴやミカンを検査可能となる。また、永久磁石の重量を  $200 \text{ kg}$  以下に軽量化することが可能となり、設置・移動が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1に係る軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置を示す斜視図である。

【図2】実施例1に係る軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置を示すブロック図である。

【図3】測定ユニットにおけるRFコイルを示す斜視図である。

【図4】測定ユニットにおける第1電波シールドを示す斜視図である。

20

【図5】測定ユニットにおける勾配磁場コイルを示す斜視図である。

【図6】測定ユニットにおける永久磁石および透磁部材を示す斜視図である。

【図7】測定ユニットにおける第2電波シールドを示す斜視図である。

【図8】制御ユニットを示すブロック図である。

【図9】第1増幅回路を示す回路図である。

【図10】IR法における各種信号を示す信号波形図である。

【図11】砂糖水濃度と  $T_1$  緩和時間の関係を示すグラフである。

【図12】砂糖水濃度と  $T_2$  緩和時間の関係を示すグラフである。

【図13】SE法における各種信号を示す信号波形図である。

【図14】ミカンの断層像 ( $TR = 500 \text{ ms}$ ) を示すMR画像図である。

30

【図15】ミカンの断層像 ( $TR = 1000 \text{ ms}$ ) を示すMR画像図である。

【図16】ピーマンの断層像を示すMR画像図である。

【図17】トマトの断層像を示すMR画像図である。

【図18】骨付き鶏肉の断層像を示すMR画像図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図に示す実施の形態により本発明をさらに詳細に説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【実施例】

【0013】

40

- 実施例1 -

図1は、軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置100を示す斜視図である。

この軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置100は、電磁シールド室1と、電磁シールド室1内に設置される測定ユニット2と、電磁シールド室1外に設置される制御ユニット3と、電磁シールド室1の壁を貫通して測定ユニット2と制御ユニット3とを接続する制御ケーブル4とを具備してなる。

電磁シールド室1は、鉄網で囲まれた箱であり、接地されている。

【0014】

図2は、軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置100を示すブロック図である。

【0015】

50

図 3 に示すように、測定ユニット 2 の中心部には R F コイル 1 0 が設置されている。R F コイル 1 0 は、コイル径が 6 c m ~ 1 1 c m、コイル長が 8 c m ~ 2 1 c m、ターン数が 4 ~ 4 0 のソレノイド型コイルである。

【 0 0 1 6 】

図 4 に示すように、R F コイル 1 0 の外周面および底面を囲むように第 1 電波シールド 1 1 が設置されている。第 1 電波シールド 1 1 は、上面が開口した長方形の銅板製の箱である。

【 0 0 1 7 】

図 5 に示すように、第 1 電波シールド 1 1 を挟んで対向するように一对の勾配磁場コイル 1 2 が設置されている。

10

【 0 0 1 8 】

図 2 に戻り、一对の勾配磁場コイル 1 2 を挟んで対向するように一对の板状永久磁石 1 3 および磁極片 1 3 a が設置されている。一对の板状永久磁石 1 3 の背面には、磁路を構成するベース継鉄（透磁部材）1 5 が貼設されている。これらベース継鉄（透磁部材）1 5 は、磁路を構成する柱状継鉄（透磁部材）1 5 で結合されている。また、ベース継鉄（透磁部材）1 5 の背面には、板状永久磁石 1 3 を温調するためのヒータ及び温度センサ 1 4 が貼設されている。

図 6 は、板状永久磁石 1 3 ・磁極片 1 3 a ・ヒータ及び温度センサ 1 4 ・ベース継鉄（透磁部材）1 5 と柱状継鉄（透磁部材）1 5 の斜視図である。

一对の板状永久磁石 1 3 は、R F コイル 1 0 の内部に磁場強度 4 3 m T ~ 6 5 m T で直径 5 c m ~ 1 0 c m の球状の均一磁場空間 2 0（図 2 参照）を形成する。例えば均一磁場空間 2 0 の磁場強度が 5 2 m T の場合、一对の板状永久磁石 1 3 の重量は約 1 7 0 k g である。

