



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97118435.6

[43]公开日 1998年3月18日

[11] 公开号 CN 1176380A

[22]申请日 97.9.11

[30]优先权

[32]96.9.12 [33]US[31]712,757

[71]申请人 TRW公司

地址 美国加利福尼亚

[72]发明人 比尔·H·夸恩 保尔·S·李

史蒂文·W·福那卡

卡伦·E·约克亚马

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标  
事务所

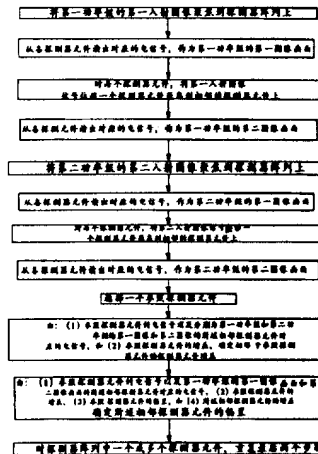
代理人 蒋世迅

权利要求书 17 页 说明书 10 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 焦平面阵列校准方法

[57]摘要

一个校准二维探测器阵列 10 的增益和偏置的方法，该阵列由多个单独的探测器元件 14 构成，此方法包括：(a) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列 10 上；(b) 从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第一功率级的第一图像画面；(c) 对每个探测器元件 14，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；(d) 从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面等多个步骤。



## 权 利 要 求 书

---

1. 一个校准二维探测器阵列增益和偏置的方法，该阵列是由多个单独的探测器元件构成，此方法包括的步骤为：

( a ) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上；

( b ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第一图像画面；

( c ) 对于每个探测器元件，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；

( d ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面；

( e ) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上；

( f ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第一图像画面；

( g ) 对于每个探测器元件，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；

( h ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第二图像画面；

( i ) 选择一个参照探测器元件；

( j ) 由：( 1 ) 参照探测器元件的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件对应的电信号，和 ( 2 ) 参照探测器元件的增益，确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益；

( k ) 由：( 1 ) 参照探测器元件的电信号以及第一功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号，( 2 ) 参照探测器元件的增益，( 3 ) 参照探测器元件的偏置，和 ( 4 ) 所述相邻探测器元件的增益，确定所述相邻探测器元件的

偏置;

(1) 对探测器阵列的一个或多个探测器元件重复步骤 (i) 和步骤 (k)。

2. 按照权利要求 1 的方法, 其中确定相邻探测器元件的增益包括: 计算 (1) 在两个不同源功率级下参照探测器测得的电信号之差与在两个不同源功率级下相邻探测器测得的电信号之差的比率, 和计算 (2) 参照探测器的增益。

3. 按照权利要求 2 的方法, 其中确定相邻探测器元件增益的步骤包括以下关系式的计算:

$$A_{i+1j} = (V'_{ij} - V_{ij}) / (V'_{i+1j} - V_{i+1j}) \times A_{ij}$$

其中:

N 和 M 分别表示探测器阵列行数 and 列数;

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ;

$j = 1, 2, \dots, M$ ;

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件 ij 的电信号;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件 ij 的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件 i+1j 的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件 i+1j 的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件 ij 的增益; 和

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件 i+1j 的增益。

4. 按照权利要求 1 的方法, 其中确定相邻探测器元件偏置的步骤包括对以下关系式的计算:

$$O_{i+1j} = (V_{ij}/A_{ij} - V_{i+1j}/A_{i+1j}) + O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j}$$

其中:

N 和 M 分别表示探测器阵列的行数和列数;

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ;

$j = 1, 2, \dots, M;$

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益;

$O_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的偏置;

$O_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置。

5. 一个校准二维探测器阵列增益和偏置的方法, 该阵列是由多个单独的探测器元件构成, 此方法包括的步骤为:

(a) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上;

(b) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第一功率级的第一图像画面;

(c) 对于每个探测器元件, 将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上;

(d) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第一功率级的第二图像画面;

(e) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上;

(f) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第二功率级的第一图像画面;

(g) 对于每个探测器元件, 将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上;

(h) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第二功率级的第二图像画面;

(i) 选择一个参照探测器元件;

(j) 通过计算以下关系式确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益:

$$A_{i+1j} = (V'_{ij} - V_{ij}) / (V'_{i+1j} - V_{i+1j}) \times A_{ij}$$

其中:

$N$  和  $M$  分别表示探测器阵列行数和列数;

$i=1,2, \dots, N-1$ ;

$j=1, 2, \dots, M$ ;

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益; 和

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

(k) 通过计算以下关系式确定所述相邻探测器元件的偏置:

$$O_{i+1j} = (V_{ij}/A_{ij} - V_{i+1j}/A_{i+1j}) + O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j}$$

其中:

$N$  和  $M$  分别表示探测器阵列行数和列数;

$i=1,2, \dots, N-1$ ;

$j=1, 2, \dots, M$ ;

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

$O_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的偏置;

$O_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置;

(l) 对探测器阵列的一个或多个探测器元件重复步骤 (i) 和步骤 (k)。

6. 一个校准二维探测器阵列增益和偏置的方法, 该阵列是由多

个单独的探测器元件构成，此方法包括的步骤为：

( a ) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上；

( b ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第一图像画面；

( c ) 对于每个探测器元件，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；

( d ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面；

( e ) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上；

( f ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第一图像画面；

( g ) 对于每个探测器元件，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；

( h ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第二图像画面；

( i ) 选择一个参照探测器元件；

( j ) 由：( 1 ) 参照探测器元件的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件对应的电信号，和 ( 2 ) 参照探测器元件的增益，确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益；

( k ) 由：( 1 ) 参照探测器元件的电信号以及第二功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号，( 2 ) 参照探测器元件的增益，( 3 ) 参照探测器元件的偏置，和 ( 4 ) 所述相邻探测器元件的偏置，确定所述相邻探测器元件的偏置；

( l ) 对探测器阵列的一个或多个探测器元件重复步骤 ( i ) 和步骤 ( k ) 。

7.按照权利要求 6 的方法，其中确定相邻探测器元件增益的步

∴

骤包括对以下关系式的计算:

$$A_{i+1j} = (V'_{ij} - V_{ij}) / (V'_{i+1j} - V_{i+1j}) \times A_{ij}$$

其中:

N 和 M 分别表示探测器阵列行数 and 列数;

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ;

$j = 1, 2, \dots, M$ ;

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益; 和

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

8. 按照权利要求 6 的方法, 其中确定相邻探测器元件偏置的步骤包括对以下关系式的计算:

$$O_{i+1j} (V'_{ij} / A_{ij} - V'_{i+1j} / A_{i+1j}) + O_{ij} A_{ij} / A_{i+1j}$$

