

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
H01P 1/218  
H04B 1/10



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310123379.7

[43] 公开日 2004年10月20日

[11] 公开号 CN 1538552A

[22] 申请日 2003.12.16  
 [21] 申请号 200310123379.7  
 [30] 优先权  
 [32] 2003.4.16 [33] US [31] 10/417054  
 [71] 申请人 惠普开发有限公司  
 地址 美国德克萨斯州  
 [72] 发明人 M·沙马 M·K·巴塔查里亚  
 B·R·肖特

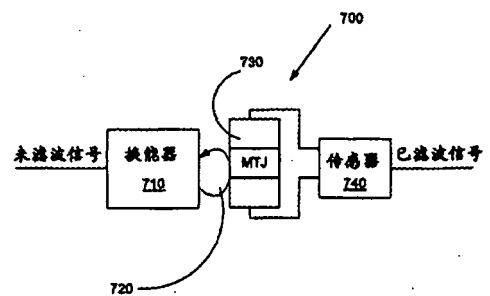
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
 代理人 杨 凯 王 勇

权利要求书2页 说明书9页 附图11页

[54] 发明名称 磁滤波器

[57] 摘要

本发明包括磁滤波器(700)。磁滤波器(700)包括用于对多个信息传递信号作出响应而产生磁场(720)的磁换能器(710)。磁滤波器(700)还包括磁隧道结(730)。磁隧道结(730)调谐成对磁场(720)的所选频率作出响应而转换状态。磁滤波器(700)还可以包括用于检测磁隧道结(730)状态的磁隧道结传感器(740)。



ISSN 1008-4274

1. 一种磁滤波器(700), 它包括  
磁换能器(710), 用于对多个信息传递信号作出响应而产生磁场  
5 (720);  
磁隧道结(730), 所述磁隧道结(730)调谐成对所述磁场(720)的  
所选频率作出响应而转换状态; 以及  
磁隧道结传感器(740), 用于用于磁隧道结(730)的状态。
2. 如权利要求1所述的磁滤波器, 其特征在于: 所述多个信息信  
10 号由驱动所述磁换能器(710)的多频率信号累加器(810)接收。
3. 如权利要求1所述的磁滤波器, 其特征在于: 所述多个信息信  
号由在所述信号通过传输介质之后接收所述多个信息信号的接收器  
(910)接收。
4. 如权利要求1所述的磁滤波器, 其特征在于: 可以调整所述磁  
15 隧道结(730)的调谐。
5. 如权利要求4所述的磁滤波器, 其特征在于: 可以通过适当选  
择磁隧道结(730)的材料来调整所述磁隧道结(730)的调谐。
6. 如权利要求4所述的磁滤波器, 其特征在于: 可以通过适当选  
择磁隧道结(730)的物理尺寸来调整所述磁隧道结(730)的调谐。
- 20 7. 如权利要求4所述的磁滤波器, 其特征在于: 可以通过对磁隧  
道结(730)加不同的磁场偏置来附加调整所述磁隧道结(730)的调谐。
8. 如权利要求1所述的磁滤波器, 其特征在于: 所述磁隧道结传  
感器(740)足够敏感、能以所述磁隧道结(730)改变状态的速率来检测  
所述磁隧道结(730)的状态。
- 25 9. 如权利要求1所述的磁滤波器, 其特征在于: 所述磁换能器(710)  
足够敏感、能以所述磁隧道结(730)改变状态的速率来产生磁场以检测  
所述磁隧道结(730)的状态。
10. 如权利要求1所述的磁滤波器, 其特征在于: 所述磁换能器

包括电感线圈。

## 磁滤波器

## 5 技术领域

本发明一般涉及对电信号进行滤波。更详细地说，本发明涉及对不同频率的多个信号进行滤波的装置、系统和方法。

## 背景技术

10 通信系统通常要传输多个载波信号，其中每个载波信号以不同的发送频率发送。各个传输信号通常由信息信号调制。每个传输信号可以单独被接收，且信息信号可以被检测。

图 1 示出多个传输信号的频谱。每个传输信号包括载波频率 FC1、FC2、FC3、FC4。分配给每个载波频率的频谱通常称为传输信道。  
15 分配给每个传输信道的频谱量通常决定了通过所述传输信道能传输的信息量。最好能尽可能多地利用所分配的频谱。

图 1 的频谱示出在载波频率 FC1、FC2、FC3、FC4 的传输信号 110、120、130、140。邻近每个传输信号 110、120、130、140 的频谱通常被调制在传输信号 110、120、130、140 上的信息所占用。一般来说，信息的调制速率越大（通常调制速率与信息量成正比），每个  
20 传输信号和关联的调制信息所占用的频谱量也越大。每个传输信号的调制速率不应过大，以免一个传输信号的调制信息干扰邻近的传输信号的调制信息。

图 2 示出多传输信号 210、220、230、240 的频谱，其中来自邻近传输信道的信息相互重叠。也就是说，应在一个传输信道中传输的信息却并非故意地在另一传输信道中传输。例如，第一传输信号 210 的调制信息与第二传输信号 220 的调制信息重叠，如 215 所示。第二传输信号 220 的调制信息与第三传输信号 230 的调制信息重叠，  
25

如 225 所示。第三传输信号 230 的调制信息与第四传输信号 240 的调制信息重叠，如 235 所示。

重叠可能是由于传输系统中的元件不理想而使传输信号失真所致。所述失真可以包括噪声、寄生信号和与邻近传输信号重叠的传输信号的谐波。

从一个传输信道到另一传输信道的信息信号信道频率重叠引入了传输误差。传输误差降低了传输系统的有效性。此外，传输误差也会降低通信的传输带宽。

因此需要一种方法和装置，它能提供对多频率信号的选择性滤波。还需要提供对通信信号的高频滤波、以降低通信信号的传输信号之间的频谱重叠量。

## 发明内容

本发明包括对多频率信号提供选择性滤波的装置和方法。所述装置和方法可以对通信信号进行滤波、以降低通信信号的传输信号之间的频谱重叠。

本发明的实施例包括磁滤波器。所述磁滤波器包括用于对多个信息传递信号做出响应而产生磁场的磁换能器。所述磁滤波器还包括磁隧道结。可以将所述磁隧道结调谐成对磁场的所选频率做出响应而转换状态。所述磁滤波器还可以包括磁隧道结传感器，用于检测磁隧道结的状态。

