

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105652249 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201610007990. 0

(22) 申请日 2016. 01. 06

(71) 申请人 河海大学

地址 211100 江苏省南京市鼓楼区西康路 1
号

(72) 发明人 麻清华 蒋德富

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 刘传玉

(51) Int. Cl.

G01S 7/36(2006. 01)

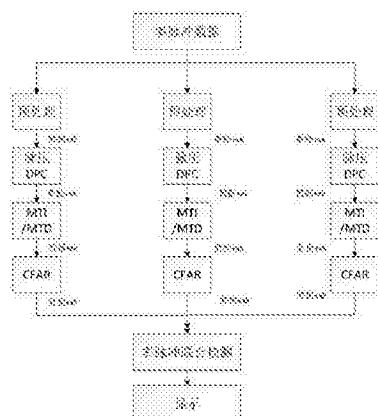
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种干扰环境下的目标检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种干扰环境下的目标检测方法，在干扰环境下，将目标信息建模成雷达信息处理过程中的一个关于目标状态的时间序列 (x_1, x_2, \dots, x_k) ，值函数 K 在状态 x_k 的数值用于反映目标和干扰在幅度、多普勒以及包括运动特性在内的其他细微特征上的差异。通过对所有可能的目标状态时间序列进行搜索，找到一组使得目标值函数 K 达到最大的状态序列。再通过使用 DPA 对多个脉冲的值函数 K 进行积累，最后才给出目标的检测结果，有效改善干扰环境下的目标检测性能。



1. 一种干扰环境下的目标检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1),将N个脉冲数据送入雷达目标检测器;

步骤2),对送入的N个脉冲数据分别进行目标状态时间序列信息检测,形成N个脉冲值函数,具体为:

步骤2.1),对于每一个送入的脉冲数据,将其幅度与预设的幅度门限阈值进行比较,如果其幅度大于等于预设的幅度门限阈值,赋予其预设的第一置信值x₁,然后将第一置信值x₁以及被赋予第一置信值x₁的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

步骤2.2),对步骤2.1)送入的每一个脉冲数据进行脉冲匹配压缩,将其脉冲匹配压缩后的输出信噪比与预设的第一信噪比门限阈值进行比较,如果其输出信噪比值大于等于预设的第一信噪比门限阈值,再将其目标峰的宽度和强度分别和未受干扰时目标脉冲匹配压缩后目标峰的的宽度和强度进行比较,如果其目标峰的宽度和强度分别大于等于未受干扰时目标脉冲匹配压缩后目标峰的的宽度和强度,赋予其预设的第二置信值x₂,然后将第二置信值x₂以及脉冲匹配压缩后被赋予第二置信值x₂的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

步骤2.3),对步骤2.2)送入的每一个脉冲数据进行动目标显示或动目标检测,将其动目标显示或动目标检测后的输出信噪比与预设的第二信噪比门限阈值进行比较,如果其输出信噪比大于等于预设的第二信噪比门限阈值,赋予其预设的第三置信值x₃,然后将第三置信值x₃以及动目标显示或动目标检测后被赋予第三置信值x₃的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

步骤2.4),对步骤2.3)送入的每一个脉冲数据进行恒虚警检测,将其恒虚警检测输出信噪比与预设的第三信噪比门限阈值进行比较,如果其输出信噪比大于等于预设的第三信噪比门限阈值,赋予其预设的第四置信值x₄,然后第四置信值x₄以及恒虚警检测后被赋予第四置信值x₄的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

步骤2.5),计算目标状态的时间序列(x₁,x₂,...,x_k)在x_i为不同状态值下的值函数K,形成 $\prod_{k=1}^{k=4} n_k$ 条时间检测链路,其中,k=4;i=1,2,3,4;n_k为目标状态的时间序列(x₁,x₂,...,x_k)在状态x_k处的状态个数;值函数K用于反映目标和干扰在幅度、多普勒以及运动特性的差异;

步骤2.6),选取使得值函数K达到最优的检测链路;

步骤3),对N个脉冲值函数K进行联合检测,并给出点迹;