其中:

N 和 M 分别表示探测器阵列行数 and 列数;

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ;

$j = 1, 2, \dots, M$ ;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益;

$O_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的偏置; 和

⋮

$O_{i+1j}$ 是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置。

9. 一个校准二维探测器阵列增益和偏置的方法，该阵列是由多个单独的探测器元件构成，此方法包括的步骤为：

- (a) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上；
- (b) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第一图像画面；
- (c) 对于每个探测器元件，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；
- (d) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面；
- (e) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上；
- (f) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第一图像画面；
- (g) 对于每个探测器元件，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；
- (h) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第二图像画面；
- (i) 选择一个参照探测器元件；
- (j) 通过计算以下关系式确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益：

$$A_{i+1j} = (V'_{ij} - V_{ij}) / (V'_{i+1j} - V_{i+1j}) \times A_{ij}$$

其中：

$N$  和  $M$  分别表示探测器阵列行数和列数；

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ；

$j = 1, 2, \dots, M$ ；

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号；

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号；

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$

的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益; 和

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

(k) 通过计算以下关系式确定所述相邻探测器元件的偏置:

$$O_{i+1j} = (V'_{ij}/A_{ij} - V'_{i+1j}/A_{i+1j}) + O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j}$$

其中:

$N$  和  $M$  分别表示探测器阵列行数和列数;

$i=1, 2, \dots, N-1$ ;

$j=1, 2, \dots, M$ ;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

$O_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的偏置;

$O_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置;

(l) 对探测器阵列的一个或多个探测器元件重复步骤 (i) 和步骤 (k)。

10. 一个校准二维探测器阵列增益和偏置的计算机软件系统, 该阵列是由多个单独的探测器元件构成, 此软件系统包括:

(a) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上的程序指令;

(b) 从各探测器元件读出对应的电信号, 并将它作为第一功率级的第一图像画面的程序指令;

(c) 对每个探测器元件, 将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上的程序指令;

(d) 从各探测器元件读出对应的电信号, 并将它作为第一功



率级第二图像画面的程序指令；

( e ) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上的程序指令；

( f ) 从各探测器元件读出对应的电信号，并将它作为第二功率级第一图像画面的程序指令；

( g ) 对每个探测器元件，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上的程序指令；

( h ) 从各探测器元件读出对应的电信号，并将它作为第二功率级第二图像画面的程序指令；

( i ) 用于下列目的的程序指令：

( 1 ) 选择一个参照探测器元件；

( 2 ) 由：( a ) 参照探测器元件的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件对应的电信号，和 ( b ) 参照探测器元件的增益，确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益；和

( 3 ) 由：( a ) 参照探测器元件的电信号以及第一功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号，( b ) 参照探测器元件的增益，( c ) 参照探测器元件的偏置，和 ( d ) 所述相邻探测器元件的增益，确定所述相邻探测器元件的偏置。

11. 按照权利要求 10 的计算机软件系统，其中 ( i ) 部分中的程序指令包括对阵列中两个或多个探测器元件完成步骤 ( i ) ( 1 ) 至 ( i ) ( 3 ) 的程序指令。

12. 按照权利要求 10 的计算机软件系统，其中确定相邻探测器元件增益的程序指令包括对以下关系式进行计算的程序指令：

$$A_{i+1j} = (V'_{ij} - V_{ij}) / (V'_{i+1j} - V_{i+1j}) \times A_{ij}$$

其中：

N 和 M 分别表示探测器阵列的行数和列数；

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ；

$j = 1, 2, \dots, M$ ；

⋮

$V_{ij}$ 是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{ij}$ 是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$ 是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$V'_{i+1j}$ 是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$ 是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$ 是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

13.按照权利要求 10 的计算机软件系统,其中确定相邻探测器元件偏置的程序指令包括对以下关系式进行计算的程序指令:

$$O_{i+1j}=(V_{ij}/A_{ij}-V_{i+1j}/A_{i+1j})+O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j}$$

其中:

$N$  和  $M$  分别表示探测器阵列的行数和列数;

$i = 1, 2, \dots, N - 1;$

$j = 1, 2, \dots, M;$

$V_{ij}$ 是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$ 是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$ 是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$ 是相邻探测顺元件  $i+1j$  的增益;

$O_{ij}$ 是参照探测器元件  $ij$  的偏置;

$O_{i+1j}$ 是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置。

14.一个校准二维探测器阵列增益和偏置的计算机软件系统,该阵列是由多个单独的探测器元件构成,此软件系统包括:

(a)将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上的程序指令;

(b)从各探测器元件读出对应的电信号,并将它作为第一功

⋮

率级的第一图像画面的程序指令；

(c) 对于每个探测器元件，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻探测器元件上的程序指令；

(d) 从各探测器元件读出对应的电信号，并将它作为第一功率级第二图像画面的程序指令；

(e) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上的程序指令；

(f) 从各探测器元件读出对应的电信号，并将它作为第二功率级第一图像画面的程序指令；

(g) 对每个探测器元件，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻探测器元件上的程序指令；

(h) 从各探测器元件读出对应的电信号，并将它作为第二功率级的第二图像画面的程序指令；

(i) 用于下列目的的程序指令：

(1) 选择一个参照探测器元件；

(2) 由：(a) 参照探测器元件的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件对应的电信号，和 (b) 参照探测器元件的增益，确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益；和

(3) 由：(a) 参照探测器元件的电信号以及第二功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号，(b) 参照探测器元件的增益，(c) 参照探测器元件的偏置，和 (d) 所述相邻探测器元件的增益，确定所述相邻探测器元件的偏置。

15. 按照权利要求 14 的软件系统，其中 (i) 部分中的程序指令包括对阵列中两个或多个探测器元件完成步骤 (i) (1) 至 (i) (3) 的程序指令。

16. 按照权利要求 14 的软件系统，其中确定相邻探测器元件增益的程序指令包括对以下关系式进行计算的程序指令：

$$A_{i+1j} = (V'_{ij} - V_{ij}) / (V'_{i+1j} - V_{i+1j}) \times A_{ij}$$



其中:

$N$  和  $M$  分别表示探测器阵列行数 and 列数;

$i=1,2, \dots, N - 1$ ;

$j = 1, 2, \dots, M$ ;

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

17.按照权利要求 14 的方法,其中确定相邻探测器元件偏置的程序指令包括对以下关系式进行计算的程序指令:

$$O_{i+1j}=(V'_{ij}/A_{ij}-V'_{i+1j}/A_{i+1j})+O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j}$$