本发明的其它方面和优点从以下结合附图的详细说明中显而易见，附图用实例示明了本发明的原理。

## 附图说明

图 1 示出数个调制载波信号的频谱。

图 2 示出相邻信道之间有频谱重叠的数个调制载波信号的频谱。

图 3 示出磁隧道结传感器。

图 4 示出描绘当不同脉冲宽度的磁转换信号加到磁隧道结传感器上时磁隧道结传感器转换的波形。

图 5A 示出磁偶极子和所加的磁场。

图 5B 示出磁隧道结的感测层。

5 图 5C 示出磁隧道结的磁化矢量的进动。

图 6 示出描绘当不同脉冲宽度的磁转换信号加到磁隧道结传感器上时磁隧道结改变状态的概率的曲线。

图 7 示出根据本发明实施例的磁梳状滤波器。

图 8 示出根据本发明实施例的发送梳状滤波器。

10 图 9 示出根据本发明实施例的接收梳状滤波器。

图 10 示出根据本发明实施例的磁梳状滤波器的频率响应。

图 11 是包括根据本发明实施例的操作的流程图。

### 具体实施方式

15 如用于图解说明的附图所示，本发明体现在对通信信号进行高频滤波、以降低通信信号的传输信号之间的频谱重叠量的装置和方法中。

图 3 示出磁隧道结传感器 300 的实施例，所述磁隧道结传感器包括基准层 310、感测层 320 和绝缘层 330。

20 磁隧道结传感器 300 可用来检测磁场的存在。基于隧道效应磁-阻器件的磁隧道结传感器可以包括自旋相关隧道效应结。基准层 310 的磁化取向是固定的、因此在存在所关心范围的外加磁场时不会旋转。感测层 320 的磁化可以按照两个方向中的任一个方向取向。如果基准层 310 与感测层 320 的磁化在同一方向，则称自旋相关隧道效应结的取向是平行的。如果基准层 310 与感测层 320 的磁化在相反方向，则称自旋相关隧道效应结的取向是逆平行的。这两种稳定取向，平行和逆平行，可对应于逻辑值“0”和“1”。

感测层 320 的磁性取向通常与对应于感测层 320 附近最新的外

部磁场的方向一致。外部磁场必需具有足够的磁强度来改变感测层 320 的取向以便检测所述磁场。

磁隧道结传感器 300 两端的电阻大小随感测层 320 的磁性取向相对于基准层 310 的磁性取向的情况而变化。通常, 如果感测层 320 的磁性取向在基准层 310 的磁性取向的相反方向, 则磁隧道结传感器 300 两端的电阻就大。如果感测层 320 的磁性取向在基准层 310 的磁性取向的相同方向, 则磁隧道结传感器 300 两端的电阻就较小。所以, 磁隧道结传感器 300 两端的电阻可以用来检测磁场的方向, 因为磁场的方向决定了感测层 320 相对于基准层 310 的磁性取向, 故也决定了磁传感器 300 的电阻。

基准层 310 和感测层 320 可以用铁磁材料制成。基准层 310 可以用软磁基准层或磁性固定层实现。

如果磁隧道结传感器 300 的感测层 320 和基准层 310 的磁化在同一方向, 则磁隧道结传感器 300 的取向可以称为是“平行”的。如果磁隧道结传感器 300 的感测层 320 和基准层 310 的磁化在相反方向, 则磁隧道结传感器的取向可以称为是“逆平行”的。这两种取向, 平行和逆平行, 可对应于低电阻或高电阻的磁性传感器状态。

绝缘隧道势垒层 330 可使基准层 310 和感测层 320 之间发生量子力学隧道效应。所述隧道效应与电子自旋相关, 导致磁隧道结传感器的电阻随基准层 310 和感测层 320 的磁化方向的相对取向而变。可以通过确定基准层 310 和感测层 320 的磁化取向来检测磁场的存在。

如果磁隧道结传感器 300 的磁化取向是平行的, 则磁隧道结传感器 300 两端的电阻为第一数值 ( $R$ ); 如果磁隧道结传感器 300 的磁化取向是逆平行的, 则磁隧道结传感器 300 两端的电阻为第二数值 ( $R+\Delta$ )。但本发明不限于所述两层的磁化取向, 即不限于仅仅两层。

绝缘隧道势垒层 330 可由氧化铝、二氧化硅、氧化钽、氮化硅、

氮化铝或氧化锰制成。但其它电介质和某些半导体材料也可用作绝缘隧道势垒层 330。绝缘隧道势垒层 330 的厚度可从大约 0.5nm 到大约 3nm。但本发明不限于此范围。

感测层 320 可由铁磁材料制成。感测层 320 和基准层 310 两者都可以用合成铁磁体 (SF)、也称为人工反铁磁体来实现。

磁隧道结传感器 300 的感测层 320 通常被调整在与外加磁场的方向相对应的方向上。

图 4 示出在不同脉冲宽度的磁转换信号加到磁隧道结传感器上时磁隧道结传感器的转换波形。第一波形 410 表示加有脉冲宽度为 125ps 的磁场时磁隧道结传感器的状态。第二波形 420 表示加有脉冲宽度为 250ps 的磁场时磁隧道结传感器的状态。第三波形 430 表示加有脉冲宽度为 350ps 的磁场时磁隧道结传感器的状态。外加磁场的幅度对每个波形均为 200 奥斯特 (Oe)。

这些波形表明磁隧道结传感器对于特定的脉冲宽度对其它脉冲宽度更易转换状态。例如, 图 4 的波形显示了磁隧道结传感器在脉冲宽度 250ps 时的转换状态。

由于磁隧道结的转换特性 (通常称为进动转换), 磁隧道结对于特定脉冲宽度的脉冲将转换状态, 而对其它宽度的脉冲则不转换状态。通常脉冲宽度有许多可选范围, 这些范围导致磁隧道结进行转换。脉冲宽度可以等同于正弦波形的周期。含有相当于所选脉冲宽度 “on (通)” 周期的正弦波形可使磁隧道结改变状态。磁隧道结的这种时间/频率选择特性使磁隧道结能作为选择开关或滤波器使用。

磁隧道结这种选择性时间/频率转换特性可以用实验或计算方式确定。所以, 可以将磁隧道结调谐成选择性地通过含有特定频率的信号。

有许多应用可以利用本发明的选择性信号频率通带。此处提供的有关利用本发明的频率梳状滤波器的信号发射器和信号接收器的说明仅仅是本发明有效应用的一些实例。本发明也可用在需要高频