20

【 0 0 1 9 】

図 7（および図 2）に示すように、勾配磁場コイル 1 2 ・板状永久磁石 1 3 ・磁極片 1 3 a ・ヒータ及び温度センサ 1 4 ・ベース継鉄（透磁部材）1 5 ・柱状継鉄（透磁部材）1 5 を包むように第 2 電波シールド 1 6 が設けられている。第 2 電波シールド 1 6 は、銅網製である。

第 1 電波シールド 1 1 と第 2 電波シールド 1 6 とは、第 1 導電部材 1 7 で接続され、同電位にされている。また、第 2 電波シールド 1 6 と電磁シールド室 1 とは、第 2 導電部材 1 8 で接続され、同電位にされている。

30

【 0 0 2 0 】

図 2 に戻り、制御ユニット 3 は、R F コイル 1 0 で受信した被測定物からの M R 信号の中心周波数  $f_o \pm 100 \text{ kHz}$  の狭帯域で且つ増幅度 8 0 d B 以上で M R 信号を増幅する M R 信号増幅部 3 0 と、R F コイル 1 0 を駆動して R F パルスを発生させる R F 駆動部 3 4 と、R F 駆動部 3 4 からの R F 駆動信号を R F コイル 1 0 へ伝える状態と R F コイル 1 0 からの M R 信号を M R 信号増幅部 3 0 へ伝える状態とを切り換える切換部 3 5 と、勾配磁場コイル 1 2 を駆動して勾配磁場を発生させる勾配磁場駆動部 3 6 と、板状永久磁石 1 3 の温調制御を行う永久磁石温調部 3 7 と、パルスシーケンスの駆動制御や M R 信号の分析を行う C P U 3 8 と、操作者とのインターフェースとなる操作部 3 9 とを具備している。

40

【 0 0 2 1 】

例えば均一磁場空間の磁場強度が 5 2 m T の場合、M R 信号の中心周波数  $f_o = 2.2 \text{ MHz}$  である。

【 0 0 2 2 】

図 8 に示すように、M R 信号増幅部 3 0 は、それぞれが増幅度 6 0 d B 以下の第 1 増幅回路 3 1 および第 2 増幅回路 3 2 に分割されている。これら第 1 増幅回路 3 1 および第 2 増幅回路 3 2 は、別個の第 1 導電性筐体 4 1 および第 2 導電性筐体 4 2 にそれぞれ収容され、同軸ケーブル 5 で接続されている。第 1 導電性筐体 4 1 および第 2 導電性筐体 4 2 は、例えばアルミ板の箱であり、それぞれ接地されている。

50

受信ケーブル 4 a は、切換部 3 5 からの M R 信号を第 1 増幅回路 3 1 に導入するケーブルである（図 2 参照）。

分析部 3 8 a は、C P U 3 8 により実行される信号処理プログラムである。

【 0 0 2 3 】

図 9 は、第 1 増幅回路 3 1 の回路例を示す回路図である。

第 1 増幅回路 3 1 は、2 つの F E T 増幅器 A M P - 1 , A M P 2 と、4 つのバンドパスフィルタ B P F - 1 ~ B P F 3 から構成されている。

【 0 0 2 4 】

図 1 0 は、公知の I R（反転回復）法のパルスシーケンスを用いて F I D 信号を受信したときの 1 8 0 ° パルスと、それから 3 0 0 m s 後の 9 0 ° パルスと、その直後に発生する M R 信号（F I D 信号）とを示す波形図である。

なお、勾配磁場を調整することにより、例えば丸ごとのリンゴやミカンの全体からでも、一部分からでも M R 信号を得ることが出来る。

【 0 0 2 5 】

図 1 1 は、砂糖濃度の異なる砂糖水の水のプロトンを測定核種として得られた M R 信号（F I D 信号）を分析して作成した砂糖水濃度と T 1 緩和時間の関係を示すグラフである。