其中:

$N$  和  $M$  分别表示探测器阵列的行数和列数;

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ;

$j = 1, 2, \dots, M$ ;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益;

$O_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的偏置;

$O_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置。

18.一个校准二维探测器阵列增益和偏置的焦平面阵列校准系统,该



阵列是由多个单独的探测器元件构成，此系统包括：

- ( a ) 将入射图像信号聚焦到探测器阵列上的光学装置；
  - ( b ) 从各探测器元件读出对应的电信号的输入系统； 以及
  - ( c ) 用于控制光学装置和输入系统的控制器，其用途是：
    - ( 1 ) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上；
    - ( 2 ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第一图像画面；
    - ( 3 ) 对每个探测器元件，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；
    - ( 4 ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面；
    - ( 5 ) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上；
    - ( 6 ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第一图像画面；
    - ( 7 ) 对每个探测器元件，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；
    - ( 8 ) 从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第二图像画面；
  - ( d ) 用于以下目的的处理器：
    - ( 1 ) 选择一个参照探测器元件；
    - ( 2 ) 由： ( a ) 参照探测器元件的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件对应的电信号，和 ( b ) 参照探测器元件的增益，确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益； 和
    - ( 3 ) 由： ( a ) 参照探测器元件的电信号以及第一功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号， ( b ) 参照探测器元件的增益， ( c ) 参照探测器元件的偏置，和 ( d ) 所述相邻探测器元件的增益，确定所述相邻探测器元件的偏置。
- 19.按照权利要求 18 的系统，其中处理器包括通过计算以下关



系式以确定相邻探测器元件增益的手段:

$$A_{i+1j}=(V'_{ij}-V_{ij})/(V'_{i+1j}-V_{i+1j}) \times A_{ij}$$

其中:

N 和 M 分别表示探测器阵列行数 and 列数;

$$i=1,2, \dots, N - 1;$$

$$j = 1, 2, \dots, M;$$

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

20.按照权利要求 18 的系统,其中处理器包括通过计算以下关系式确定相邻探测器元件偏置的手段:

$$O_{i+1j}=(V_{ij}/A_{ij}-V_{i+1j}/A_{i+1j})+O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j}$$

其中:

N 和 M 分别表示探测器阵列的行数和列数;

$$i = 1, 2, \dots, N - 1;$$

$$j = 1, 2, \dots, M;$$

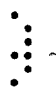
$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号;

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号;

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益;

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益;

$O_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的偏置;



$O_{i+1j}$ 是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置。

21.一个校准二维探测器阵列增益和偏置的焦平面阵列校准系统,该阵列是由多个单独的探测器元件构成,此系统包括:

- ( a ) 将入射图像信号聚焦到探测器阵列上的光学装置;
- ( b ) 从各探测器元件读出对应的电信号的输入系统; 以及
- ( c ) 用于控制光学装置和输入系统的控制器, 其用途是:
  - ( 1 ) 将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列上;
  - ( 2 ) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第一功率级的第一图像画面;
  - ( 3 ) 对每个探测器元件, 将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上;
  - ( 4 ) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第一功率级的第二图像画面;
  - ( 5 ) 将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上;
  - ( 6 ) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第二功率级的第一图像画面;
  - ( 7 ) 对每个探测器元件, 将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件止;
  - ( 8 ) 从各探测器元件读出对应的电信号, 作为第二功率级的第二图像画面;
- ( d ) 用于以下目的的处理器:
  - ( 1 ) 选择一个参照探测器元件;
  - ( 2 ) 由: ( a ) 参照探测器元件的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件对应的电信号, 和 ( b ) 参照探测器元件的增益, 确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益; 和
  - ( 3 ) 由: ( a ) 参照探测器元件的电信号以及第二功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号, ( b ) 参照探测器元件的增益, ( c ) 参照探测器元件的偏置, 和 ( d ) 所述相邻探测器元件的增益, 确定所述相邻探测器元件的



偏置。

22.按照权利要求 21 的系统，其中处理器包括通过计算以下关系式以确定相邻探测器元件增益的手段：

$$A_{i+1j}=(V'_{ij}-V_{ij})/(V'_{i+1j}-V_{i+1j}) \times A_{ij}$$

其中：

N 和 M 分别表示探测器阵列行数 and 列数；

$i=1,2, \dots, N - 1$ ；

$j = 1, 2, \dots, M$ ；

$V_{ij}$  是来自第一功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号；

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号；

$V_{i+1j}$  是来自第一功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号；

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号；

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益；

$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益。

23.按照权利要求 21 的系统，其中处理器包括通过计算以下关系式确定相邻探测器元件偏置的手段：

$$O_{i+1j}=(V'_{ij}/A_{ij}-V'_{i+1j}/A_{i+1j})+O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j}$$

其中：

N 和 M 分别表示探测器阵列的行数和列数；

$i = 1, 2, \dots, N - 1$ ；

$j = 1, 2, \dots, M$ ；

$V'_{ij}$  是来自第二功率级的第一图像画面参照探测器元件  $ij$  的电信号；

$V'_{i+1j}$  是来自第二功率级的第二图像画面相邻探测器元件  $i+1j$  的电信号；

$A_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的增益；



$A_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的增益;

$O_{ij}$  是参照探测器元件  $ij$  的偏置;

$O_{i+1j}$  是相邻探测器元件  $i+1j$  的偏置。

,

# 说明书

## 焦平面阵列校准方法

本发明涉及焦平面阵列 ( FPA ) 传感器领域, 特别是, 本发明涉及用像素步长步进滞留反射板 ( cross-pixel step-stare reflector ) 对焦平面阵列平场的校准。

焦平面阵列是用于成像和视装置中的光学传感器件, 诸如前视红外 ( FLIR ) 系统, 监视系统和控制武器的探测/跟踪系统。在 FLIR 系统中, 例如, 从物体发出的红外辐射被光电探测器阵列所检测, 转换成电信号, 然后用电子学方法显示, 记录或用于目标自动检测和/或目标跟踪。FPA 传感器特别适用于检测微光物体或发出的辐射放大气环境严重衰减的物体。

滞留 ( Stare ) FPA 扫描器件, 即由多个探测器元件组合成阵列的器件, 包括二维元件阵列, 这些元件阵列利用电子扫描同时接收 FPA 视场区域内的信息。光学扫描装置在一些不同的视角上对视场扫描, 并将特定视角上接收到的信号反射到扫描阵列。光学扫描装置可以包括振镜或在竖直和水平方向旋转的棱镜, 这种振镜或棱镜扫描时停住, 即“滞留”在一特定视角, 然后运动, 即“步进”, 到一新的视角, 在这个新的视角上再扫描, 等等。