选择滤波的许多不同应用中。

### 进动转换

进动转换是一种可用来说明图 4 的转换曲线过渡区的现象。首先对加在单个磁偶极子上时的进动转换加以说明，然后对加在本发明的磁隧道结上的情况加以说明。

图 5A 示出单个磁偶极子的磁矩  $m$ 。如果将磁场  $H_{eff}$  加在磁偶极子上，磁偶极子在努力与外加磁场  $H_{eff}$  对准时就会围绕外加磁场  $H_{eff}$  的轴进动。所述进动以围绕外加磁场  $H_{eff}$  的轴的圆形旋转  $510$  来表示。

如图 5A 所示，外加磁场  $H_{eff}$  的轴与所示  $z$  轴构成角  $A$ ，而偶极子的磁矩与所示  $z$  轴构成角  $B$ 。

进动可以用以下运动方程来计算：

$(1/\gamma) (dm/dt) = m \times H_{eff}$ ，式中  $m$  为偶极子的磁矩， $\gamma$  为众所周知的旋磁比。 $\gamma$  的标准数值为  $1.76 \times 10^7 \text{Oe}^{-1} \text{s}^{-1}$ 。

本发明的磁隧道结的估算进动还包括阻尼和为仿制磁隧道结感测层所用的大量偶极子之间的交换相互作用。如果将这些因素包括在内，并将所作计算对磁隧道结的小铁磁体的全部偶极子累加，就可用运动的最终方程，通常称为 Landau-Lifshitz-Gilbert 方程，来确定磁隧道结的进动。所述运动方程可以表示为：

$(dM/dt) = -\gamma (M \times \delta w / \delta M) - (\alpha/M) (M \times (dM/dt))$ ；式中  $M$  为磁化矢量， $\gamma$  为旋磁比， $\alpha$  为阻尼比， $(\delta w / \delta M)$  为磁化  $H_{eff}$  的能量密度的总导数。

图 5B 示出磁隧道结的感测层和相应的  $x$  轴、 $y$  轴和  $z$  轴。

图 5C 示出用前述 Landau-Lifshitz-Gilbert 方程计算的感测层磁化  $M$ （也称为净磁矩）的进动实例。

如图 5C 所示，起初，磁隧道结的磁化矢量  $M$  沿  $x$  轴取向。一旦加上磁场  $H_{eff}$ ，磁化矢量  $M$  开始旋转并由于磁化矢量  $M$  努力与磁场

Heff 对准而按线 520 改变方向。磁化矢量  $M$  改变方向的速度取决于运动的阻尼因素以及磁隧道结的几何形状和材料。利用动态域的微磁模型（即时标小于  $1\text{ns}$ ），就可用 Landau-Lifshitz-Gilbert 方程模拟此运动。

- 5           对本发明而言，模拟进动是为了对引起磁隧道结的磁化矢量发生转换的磁脉冲的精确幅度和持续时间提供预测。所加磁脉冲的持续时间和幅度是可以改变的，以识别磁隧道结发生转换的具体频率。这种选择性的转换频率用来提供本发明的滤波器效果。

10           图 6 示出描绘当不同脉冲宽度的磁转换脉冲加到磁隧道结传感器上时磁隧道结将转换状态的概率的曲线。第一峰值 610 出现在脉冲宽度为  $150\text{ps}$  处。第二峰值 620 出现在脉冲宽度为  $290\text{ps}$  处。第三峰值 630 出现在脉冲宽度为  $430\text{ps}$  处。

所有这些脉冲都包括幅度  $200\text{Oe}$ 。对于不同的脉冲幅度，脉冲宽度可各不相同。

- 15           按照所述曲线，脉冲宽度  $150\text{ps}$ 、 $290\text{ps}$  和  $430\text{ps}$  更容易使磁隧道结改变状态。所述曲线可以用来确定磁隧道结所形成的梳状滤波器的通带频率。一般来说，以下信号能被通过，即：所述信号频率中含有的时间周期相当于能导致磁隧道结发生转换的脉冲的脉冲宽度。

- 20           例如，如果一个信号在  $150\text{ps}$  的持续时间中所包括的幅度大于  $200\text{Oe}$ ，这个信号就会使磁隧道结转换状态，且所述信号不被磁隧道结所滤除（即所述信号将通过磁隧道结）。

- 25           可以调谐本发明的磁梳状滤波器的通带。即，可以调谐梳状滤波器的通带。可以通过控制 MTJ 中的材料或控制磁隧道结的物理特性来进行所述调谐。实际的调谐频率可以模拟并由实验确定。

此外，也可以快速地调谐本发明的梳状滤波器的通带。即，将磁场加到与基准层和感测层的磁化方向正交的（或不同的）方向上。这种外加磁场改变着能使磁隧道结转换的所需脉冲宽度。所以，梳

状滤波器的通带频率也就相应地改变。可以模拟以正交方向外加磁场的效应并可用实验方式测定。

磁隧道结的通带频率可以或通过实验、或通过模拟、或通过二者的结合来确定。

5 图7示出按照本发明的磁梳状滤波器700。磁梳状滤波器700包括用来对多个信息传递信号作出响应而产生磁场720的磁换能器710。磁梳状滤波器700包括磁隧道结730。磁隧道结730可以调谐成对磁场720的所选频率作出响应而转换状态。磁梳状滤波器700还可以包括用于检测磁隧道结730状态的磁隧道结传感器740。

10 磁换能器710必需足够敏感、能在信息传递信号的频率下产生磁场。磁换能器710可以用例如电感线圈来实现，所述电感线圈感生正比于由所述电感线圈传导的电流的磁场。

磁隧道结730被调谐成含有与信息传递信号的载波频率一致的频率通带。

15 磁隧道结传感器740必需足够敏感、以便检测在所需滤波器通带频率时磁隧道结730的状态改变。

图8示出根据本发明实施例的发射器梳状滤波器800。发射器梳状滤波器800包括用于将多个载波信号源S1、S2、S3累加以便产生多个传输信号的加法器810。每个传输信号具有独特的载波频率并包括传输信息。磁换能器820对多个传输信号做出响应而产生磁场825。  
20 发射器梳状滤波器800包括磁隧道结830。磁隧道结830可以调谐成对磁场825的所选频率作出响应而转换状态。发射器梳状滤波器800包括用于检测磁隧道结830状态的磁隧道结传感器840。