砂糖濃度が高くなると、T 1 緩和時間が長くなることが判る。

【 0 0 2 6 】

図 1 2 は、砂糖濃度の異なる砂糖水の水のプロトンを測定核種として得られた M R 信号（F I D 信号）を分析して作成した砂糖水濃度と T 2 緩和時間の関係を示すグラフである。

砂糖濃度が高くなると、T 2 緩和時間が短くなることが判る。

【 0 0 2 7 】

図 1 3 は、公知の S E（スピンエコー）法のパルスシーケンスを用いて M R 信号（エコー信号）を受信したときの 9 0 ° パルスと、それから 2 0 0 m s 後の 1 8 0 ° パルスと、その 2 0 0 m s 後に発生する M R 信号（エコー信号）とを示す波形図である。

このエコー信号を分析することにより、M R 画像を作成することが出来る。

【 0 0 2 8 】

図 1 4 は、水のプロトンを測定核種としてミカンを撮像して得られた M R 画像である。

撮影条件を次に示す。

- ・パルスシーケンス：グラディエントエコー法
- ・繰り返し時間 T R : 5 0 0 m s
- ・エコー時間 T E : 5 m s
- ・加算平均回数 A v e : 2
- ・画像マトリックス数：6 4 × 6 4
- ・スライス数：6 4
- ・撮影時間：1 時間 9 分

【 0 0 2 9 】

図 1 5 は、水のプロトンを測定核種としてミカンを撮像して得られた M R 画像である。

図 1 4 の場合に比べると、撮影時間は長いですが、画質が向上している。T R を長くすることで、M R 信号（エコー信号）強度が大きくなり、R x ゲインを小さくでき、結果的に S / N 比を向上できる。

撮影条件を次に示す。

- ・パルスシーケンス：グラディエントエコー法
- ・繰り返し時間 T R : 1 0 0 0 m s
- ・エコー時間 T E : 5 m s
- ・加算平均回数 A v e : 2
- ・画像マトリックス数：6 4 × 6 4
- ・スライス数：6 4

10

20

30

40

50

・撮影時間：2時間16分

【0030】

図16は、水のプロトン測定核種としてピーマンを撮像して得られたMR画像である。

撮影条件を次に示す。

- ・パルスシーケンス：グラディエントエコー法
- ・繰り返し時間TR：500ms
- ・エコー時間TE：5ms
- ・加算平均回数Ave：2
- ・画像マトリックス数：64×64
- ・スライス数：64
- ・撮影時間：1時間9分

10

【0031】

図17は、水のプロトン測定核種としてトマトを撮像して得られたMR画像である。

撮影条件を次に示す。

- ・パルスシーケンス：グラディエントエコー法
- ・繰り返し時間TR：1000ms
- ・エコー時間TE：5ms
- ・加算平均回数Ave：2
- ・画像マトリックス数：64×64
- ・スライス数：64
- ・撮影時間：2時間16分

20

【0032】

図18は、水のプロトン測定核種として骨付き鶏のもも肉を撮像して得られたMR画像である。

撮影条件を次に示す。

- ・パルスシーケンス：グラディエントエコー法
- ・繰り返し時間TR：500ms
- ・エコー時間TE：5ms
- ・加算平均回数Ave：2
- ・画像マトリックス数：64×64
- ・スライス数：64
- ・撮影時間：1時間9分

30

【産業上の利用可能性】

【0033】

本発明の軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置は、例えば果実や魚の成熟度の検査に利用できる。