为了达到成像光学系统设计的分辨率, 往往需要对 FPA 的增益和偏置进行校准。这种过程通常需要一个均匀的噪声源或轮廓函数精确已知的源, 当没有这种高质量的源时, 尤其是在现场测试过程中, 不能获得正确的校准, 因此系统的成像能力就下降。

由于受到空间和成本的限制, 平场校准源一般很难包括在成像光学系统中。在长波应用中尤其如此。特别是, 在诸如有雾, 下雨和下雪的朦胧天气下提供可见的无源毫米波成像技术中, 对于像素增益和偏置需要十分简易和改进的校准方法。

所以, 需要一个不利用均匀或平场源的校准方法, 也需要一个采用





元件距离到相邻的探测器元件上；从各探测器元件读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面；将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列上；从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第一图像画面；对于每一个探测器元件，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；从各探测器元件读出对应的电信号，作为第二功率级的第二图像画面。

此系统还包括以下用途的一个处理器，选择一个参照探测器元件；由：（1）参照探测器元件的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件对应的电信号，和（2）参照探测器元件的增益，确定相邻于参照探测器元件的探测器元件增益；又由：（1）参照探测器元件的电信号以及第二功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号，（2）参照探测器元件的增益，（3）参照探测器元件的偏置，和（4）所述相邻探测器元件的增益，确定所述相邻探测器元件的偏置。

本发明的这些和其他特征，方面和优点在参考下列描述，所附权利要求书和附图之后变得很明白，其中

图1画出了按照本发明探测器阵列的增益和偏置校准方法的步骤；

图2画出按照图1方法的一个校准循环实施例；

图3画出了图2中与步进滞留反射板波形同步的源幅度；

图4画出了按照本发明的一个校准系统方框图；

图5是图4中一个步进滞留反射板系统例子的方框图；和

图6画出对图5中步进滞的反射板编程的参量实例。

参照附图，按照本发明校准二维探测器阵列10增益和偏置的方法包括多个高标准的步骤，将校准源12在一个源功率级上的图像聚焦到二维探测器阵列10的探测器元件14上。来自各探测器元件14的电信号被贮存在存储器中。利用步进滞留反射板装置16，校准源12的图像于是位移一个或几个像素距离，使相同的照明效果在每个探测器元件14的相邻探测器上生成。将来自各探测器元件14的电信号与贮存的电信号值进行比较，达到偏置和增益的校准。

参照图1，在优选的一个实施例中，本发明的方法包括如下步骤：



将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列 10 上；从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第一功率级的第一图像画面；对于每个探测器元件 14，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件 14 上；从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面；将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列 10 上；从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第二功率级的第一图像画面；对于每个探测器元件 14，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件 14 上；以及从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第二功率级的第二图像画面。

此方法还包括的步骤是：选择一个参照探测器元件 14；由：（1）参照探测器元件 14 的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号，和（2）参照探测器元件 14 的增益，确定相邻于参照探测器元件 14 的探测器元件增益；由：（1）参照探测器元件 14 的电信号以及第一功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件对应的电信号，（2）参照探测器元件 14 的增益，（3）参照探测器元件 14 的偏置，和（4）所述相邻探测器元件的增益，确定所述相邻探测器元件的偏置。对于探测器阵列的全部探测器元件，选择和确定的步骤可以重复进行。

如图 2 中所示，按照本发明的 FPA 校准方法利用了一个未标定噪声源 12 的步进滞留反射板 16。FPA 10 是一个有  $N \times M$  个探测器 14 的二维正交探测器阵列。探测器 14 可以是可见光传感器，红外传感器，毫米波传感器或微波传感器。

用于偏置校准，自然背景光源是足够的。照明功率略高于背景辐射的开关噪声源用于像素增益校准。在偏置校准和增益校准两种情况中，对源的均匀性和源函数幅值的掌握都不作要求，这是很有利的。

上述方法的实现包括六个一般步骤。第一步是将第一功率级的开关校准源 12 的图像信号聚焦到 FPA 10 上，然后对整个 FPA10，将对应的电信号电平数字化并加以记录。第二步是将第一功率级的开关校准源 12 的图像信号在水平方向（竖直方向）上向左（上）位移一个像素距离，除了 FPA 10 左（上）边缘一个像素以外，FPA 10 上与每个元件 14 左



侧（上侧）相邻的探测器元件上观察到与第一步中参照元件 18 观察到相同的图像，然后对整个 FPA10，将对应的电信号数字化并加以记录，作为第一源功率级的第二图像画面。

第三步是将第二功率级的开关校准源 12 的图像信号聚焦到 FPA 10 上，然后对整个 FPA 10，将对应的电信号电平数字化并加以记录，作为第二源功率级的第一图像画面。第四步是将第二功率级的开关校准源 12 的图像信号在水平方向（竖直方向）上向右（下）位移一个像素距离，除了 FPA 右（下）边缘一个像素以外，使 FPA 10 上与每个元件右侧（下侧）相邻的探测器元件上观察到与第三步中参照元件 18 观察到相同的图像，然后将对应的电信号电平数字化并加以记录，作为第二源功率级的第二图像画面。

第五步是由：（1）参照探测器元件 18 在所用两个不同源功率级下观察到的电信号之差与相邻探测器 14 在相同源功率级下观察到的电信号之差的比率，和（2）参照探测器 18 的增益，确定每个相邻探测器元件 14 的增益。

第六步是由：（1）在相同一个源功率级下相邻探测器元件 14 和参照探测器 18 观察到的对应电信号，（2）参照探测器 18 的增益，（3）参照探测器 18 的偏置，和（4）相邻探测器元件 14 的增益，确定每个相邻探测器元件 14 的偏置。除了一个元件以外，上述各个步骤对 FPA 10 全部探测器元件 14 重复进行。这个没有其他探测器作为参照的探测器在另外的步骤中校准。

这一节描述本发明中所用的校准原理。参照图 2，探测器 14 排成  $N \times M$  个像素元件的二维阵列形式，即  $N \times M$  FPA。在校准模式下，参照像素（ $ij$ ）观察到的图像依次移到相邻三个像素，（ $i+1j$ ），（ $i+1, j+1$ ）和（ $i, j+1$ ），形成一个四步循环运动，开关源 12 与步进滞留运动同步，如图 3 中所示。

在第一个  $1/2$  循环中，计算下列关系式：

$$V_{ij} = A_{ij} S_{ij} + O_{ij} \quad (1)$$

$$V_{i+1j} = A_{i+1j} S_{ij} + O_{i+1j} \quad (2)$$

其中  $A_{ij}$ ， $O_{ij}$  和  $S_{ij}$  分别是像素增益，像素偏置和源强度， $i=1,$



2, ..., N, J=1, 2, ..., M.