图9示出根据本发明实施例的接收器梳状滤波器900。接收器梳状滤波器900包括用于接收多个传输信号的接收单元910。每个传输信号有独特的频率并包括传输信息。接收器可以包括用于转换已通过光介质的光信号的光换能器。接收器梳状滤波器900包括用于对多个传输信号做出响应而产生磁场925的磁换能器920。接收器梳状

滤波器 900 包括磁隧道结 930。磁隧道结 930 可以调谐成对磁场 925 的所选频率作出响应而转换状态。接收器梳状滤波器 900 包括用于检测磁隧道结状态的磁隧道结传感器 940。

图 10 示出根据本发明实施例的磁梳状滤波器的理想频率响应。所述频率响应可使特定的频率成分通过梳状滤波器，而滤除或衰减其它频率成分。更精确地说，所述频率响应包括频率通带 1010、1020、1030、1040。本发明提供对电磁信号的选择性滤波。如前所述，可以对由本发明提供的滤波通带进行调整。此外，通过对本发明的磁隧道结施加附加磁场可对通带进行实时主动调谐。通常，附加磁场的施加方向与需滤波的外加信号所产生的磁场正交。

如前所述，磁隧道结的选择性时间/频率转换特性可以用实验或计算的方式确定。所以磁隧道结可以调谐成选择性地通过含有特定频率的信号。

有许多应用可以利用本发明的选择性信号频率通带。此处提供的对可利用本发明的频率梳状滤波器的信号发射器和信号接收器的说明仅仅是本发明有效应用的一些实例。本发明也可用在需要高频选择滤波的许多不同应用中。

图 11 示出包括根据本发明实施例的操作的流程图。这些操作提供了对多个具有各自频率的传输信号进行滤波的方法。

第一操作 1110 包括累加多个信息传递信号。

第二操作 1120 包括对累加器接收的多个信息传递信号作出响应而产生磁场。

第三操作 1130 包括利用磁隧道结对多个信息传递信号进行滤波，所述磁隧道结调谐成对磁场的所选频率作出响应而转换状态。

第四操作 1140 包括检测磁隧道结的状态。

虽然对本发明的具体实施例作了图示和说明，但本发明不限于图示和说明的具体形式和部件安排。本发明仅受所附权利要求书的限制。

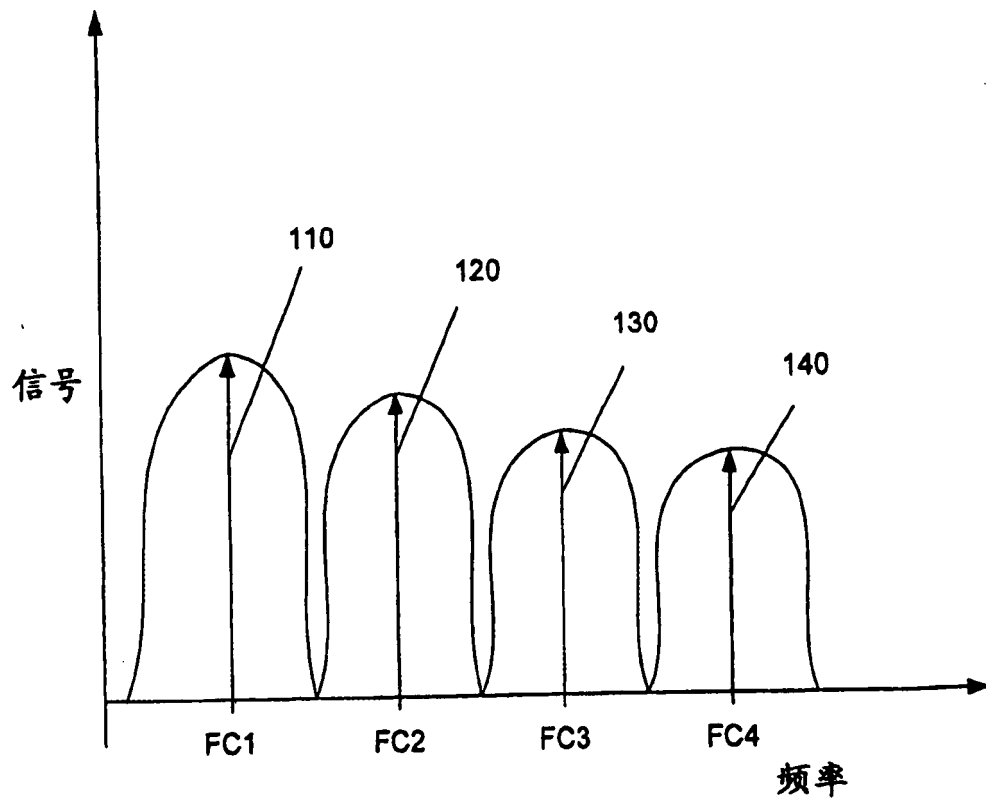


图 1(现有技术)