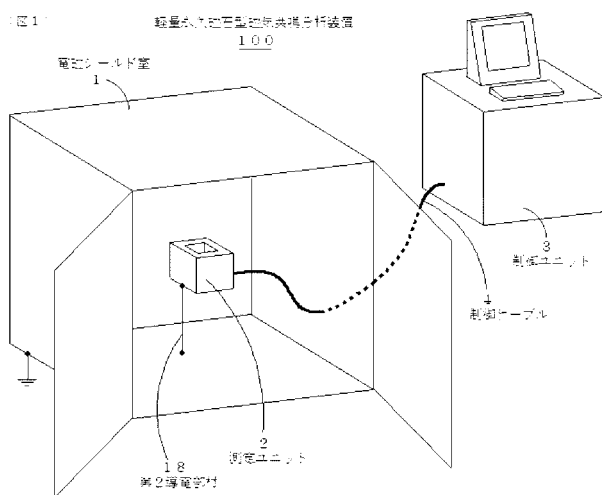
【符号の説明】

【0034】

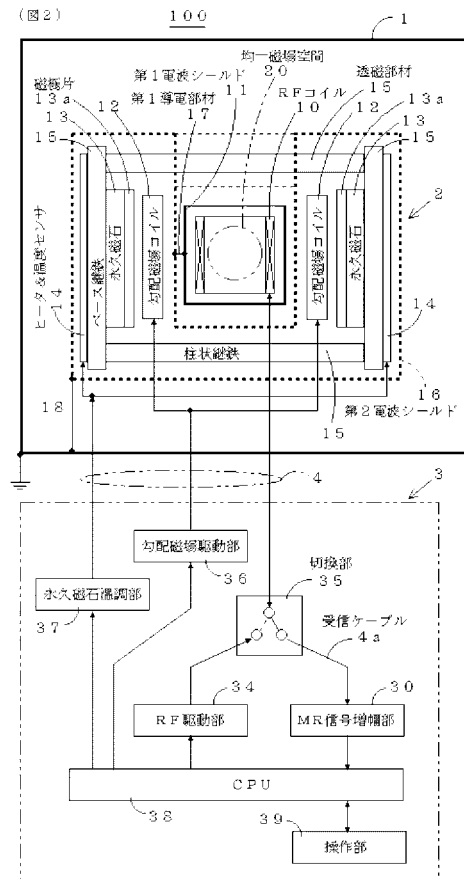
- |     |            |    |
|-----|------------|----|
| 1   | 電磁シールド室    | 40 |
| 2   | 測定ユニット     |    |
| 3   | 制御ユニット     |    |
| 4   | 制御ケーブル     |    |
| 4 a | 受信ケーブル     |    |
| 5   | 同軸ケーブル     |    |
| 10  | RFコイル      |    |
| 11  | 第1電波シールド   |    |
| 12  | 勾配磁場コイル    |    |
| 13  | 板状永久磁石     |    |
| 14  | ヒータ及び温度センサ | 50 |

- 1 5 透磁部材 (ベース継鉄・柱状継鉄)
- 1 6 第 2 電波シールド
- 3 0 M R 信号増幅部
- 3 1 第 1 増幅回路
- 3 2 第 2 増幅回路
- 3 8 C P U
- 3 8 a 分析部
- 4 1 , 4 2 導電性筐体
- 1 0 0 軽量永久磁石型磁気共鳴分析装置