步骤4),对步骤3)送入的点迹进行点迹航迹关联处理,给出航迹。

2. 根据权利要求1所述的一种干扰环境下的目标检测方法,其特征在于,所述步骤2.6)中根据目标状态时间序列的最大概率准则选取使得值函数K达到最优的检测链路。

3. 根据权利要求1所述的一种干扰环境下的目标检测方法,其特征在于,所述步骤3)中对N个脉冲值函数K进行M/N联合检测。

4. 根据权利要求3所述的一种干扰环境下的目标检测方法,其特征在于,所述步骤3)中根据最大概率准则对N个脉冲值函数K进行M/N联合检测。

5. 根据权利要求3所述的一种干扰环境下的目标检测方法,其特征在于,进行M/N联合

检测时，个数M大于等于 $\left\lceil \frac{N}{2} \right\rceil$ 。

一种干扰环境下的目标检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于雷达目标检测技术领域,尤其涉及一种干扰环境下的目标检测方法。

背景技术

[0002] 随着新的电子干扰技术的迅速发展,先进的电子干扰措施与装备的不断涌现,导致现代雷达面临的工作电磁环境日趋复杂。特别是近年来迅猛发展的基于数字射频存储器(DRFM)技术的有源欺骗干扰,以其样式多、使用灵活、对抗性强等特点,对军用雷达构成了最常见的威胁。

[0003] 基于数字射频存储器的干扰机将接收到的雷达信号存储,然后根据需要对信号进行延时、相位调制等处理后再转发到雷达,产生类似于目标回波的信号作用于雷达检测和跟踪系统中,进行速度欺骗干扰和距离欺骗干扰等。转发式干扰信号与雷达信号的相关性很高,可通过雷达匹配滤波器获得高增益。另外,转发式干扰机为达到干扰雷达的目的,通常会产生功率很大的干扰信号,在所产生的干扰信号功率一定的情况下,雷达接收到的干扰信号的功率与距离的二次方成反比,而真实目标的雷达回波功率与距离的四次方成反比,所以雷达接收到的转发式干扰的功率通常远高于真实目标的功率,这就使得转发式干扰信号比真实目标回波信号更容易超过检测门限而被检测出来。所以,基于数字射频存储器转发的欺骗式干扰很容易进入雷达接收系统,造成大量虚警,影响对目标的正常检测和跟踪。

[0004] 检测前跟踪(Track Before Detect,TBD)是在低信噪比的情况下对目标进行检测和跟踪的一种技术。与一般的检测方法的不同之处在于,检测前跟踪在单帧内并不宣布检测结果,而是将单帧信息数字化并存储起来,对多帧数据处理后同时宣布检测结果与目标的航迹。

[0005] 时间序列的动态规划方法(DPA)是穷尽搜索法的一种等效实现算法,但是它的计算效率远远高于穷尽搜索。它的主要思想是将n维优化问题转化为n个1维优化问题,对优化问题的分级处理大大降低了它的计算量。

[0006] 将时间序列的动态规划方法DPA应用到雷达在干扰环境下的目标检测问题时,它把目标信息看成雷达信息处理过程中的一个关于目标状态的时间序列(x_1, x_2, \dots, x_k),状态 x_k 描述了在雷达信息处理过程中的第k个状态时关于目标的相关信息。对干扰环境下的目标检测就是N个脉冲通过对所有可能的目标状态的时间序列(x_1, x_2, \dots, x_k)进行搜索,找到一组使得值函数K达到最大的状态序列(x_1, x_2, \dots, x_k)。值函数K能够反映目标和干扰在幅度、多普勒以及包括运动特性在内的其他细微特征上的差异,具有预期目标特征状态可以获得较高的值函数K,相反,具有干扰特征的状态获得较低的值函数K。再通过使用DPA对多个脉冲的值函数K进行积累,可以有效改善干扰环境下的目标检测性能。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种干扰环境下的目标检测方法。在干扰环境下,本发明将目标信

息建模成雷达信息处理过程中的一个关于目标状态的时间序列(x_1, x_2, \dots, x_k)，值函数K在状态 x_k 的数值用于反映目标和干扰在幅度、多普勒以及包括运动特性在内的其他细微特征上的差异。通过对所有可能的目标状态时间序列进行搜索，找到一组使得目标值函数K达到最大的状态序列。再通过使用DPA对多个脉冲的值函数K进行积累，最后才给出目标的检测结果，有效改善干扰环境下的目标检测性能。