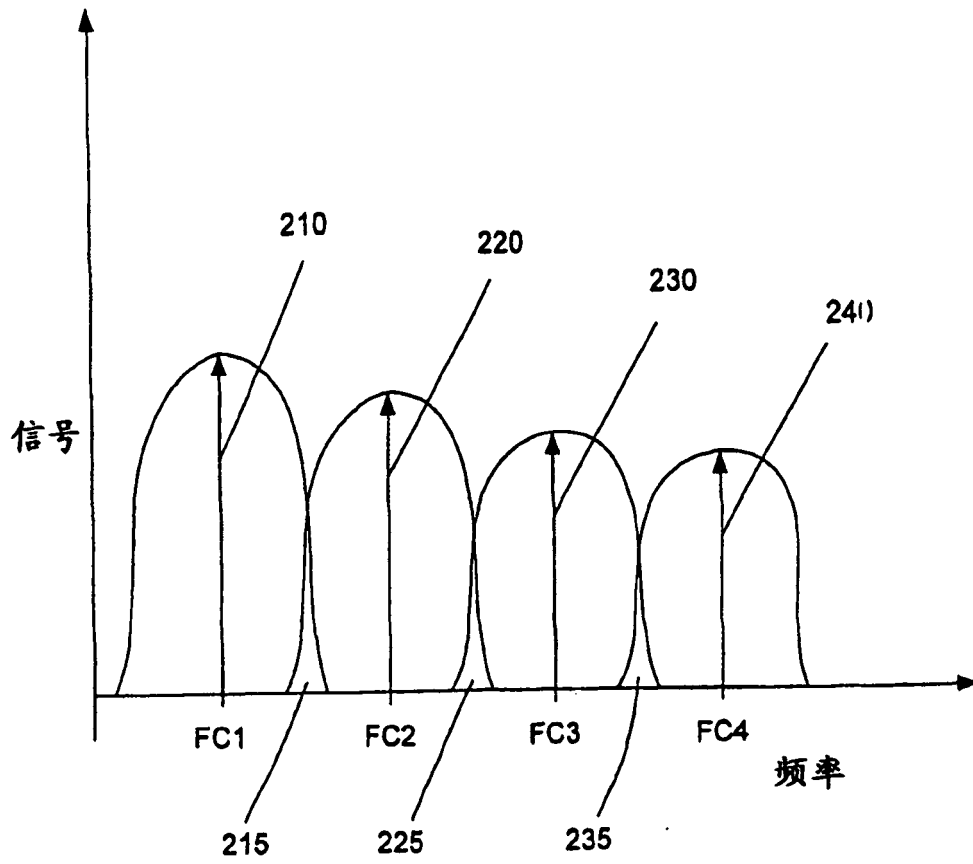


图 2 (现有技术)