【 図 1 】

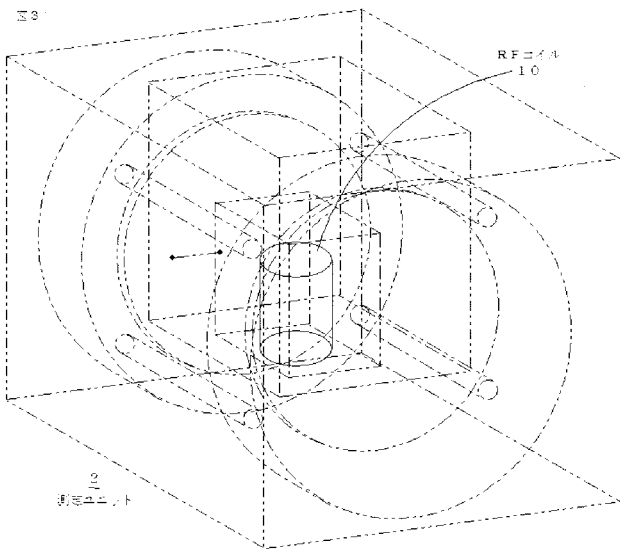


【 図 2 】

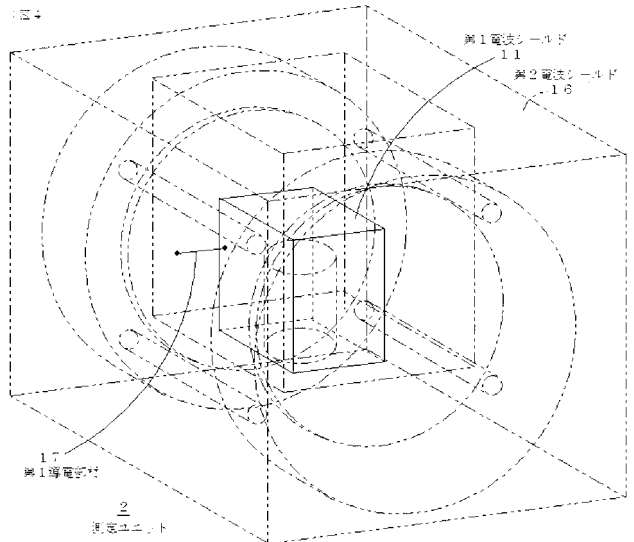




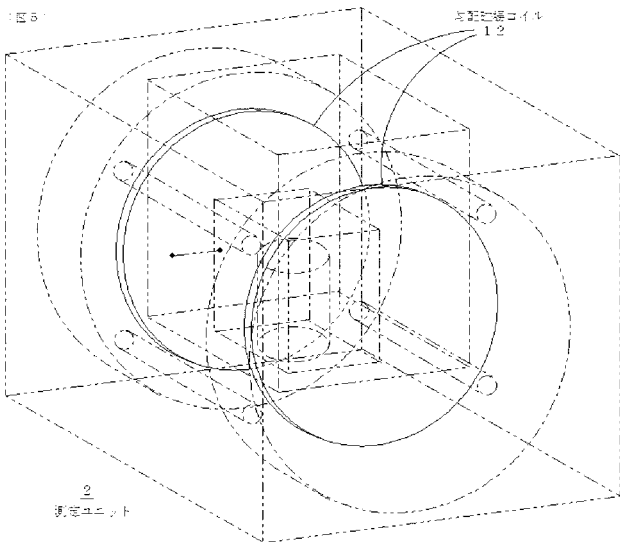
【図3】



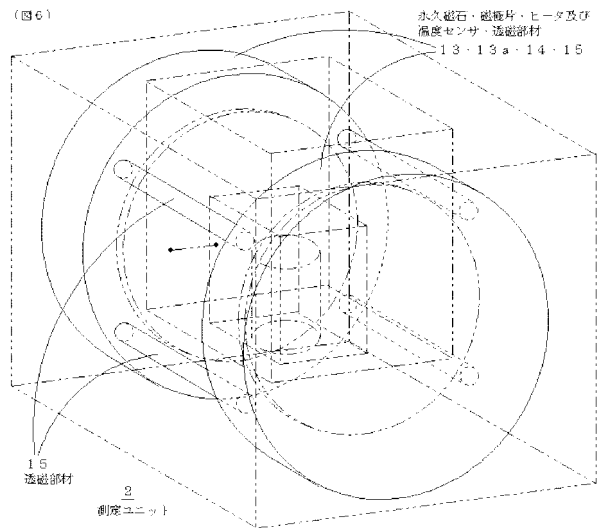
【図4】



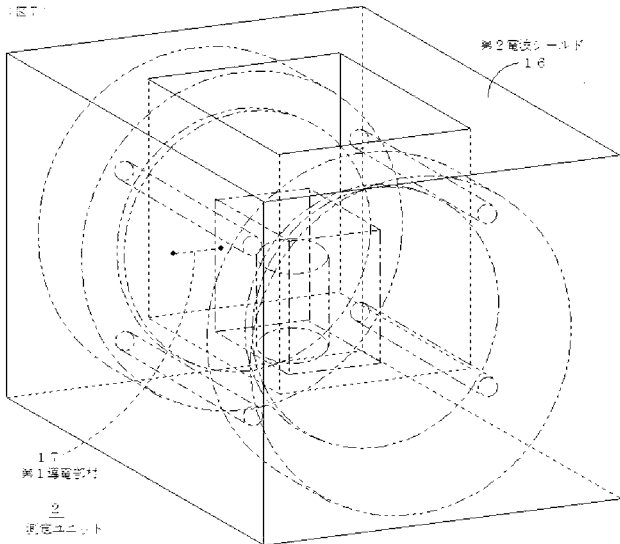
【図5】



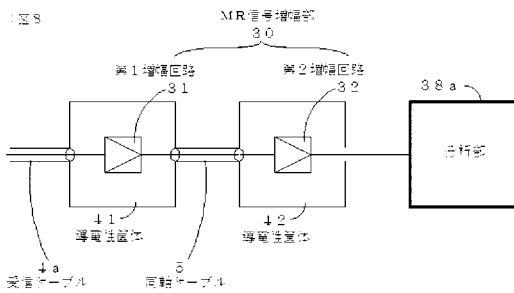
【図6】



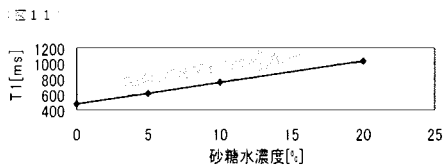