根据关系式 (1) 和 (2), 像素  $i+1, j$  的偏置可以从下列关系式得到:

$$O_{i+1j} = (V_{ij}/A_{ij} - V_{i+1j}/A_{i+1j}) + O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j} \quad (3)$$

$i=1, 2, \dots, N-1$ , 和  $j=1, 2, \dots, M$

关系式 (3) 的唯一限制是  $S_{ij} \neq 0$ 。因此, 若像素增益值已知, 则全部像素的偏置值可以用一个探测器的偏置值表示。

在第二个 1/2 循环中, 上述测量用不同的源函数重复进行, 将测得的信号用  $V'_{ij}$  和  $V'_{i+1j}$  表示, 得到如下的关系式:

$$O_{i+1j} = (V'_{ij}/A_{ij} - V'_{i+1j}/A_{i+1j}) + O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j} \quad (4)$$

$i=1, 2, \dots, N-1$ , 和  $j=1, 2, \dots, M$ 。

由关系式 (4) 减去关系式 (3), 得到:

$$A_{i+1j} = (V'_{ij} - V_{ij}) / (V'_{i+1j} - V_{i+1j}) \times A_{ij} \quad (5)$$

$i=1, 2, \dots, N-1$ , 和  $j=1, 2, \dots, M$ 。

为了保证  $V'_{ij} - V_{ij} \neq 0$ , 开关源 12 的功率要高于背景辐射的功率, 但是并不要求详细知道源的幅度。如同在关系式 (3) 中一样, 关系式 (5) 将全部像素增益用第一个像素的增益表示。

步进滞留反射板 16 被利用来实现 FPA 10 的偏置和增益校准。步进滞留反射板 16 是用于使 FPA 10 上的图像对每个视场 (FOV) 移动恰好一个像素 (每一步), 其精度由校准的要求所规定。因此, 反射板 16 对每一相邻的像素对提供了实际上相同的照明, 从而允许对这两个像素的偏置和增益作定量比较。

由于 FPA 10 上每个像素 ( $ij$ ) 是与其相邻的像素进行比较, 这个相邻像素因步进滞留反射板运动的结果暴露在相同的照明中, 所以相邻像素对之间偏置和增益的比较可以沿着步进滞留运动的方向从一端到另一端逐级地进行。已知一个像素的绝对增益值, 整个 FPA 10 上增益和偏置的校准便可以不用平场 (均匀) 校准源而实现。

二维步进滞留反射板用于实现二维 FPA 10 的校准。少数孤立的不合格像素的存在并不影响逐级校准方法, 因为沿着一个方向 (即 X 方向) 上的不合格像素不能进行校准可以沿另一个方向 (即 y 方向) 逐

级地进行。

在本发明的一个优选实施例中，逐级校准包括利用步进滞留反射板 16，移动入射图像信号按照以下方式作四步循环：

(a) 每个探测器，用  $P_{ij}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N; j = 1, 2, 3, \dots, M$ ) 表示，它观察到的图像被三个相邻的探测器  $P_{i+1j}$ ， $P_{i+1j+1}$  和  $P_{ij+1}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N; j = 1, 2, 3, \dots, M$ ) 完全相同地观察到，如图 2 所示。

(b) 在  $P_{ij}$  上检测到的信号由下式定义：

$$V_{ij} = A_{ij}S_{ij} + O_{ij} \quad (1)$$

其中  $O_{ij}$  是探测器偏置信号， $A_{ij}$  是探测器信号增益， $S_{ij}$  是源强度。

(c) 在  $P_{i+1j}$  上检测到的信号由下式定义：

$$V_{i+1j} = A_{i+1j}S_{ij} + O_{i+1j} \quad (2)$$

其中  $O_{i+1j}$  是探测器偏置信号， $A_{i+1j}$  是探测器信号增益， $S_{ij}$  是源强度。关系式 (1) 中的源强度与关系式 (2) 中的源强度相同。

(d) 根据关系式 (1) 和关系式 (2)，得到偏置的逐级方程：

$$O_{i+1j} = (V_{ij}/A_{ij} - V_{i+1j}/A_{i+1j}) + O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j} \quad (3)$$

(e) 得到关系式 (1) 和 (2) 的步骤是用同步开关源的不同源强度， $S_{ij}$  重复进行的。在  $P_{ij}$  和  $P_{i+1j}$  上检测到的信号分别为  $V'_{ij}$  和  $V'_{i+1j}$ ，与关系式 (3) 相当。 $P_{i+1j}$  的偏置由下式确定：

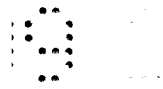
$$O_{i+1j} = (V'_{ij}/A_{ij} - V'_{i+1j}/A_{i+1j}) + O_{ij}A_{ij}/A_{i+1j} \quad (4)$$

(f) 将关系式 (3) 和 (4) 结合，沿 X 方向指标为 i 的像素增益逐级方程是：

$$A_{i+1j} = A_{ij}(V'_{ij} - V_{ij}) / (V_{i+1j} - V_{i+1j}) \quad (5)$$

(g) 根据在位置  $P_{i+1j}$  和  $P_{i+1j+1}$  上的步进滞留结果，得到沿 y 方向指标为 j 类似的逐级方程。

本发明的方法可以用专用处理器，如 TMS 320C50，或通用计算机，如个人计算机的一个计算机软件系统来实现。本发明方法中的步骤可以利用程序语言，如 C 语言，编制成程序指令，这种程序语言对于计算机专业人员是熟知的。这些数字关系式可以利用现有数字函数库的模拟程序包来执行。



另一方面，本发明提供一个校准二维探测器阵列 10 增益和偏置的焦平面阵列校准系统 20，该探测器阵列 10 是由多个单独的探测器元件构成，如图 4 所示。系统 20 包括：将入射图像信号聚焦到探测器阵列 10 上的光学装置 22；从探测器元件 14 读出对应电信号的输入系统 24；以及控制光学装置 22 和输入系统 24 的控制器 26，其用途是：将第一功率级的第一入射图像信号聚焦到探测器阵列 10 上；从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第一功率级的第一图像画面；对每一个探测器，将第一入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件 14 上；从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第一功率级的第二图像画面；将第二功率级的第二入射图像信号聚焦到探测器阵列 10 上；从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第二功率级的第一图像画面；对每个探测器元件 14，将第二入射图像信号位移一个探测器元件距离到相邻的探测器元件上；从各探测器元件 14 读出对应的电信号，作为第二功率级的第二图像画面。