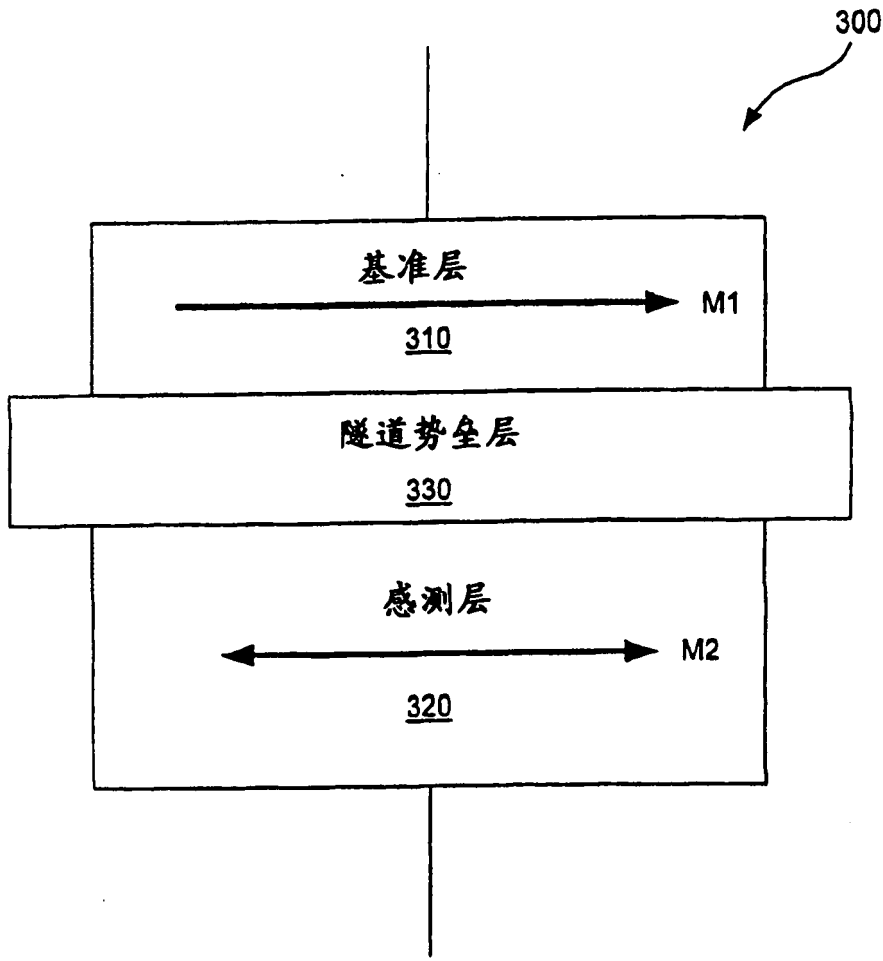


图 3

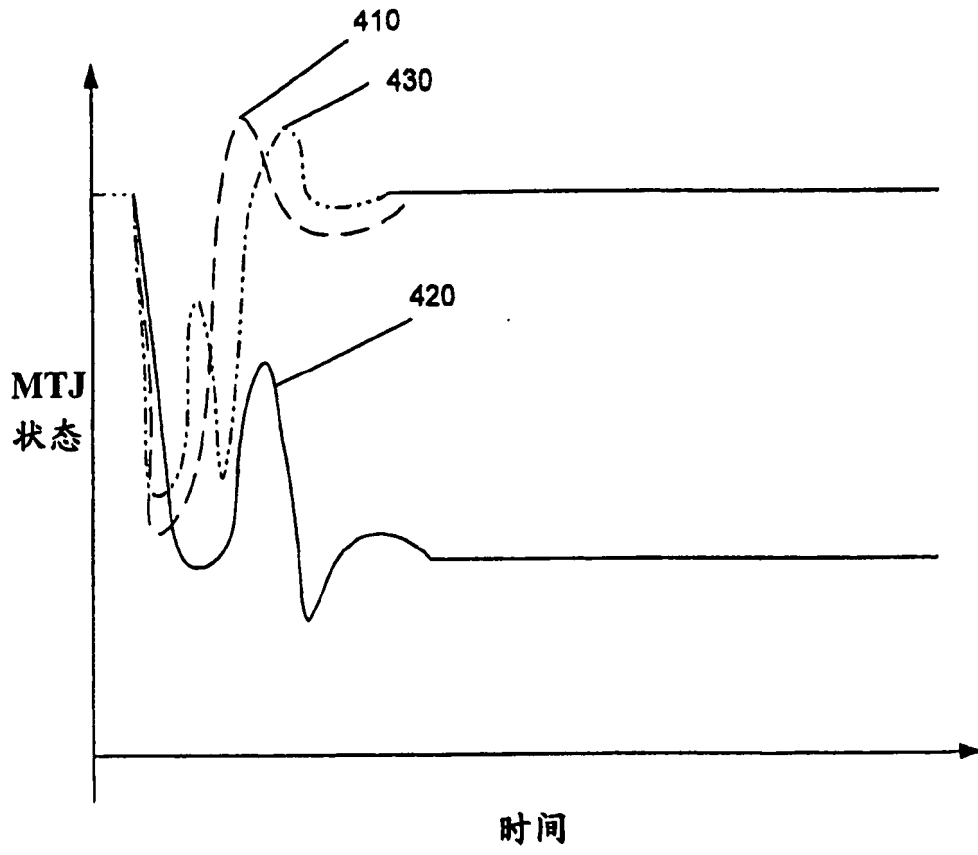


图 4

图 5A

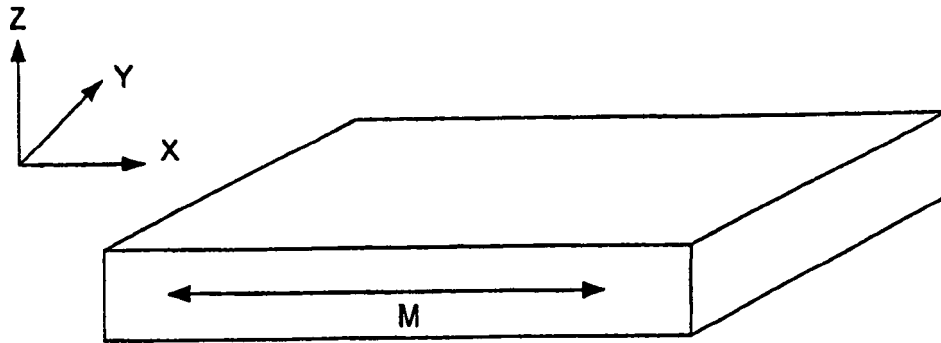
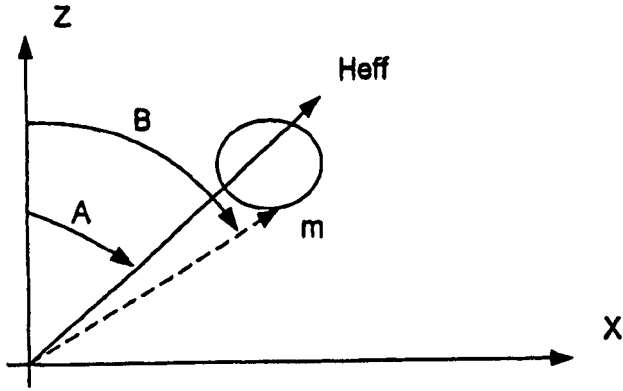