【図 7】



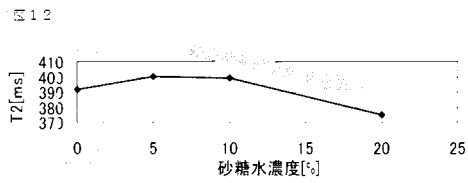
【図 8】



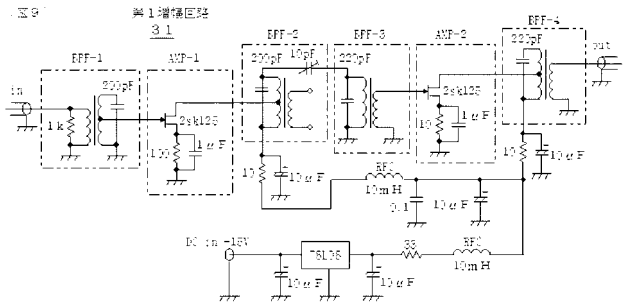
【図 11】



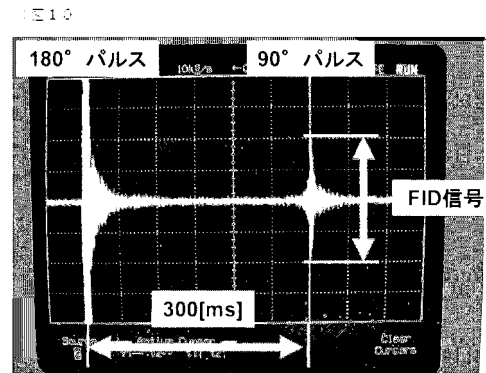
【図 12】



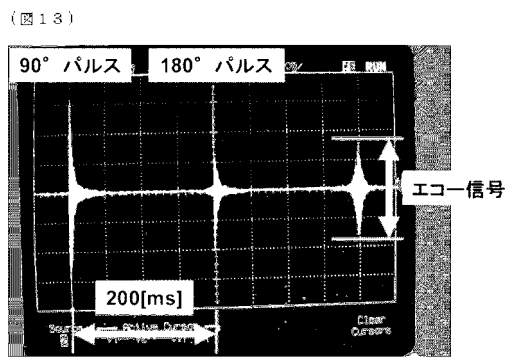
【図 9】



【図 10】

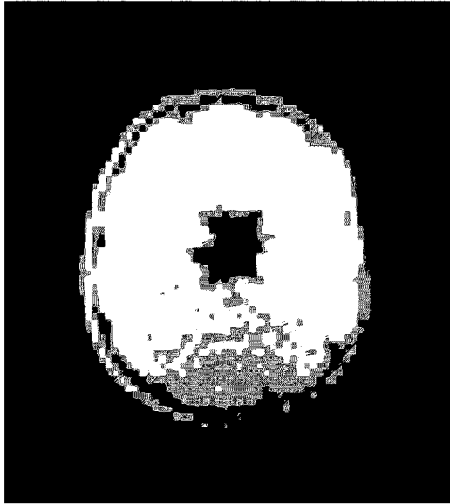


【図 13】



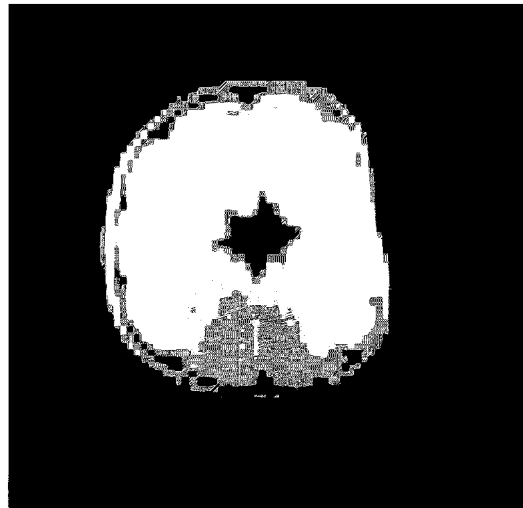