系统 20 还包括一个有下列用途的处理器 28：选择一个参照探测器 18；由：（1）参照探测器元件 18 的电信号以及分别为第一功率级和第二功率级的第一图像和第二图像的所述相邻探测器元件 14 对应的电信号，和（2）参照探测器元件 18 的增益，确定相邻于参照探测器元件 18 的探测器元件 14 增益；又由：（1）参照探测器元件 18 的电信号以及第二功率级的第一图像画面和第二图像画面的所述相邻探测器元件 14 对应的电信号，（2）参照探测器元件 18 的增益，（3）参照探测器元件 18 的偏置，和（4）所述相邻探测器元件 14 的增益，确定所述相邻探测器元件 14 的偏置。

光学装置 22，探测器阵列 10，输入系统 24 和控制器 26 对专业人员是熟知的，所以作为例子在下面描述。此处所描述且在附图 4 中所示本发明的方法可以用作伪代码，对通用计算机或专用计算机系统编程适用于本发明的计算机系统例子在下面的例子中描述。

这里描述一个步进滞留反射板例子。虽然本发明与所用步进滞

留反射板的特殊机构无关，但是，校准精度的确强烈依赖于图像位置和反射板的对准精度。图 5 中画出步进滞留反射板机构的方框图。在应用毫米波（90GHz）的情况中，反射板是由重量轻（0.75lbs）的 10'' × 11.5'' × 0.5'' 蜂窝状铝板制成。表面平整度保持在波长的 1/10 之内，其波长为 0.133''。反射板在其中心部分由两个双端弯曲枢轴支承着，其型号为 Lucas 6008-400，具有高的径向刚度（22,000lbs/in）和小的弹簧刚度（0.114lb/in/degree）。

反射板的运动是用四个高质量音圈致动器驱动的，其型号为 EBI LA15 - 15 - 000，力常数为 1.35lb/Amp。致动器音圈的时间响应小于 100 微秒，能够精确仿真频率范围从直流到大于 200kHz 的致动器波形。两个精密的位置传感器，其型号为 Keyence EX - 500 - 016，满量程的线性度 = ± 0.3%，检测距离为 0 至 5mm，是用来执行检测和反馈控制步进滞留运动，以获得所需的定时和位置精度。

经验表明，电流波形模型可以用于产生所要求的步进滞留运动：（1）在四步循环运动中，将图像从位置  $P_{ij}$ ,  $P_{i+1j}$ ,  $P_{i+1,j+1}$  移动到  $P_{ij+1}$ ；（2）全部运动发生的时间定时在 5 毫秒内，随后是 10 毫秒无运动的驻留时间；（3）实现的位置精度小于 0.1 像素距离，和（4）实现的定时精度优于 0.1 毫秒。电流波形汇总在图 6。

电流波形模型将致动器的运动与谐振子的运动进行比较： $I \xi \frac{d^2 \upsilon}{dt^2} + B \frac{d \upsilon}{dt} + K = N(t)$ （关系式 6）。其  $I \xi$  是绕轴  $\xi = x, y$  的转动惯量； $B$  与致动器线圈的反电动势（EMF）有关， $K$  是特征弹簧刚度， $N(t)$  是致动器扭矩所要求的电流波形。通过定出力常数与反电动势常数  $B$  的大小之间关系，可以对关系式（6）积分，得到给定电流波形  $N(t)$  下的位置函数  $\upsilon(t)$ 。

图 6 中力的波形正比于致动器电流波形， $N(t) = F(t)L = I(t)K_F L$ ，其  $K_F$  是致动器的力常数， $L$  是扭矩的有效臂长。该波形可以通过对所需位置函数  $\upsilon(t)$  微分而得到，如关系式（6）所示。或者， $N(t)$  可以用少量比例参数作模型，对关系式（6）数值积分



而得到  $u(t)$ 。后一方法规定阻尼系数  $B$  与反电动势之间的关系。在百分之几的精度范围内， $B = K_F^2 L$ ，其中  $K_F$  是致动器音圈同一个力常数， $L$  是有效臂长。通过一些选择和比较，包括峰值力的大小，上升时间要求，精度要求，功率消耗要求，等等，可以优化  $N(t)$  的解。

德克萨斯仪器公司 ( Texas Instruments ) 型号为 TMS 320C5X 的数字信号处理 ( DSP ) 成套设备可以用于控制致动器和从位置传感器采集数据。致动器的电流波形预先装入 TMS320C5CX PROM 的循环缓冲器。此波形按顺序读入到驱动器的程序中，经过型号为 TLC32040C 的机载模拟接口电路板产生电压驱动信号，此接口电路板包括 14 位双极型 DAC 和双通道的 14 位 ADC。ADC 的输出放入缓冲存储器，经过两个型号为 APEX 12PA 的功率放大器加到致动器上。借助正确的电流波形，四个致动器的电流相位作如下安排，以产生四步的步进滞留运动：以致动器 1 作为参照 ( 零相位 )，致动器 2 滞后  $90^\circ$ ，致动器 3 滞后  $180^\circ$ ，致动器 4 滞后  $270^\circ$ 。机载 ADC 用于监视位置传感器信号，为了给致动器各个平衡位置提供精确的控制。