- [0008] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案：
- [0009] 一种干扰环境下的目标检测方法，包括以下步骤：
- [0010] 步骤1)，将N个脉冲数据送入雷达目标检测器；
- [0011] 步骤2)，对送入的N个脉冲数据分别进行目标状态时间序列信息检测，形成N个脉冲值函数，具体为：
- [0012] 步骤2.1)，对于每一个送入的脉冲数据，将其幅度与预设的幅度门限阈值进行比较，如果其幅度大于等于预设的幅度门限阈值，赋予其预设的第一置信值 x_1 ，然后将第一置信值 x_1 以及被赋予第一置信值 x_1 的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路；
- [0013] 步骤2.2)，对步骤2.1)送入的每一个脉冲数据进行脉冲匹配压缩，将其脉冲匹配压缩后的输出信噪比与预设的第一信噪比门限阈值进行比较，如果其输出信噪比值大于等于预设的第一信噪比门限阈值，再将其目标峰的宽度和强度分别和未受干扰时目标脉冲匹配压缩后目标峰的的宽度和强度进行比较，如果其目标峰的宽度和强度分别大于等于未受干扰时目标脉冲匹配压缩后目标峰的的宽度和强度，赋予其预设的第二置信值 x_2 ，然后将第二置信值 x_2 以及脉冲匹配压缩后被赋予第二置信值 x_2 的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路；
- [0014] 步骤2.3)，对步骤2.2)送入的每一个脉冲数据进行动目标显示或动目标检测，将其动目标显示或动目标检测后的输出信噪比与预设的第二信噪比门限阈值进行比较，如果其输出信噪比大于等于预设的第二信噪比门限阈值，赋予其预设的第三置信值 x_3 ，然后将第三置信值 x_3 以及动目标显示或动目标检测后被赋予第三置信值 x_3 的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路；
- [0015] 步骤2.4)，对步骤2.3)送入的每一个脉冲数据进行恒虚警检测，将其恒虚警检测输出信噪比与预设的第三信噪比门限阈值进行比较，如果其输出信噪比大于等于预设的第三信噪比门限阈值，赋予其预设的第四置信值 x_4 ，然后第四置信值 x_4 以及恒虚警检测后被赋予第四置信值 x_4 的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路；
- [0016] 步骤2.5)，计算目标状态的时间序列(x_1, x_2, \dots, x_k)在 x_i 为不同状态值下的值函数K，形成 $\prod_{k=1}^{k=4} n_k$ 条时间检测链路，其中， $k=4$ ； $i=1, 2, 3, 4$ ； n_k 为目标状态的时间序列(x_1, x_2, \dots, x_k)在状态 x_k 处的状态个数；值函数K用于反映目标和干扰在幅度、多普勒以及运动特性的差异；
- [0017] 步骤2.6)，选取使得值函数K达到最优的检测链路；
- [0018] 步骤3)，对N个脉冲值函数K进行联合检测，并给出点迹；
- [0019] 步骤4)，对步骤3)送入的点迹进行点迹航迹关联处理，给出航迹。
- [0020] 作为本发明一种干扰环境下的目标检测方法进一步的优化方案，所述步骤2.6)中根据目标状态时间序列的最大概率准则选取使得值函数K达到最优的检测链路。

[0021] 作为本发明一种干扰环境下的目标检测方法进一步的优化方案,所述步骤3)中对N个脉冲值函数K进行M/N联合检测。

[0022] 作为本发明一种干扰环境下的目标检测方法进一步的优化方案,所述步骤3)中根据最大概率准则对N个脉冲值函数K进行M/N联合检测。

[0023] 作为本发明一种干扰环境下的目标检测方法进一步的优化方案,进行M/N联合检测时,个数M大于等于 $\left\lceil \frac{N}{2} \right\rceil$ 。

[0024] 本发明的有益效果是:

[0025] 本发明采用多脉冲目标状态的时间序列联合检测方法来解决雷达干扰环境下的目标检测问题,它避免了目标检测简单门限判决造成的目标点迹丢失问题,又能够利用目标和干扰在不同状态下的细微特征上的差异,将目标和干扰区分开来,同时,又利用多个脉冲的联合检测,提高目标的正确发现概率。

附图说明

[0026] 图1为本发明的流程图;

[0027] 图2为常规的雷达信号处理目标检测流程图;

[0028] 图3是本发明提出的目标检测方法对实测转发假目标干扰数据的处理航迹;

[0029] 图4为是经典目标检测方法对实测转发假目标干扰数据的处理航迹。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步的详细说明:

[0031] 如图1所示,本发明公开了一种干扰环境下的目标检测方法,包括以下步骤:

[0032] 步骤1),将N个脉冲数据送入雷达目标检测器;

[0033] 步骤2),对送入的N个脉冲数据分别进行目标状态时间序列信息检测,形成N个脉冲值函数,具体为:

[0034] 步骤2.1),预处理,对于每一个送入的脉冲数据,将其幅度与预设的幅度门限阈值进行比较,如果其幅度大于等于预设的幅度门限阈值,赋予其预设的第一置信值x₁,然后将第一置信值x₁以及被赋予第一置信值x₁的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

[0035] 步骤2.2),对步骤2.1)送入的每一个脉冲数据进行脉冲匹配压缩,将其脉冲匹配压缩后的输出信噪比与预设的第一信噪比门限阈值进行比较,如果其输出信噪比值大于等于预设的第一信噪比门限阈值,再将其目标峰的宽度和强度分别和未受干扰时目标脉冲匹配压缩后目标峰的宽度和强度进行比较,如果其目标峰的宽度和强度分别大于等于未受干扰时目标脉冲匹配压缩后目标峰的宽度和强度,赋予其预设的第二置信值x₂,然后将第二置信值x₂以及脉冲匹配压缩后被赋予第二置信值x₂的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

[0036] 步骤2.3),对步骤2.2)送入的每一个脉冲数据进行动目标显示(MTI)或动目标检测(MTD),将其动目标显示或动目标检测后的输出信噪比与预设的第二信噪比门限阈值进行比较,如果其输出信噪比大于等于预设的第二信噪比门限阈值,赋予其预设的第三置信

值 x_3 ,然后将第三置信值 x_3 以及动目标显示或动目标检测后被赋予第三置信值 x_3 的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

[0037] 步骤2.4),对步骤2.3)送入的每一个脉冲数据进行恒虚警检测(CFAR),将其恒虚警检测输出信噪比与预设的第三信噪比门限阈值进行比较,如果其输出信噪比大于等于预设的第三信噪比门限阈值,赋予其预设的第四置信值 x_4 ,然后第四置信值 x_4 以及恒虚警检测后被赋予第四置信值 x_4 的脉冲数据送入后续的目标状态时间序列检测链路;

[0038] 步骤2.5),计算目标状态的时间序列(x_1, x_2, \dots, x_k)在 x_i 为不同状态值下的值函

数K,形成 $\prod_{k=1}^{k=4} n_k$ 条时间检测链路,其中, $k=4; i=1, 2, 3, 4; n_k$ 为目标状态的时间序列(x_1, x_2, \dots, x_k)在状态 x_k 处的状态个数;值函数K用于反映目标和干扰在幅度、多普勒以及运动特性的差异;

[0039] 步骤2.6),选取使得值函数K达到最优的检测链路;

[0040] 步骤3),对N个脉冲值函数K进行联合检测,并给出点迹;

[0041] 步骤4),对步骤3)送入的点迹进行点迹航迹关联处理,给出航迹。

[0042] 所述步骤2.6)中根据目标状态时间序列的最大概率准则选取使得值函数K达到最优的检测链路。

[0043] 所述步骤3)中根据最大概率准则对N个脉冲值函数K进行M/N联合检测,进行M/N联合检测时,个数M大于等于 $\left\lceil \frac{N}{2} \right\rceil$ 。