【 図 1 4 】

( 図 1 4 )



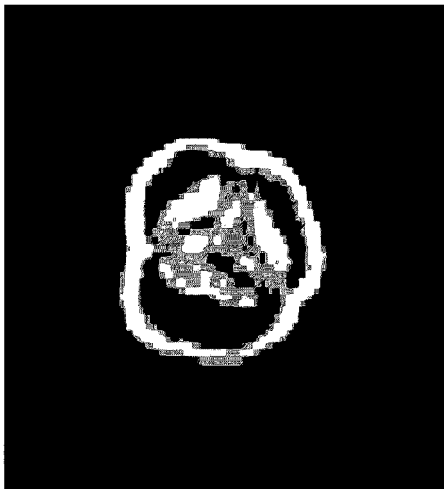
【 図 1 5 】

( 図 1 5 )



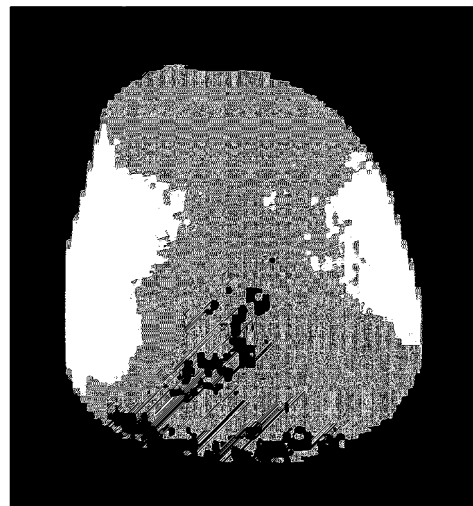
【 図 1 6 】

( 図 1 6 )



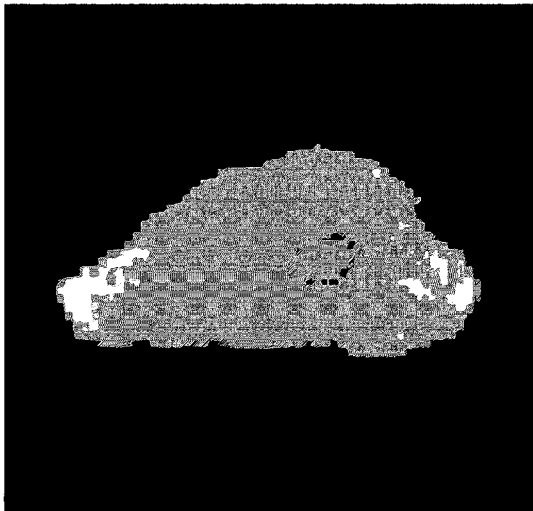
【 図 1 7 】

( 図 1 7 )



【 図 18 】

( 図 18 )



フロントページの続き

(72)発明者 上原 弦  
石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号

学校法人金沢工業大学内