图 5B

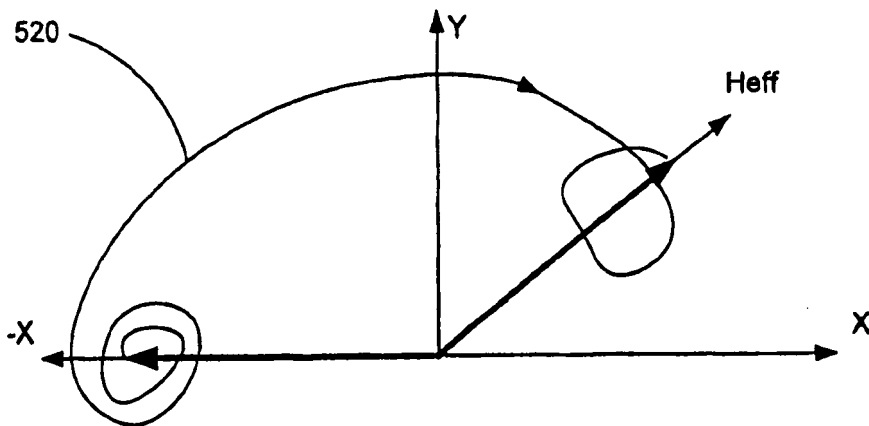


图 5C

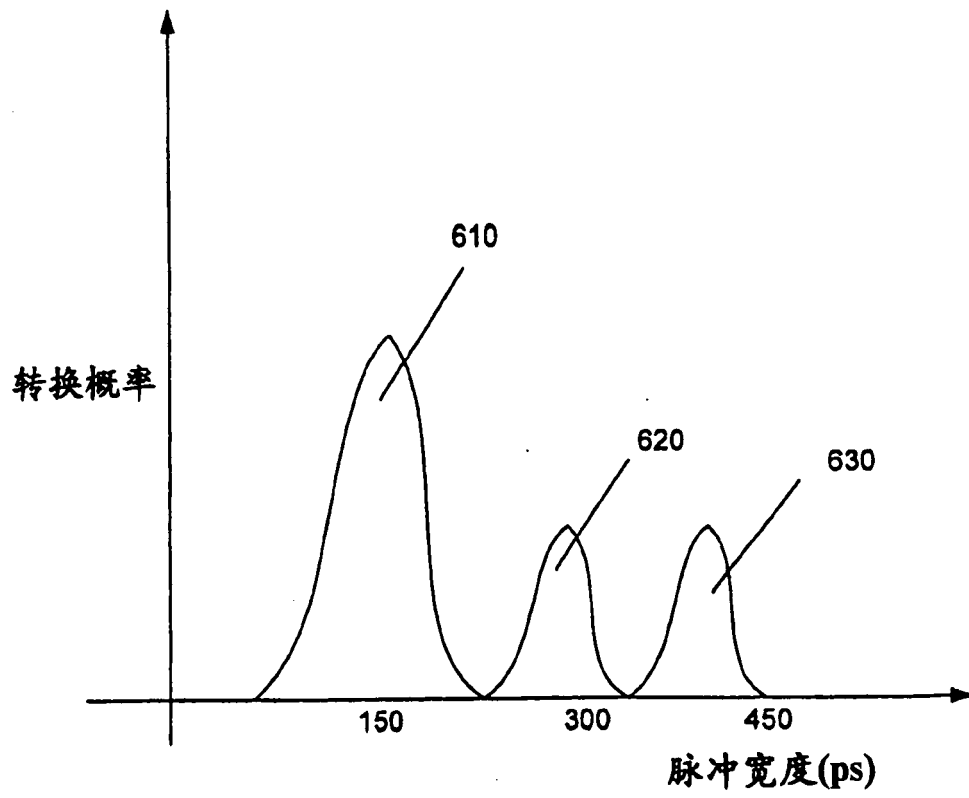


图 6

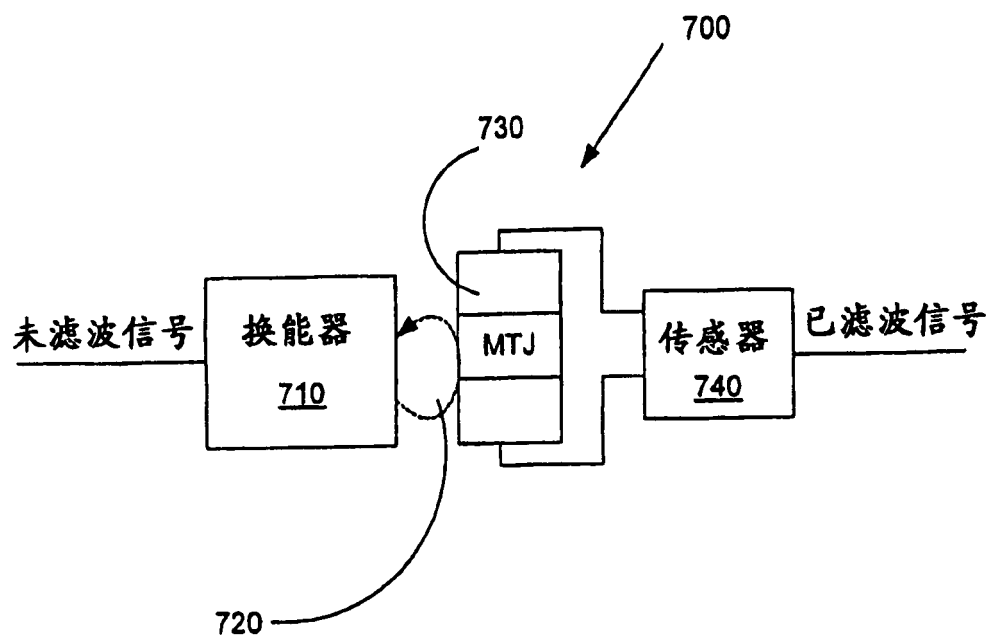


图 7

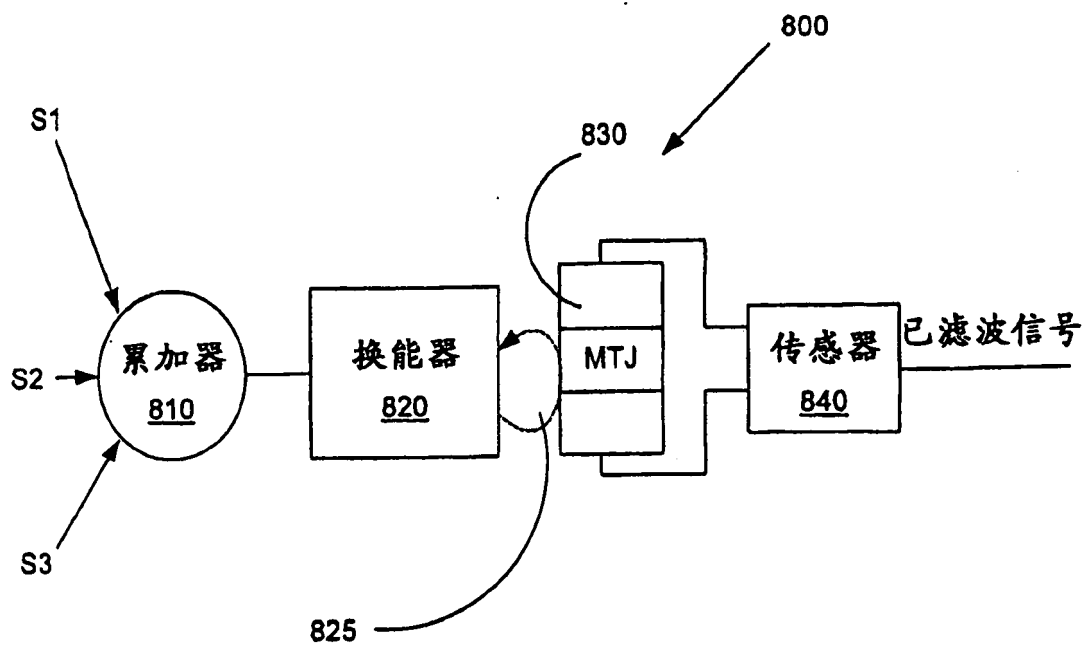


图 8

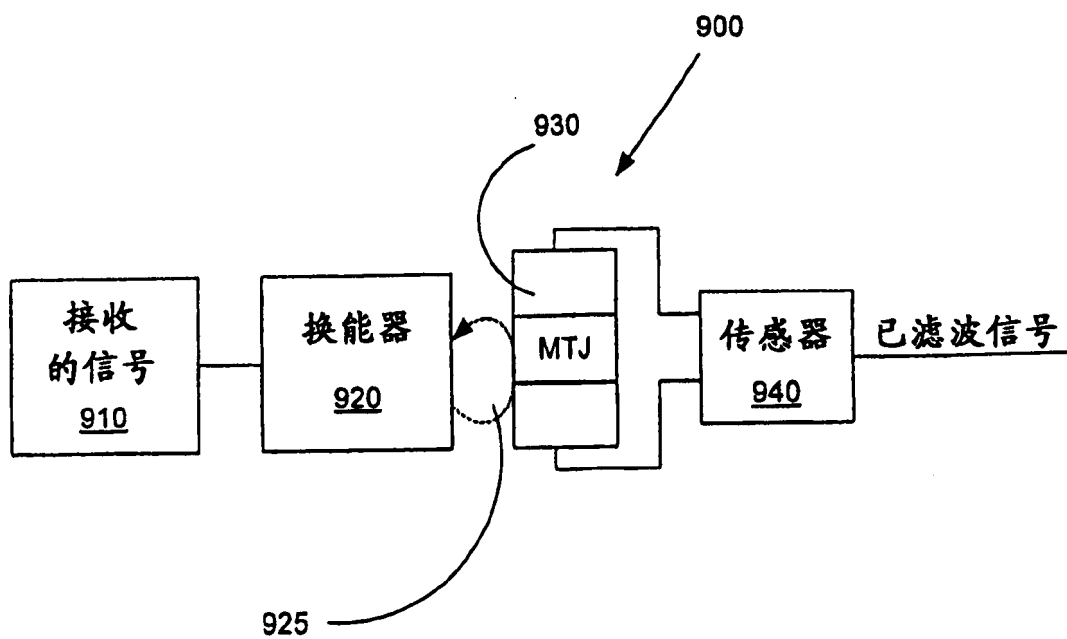


图 9

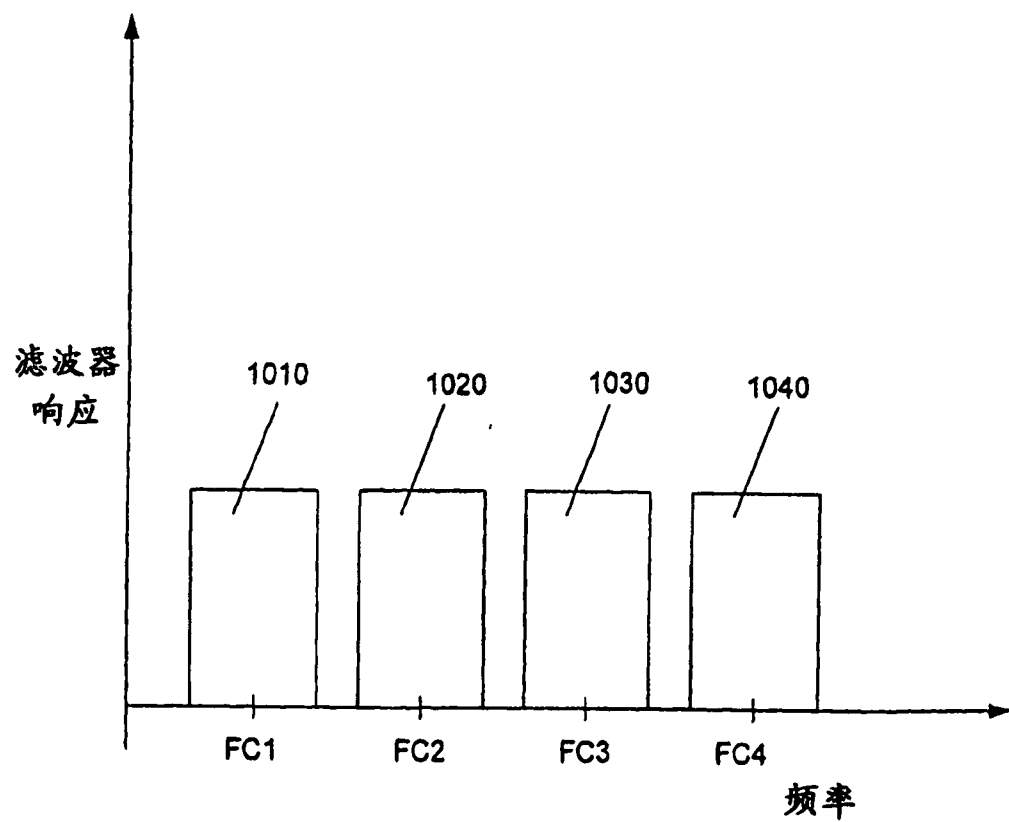


图 10

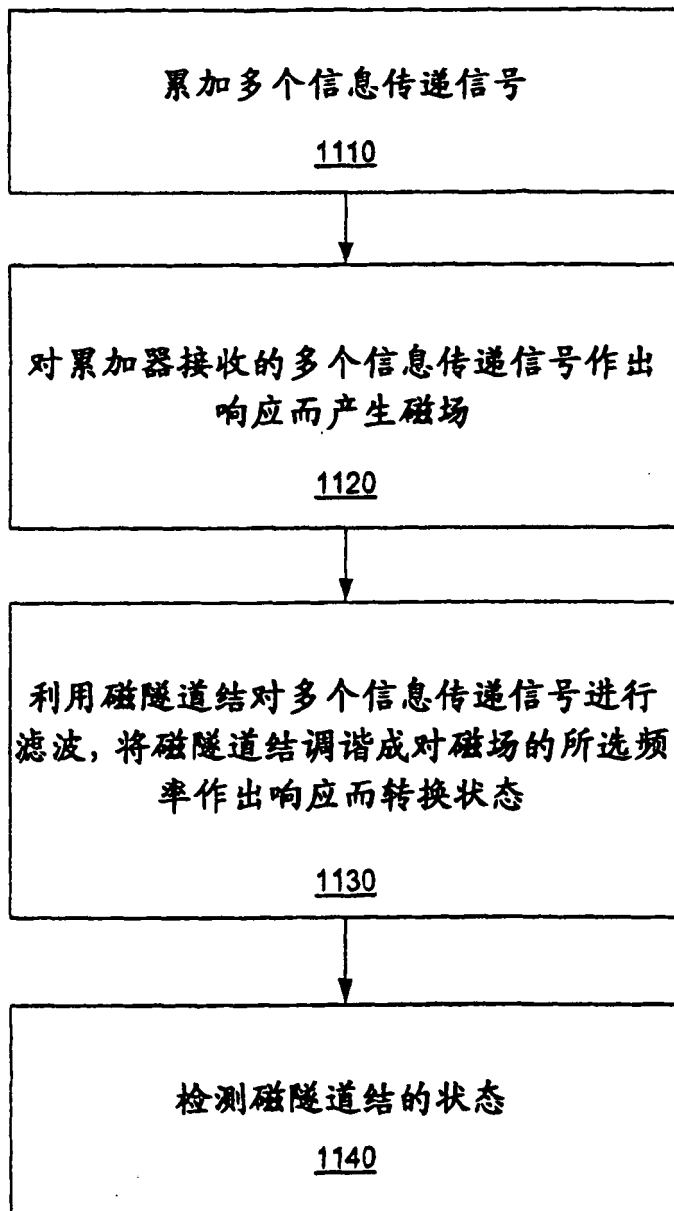


图 11

HKP0421946

## A MAGNETIC FILTER

The invention includes a magnetic filter [700]. The magnetic filter [700] includes a magnetic transducer [710] for generating a magnetic field [720] in response to the plurality of information carrying signals. The magnetic filter [700] further includes a magnetic tunnel junction [730]. The magnetic tunnel junction [730] can be tuned to switch states in response to selected frequencies of the magnetic field [720]. The magnetic filter [700] can further include a magnetic tunnel junction sensor [740] for sensing the states of the magnetic tunnel junction [730].