[0044] 对实测转发假目标干扰数据进行处理,在预处理时,将干扰噪声基底超过雷达训练时噪声基地门限30dB、50dB和70dB的置信值分别设为60%、75%和90%。对脉冲压缩处理后的超过门限的点的脉压峰和间距设置一定得门限,并给出相应的置信值。在进行多脉冲联合检测时,将本雷达的8个脉冲按照M/N准则联合检测,只要有超过4个脉冲的值函数K超过门限,则认为该距离点上存在一个目标,并将该点的坐标和信息送至航迹融合处理。

[0045] 图2为常规的雷达信号处理目标检测流程图。

[0046] 图3为本发明提出的目标检测方法对实测转发假目标干扰数据的处理航迹,图4为是经典目标检测方法对实测转发假目标干扰数据的处理航迹。比较两图可知,本发明提出的方法处理结果虚假航迹点明显减少,并且能够明显改善经典方法处理时出现的航迹丢失情况。

[0047] 本技术领域技术人员可以理解的是,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语应该被理解为具有与现有技术的上下文中的意义一致的意义,并且除非像这里一样定义,不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0048] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

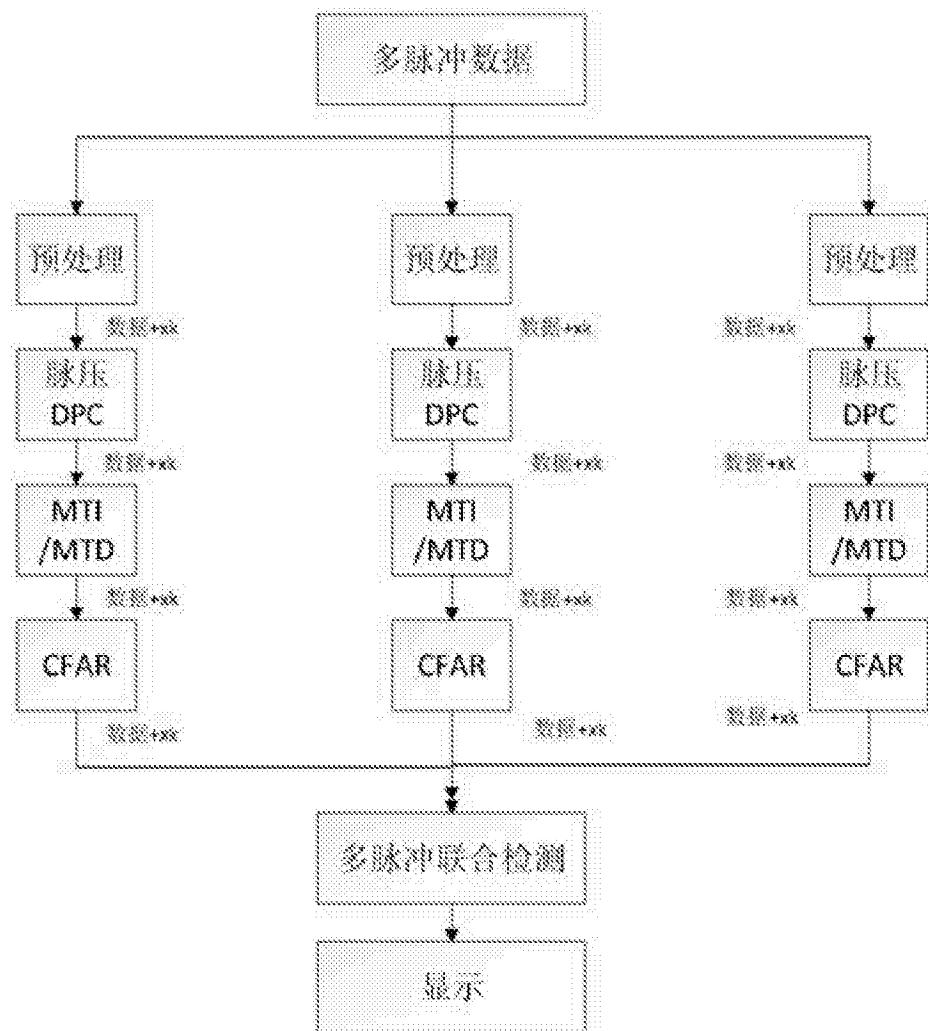


图1

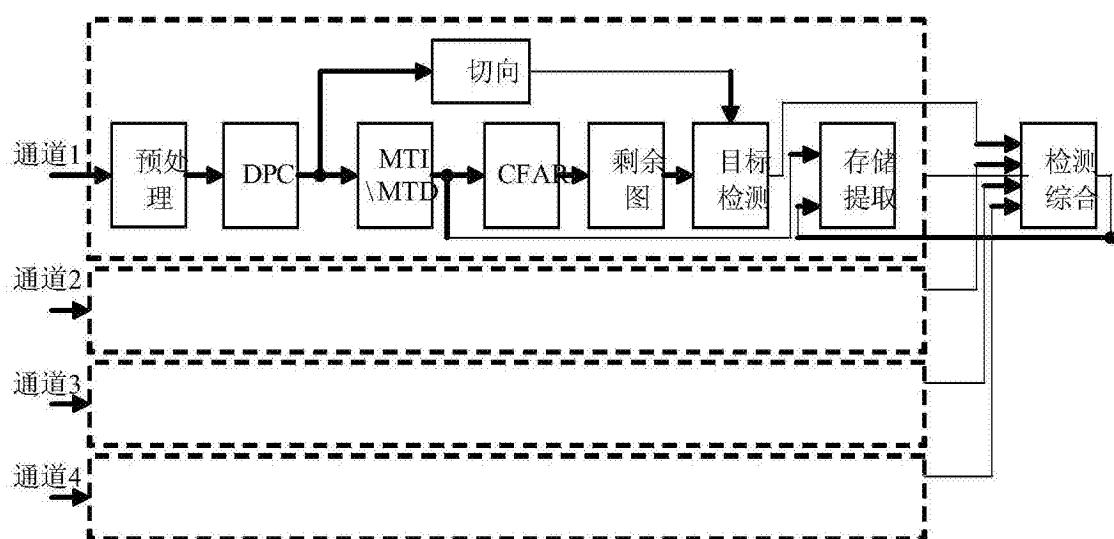


图2

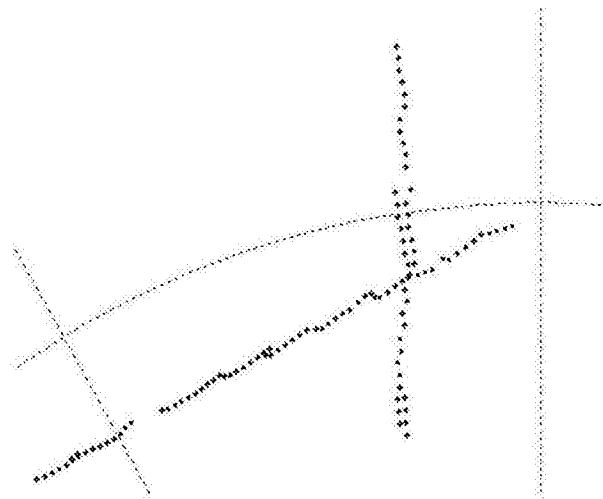


图3

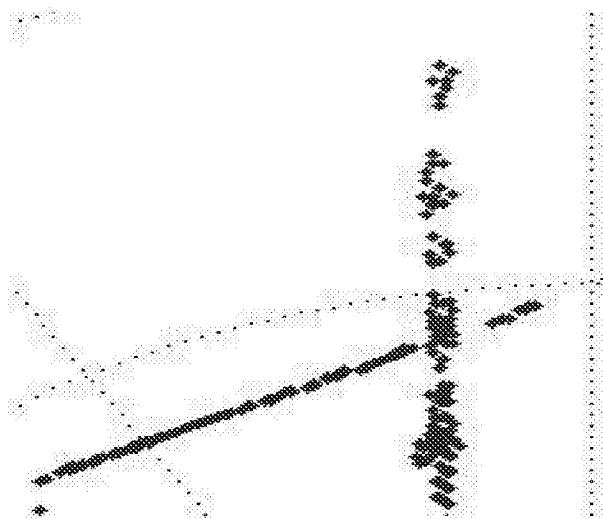


图4