此处描述的毫米波步进滞留反射板的机理可以应用于较短波长或较长波长的其他光学频带。

结合一些优选的方案，本发明已经相当详细地描述过了，然而，其他的方案是可能的。所以，所附权利要求书的精神和范围不应该仅限于此处包括的优选方案的描述。

说明书附图

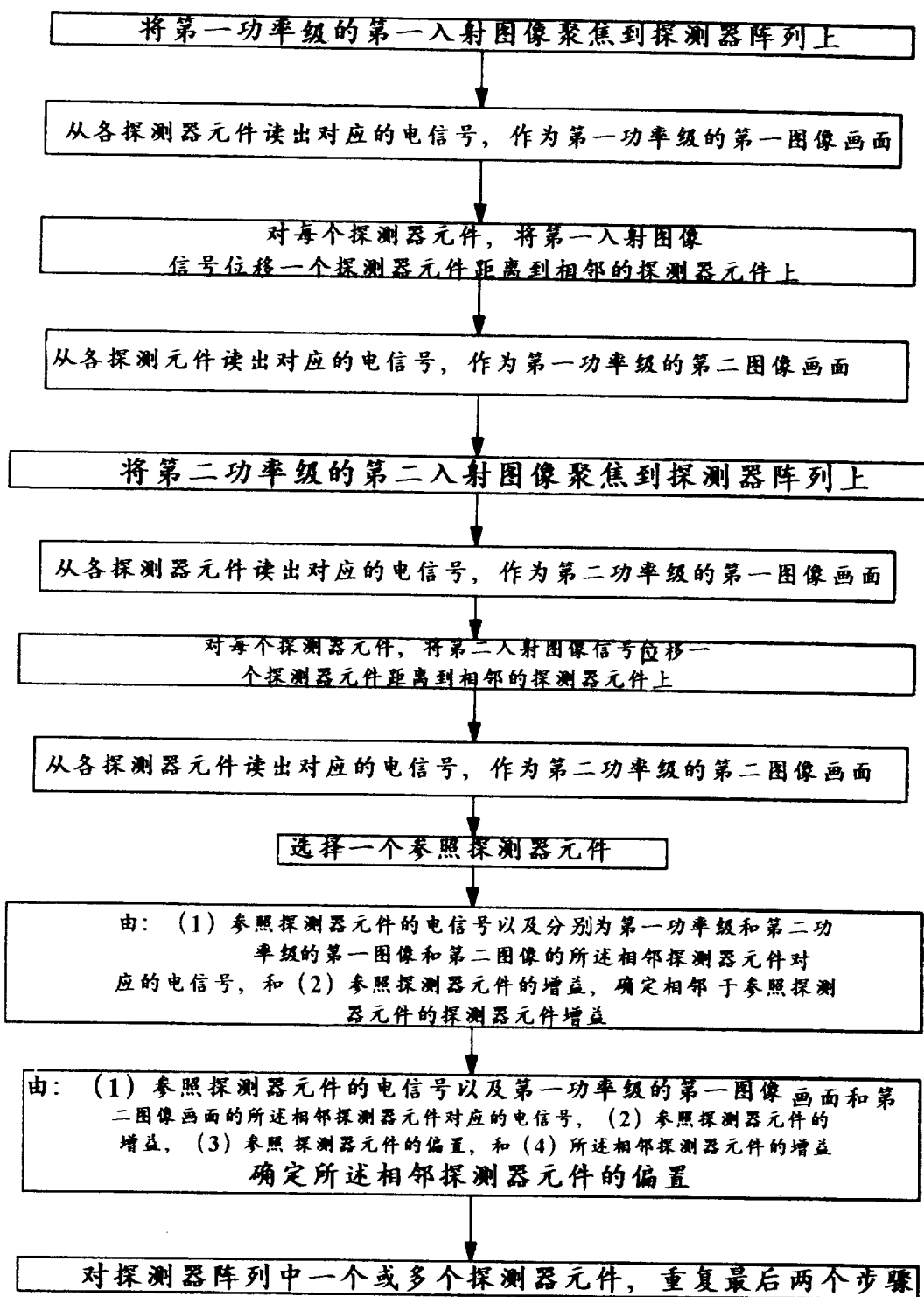


图 1

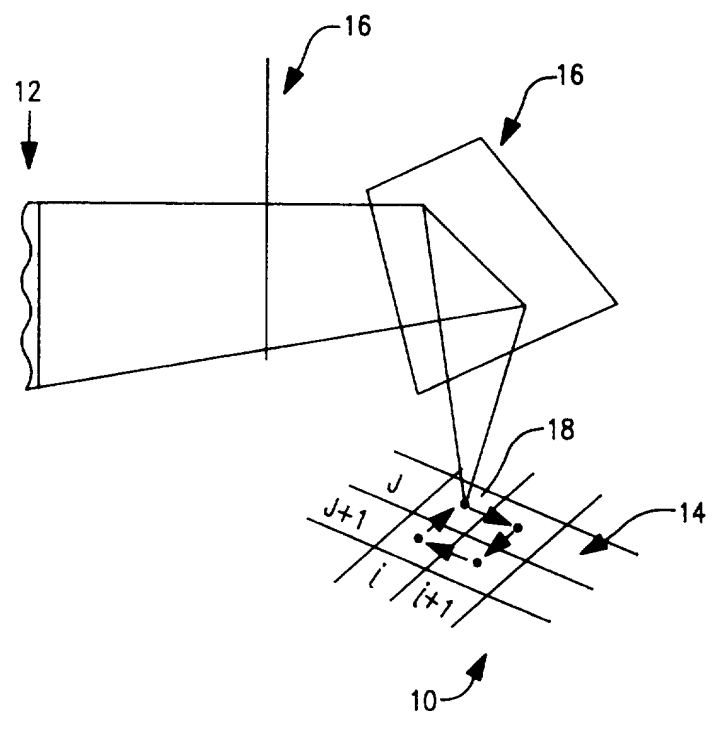


图 2

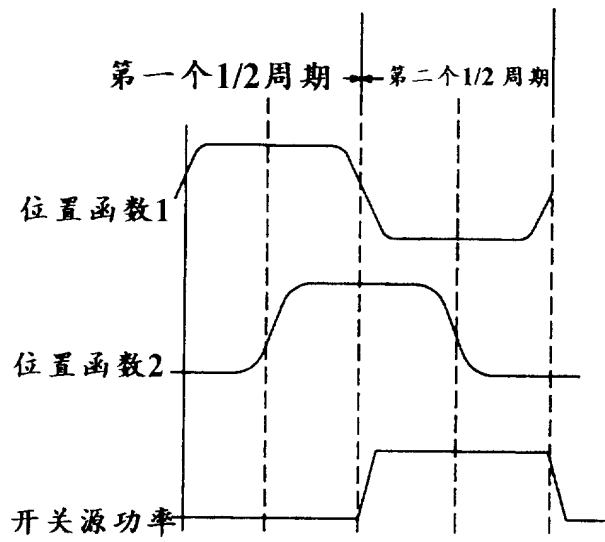
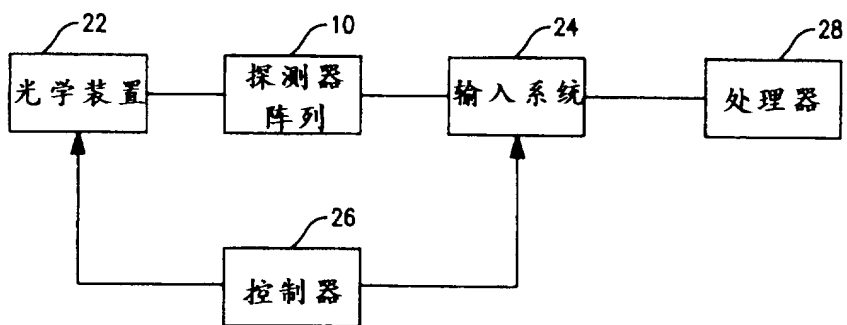


图 3



20

图 4

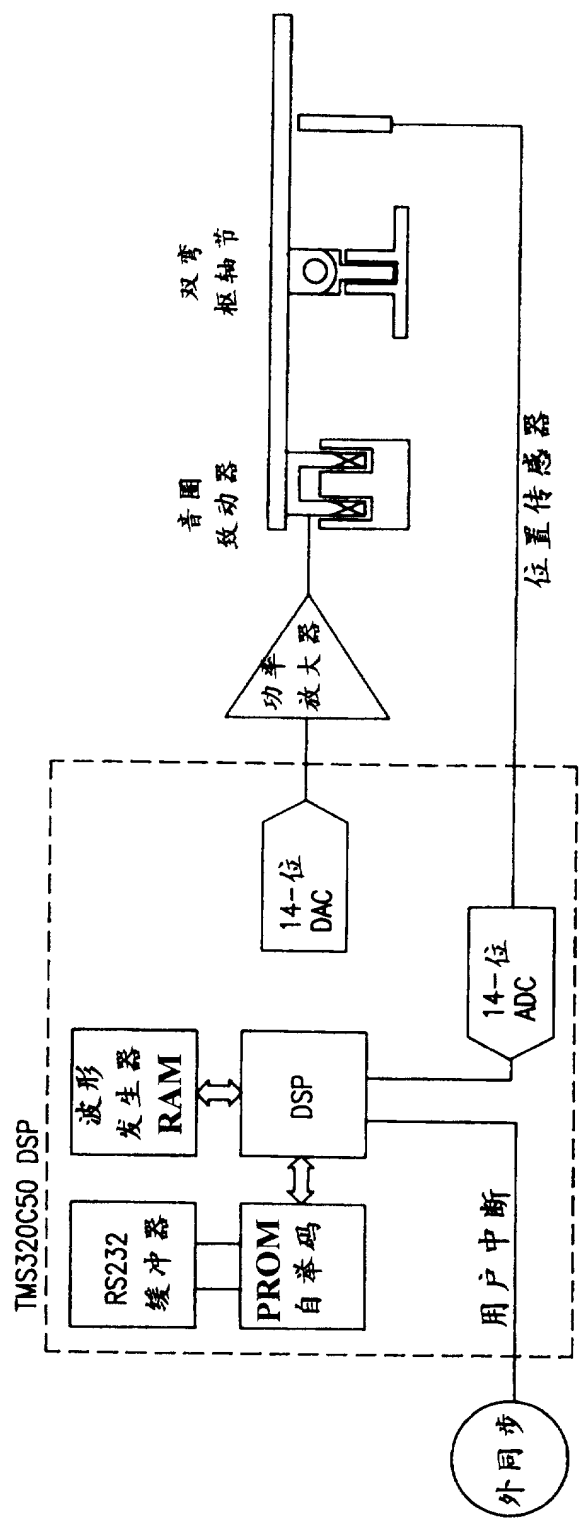


图 5

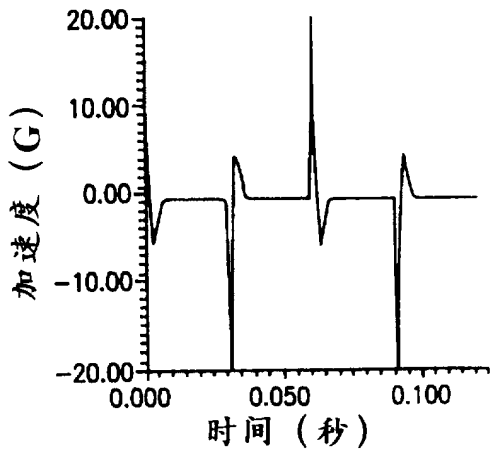


图 6A

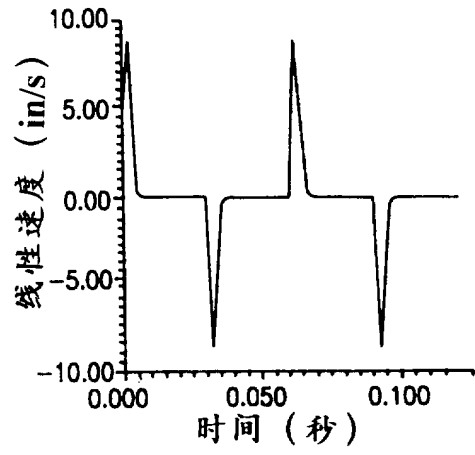


图 6B

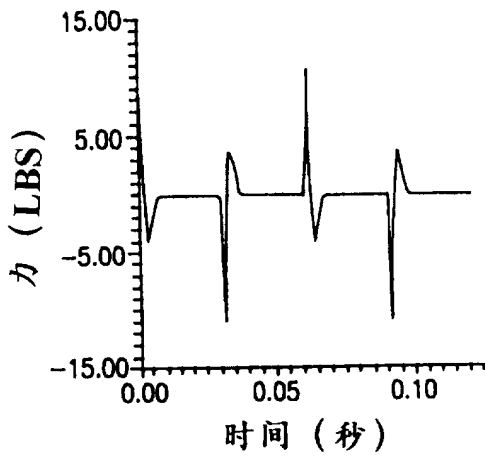


图 6C

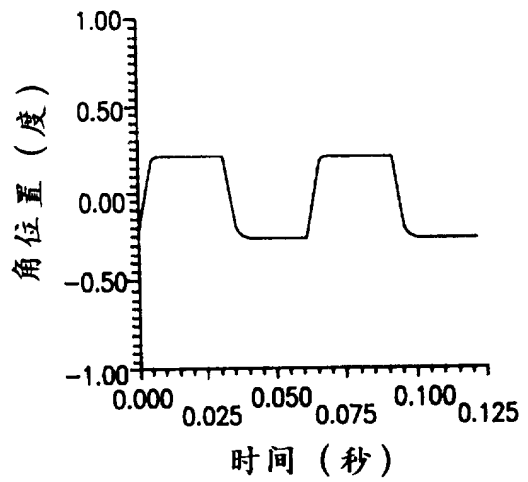


图 6D