

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 27/09 (2006.01)

H01S 5/40 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02807507.2

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1313861C

[22] 申请日 2002.3.12 [21] 申请号 02807507.2

[30] 优先权

[32] 2001. 3. 30 [33] JP [31] 101454/2001

[86] 国际申请 PCT/JP2002/002314 2002.3.12

[87] 国际公布 WO2002/082163 日 2002.10.17

[85] 进入国家阶段日期 2003.9.28

[73] 专利权人 新日本制铁株式会社

地址 日本东京都

共同专利权人 学校法人文理学园

[72] 发明人 山口哲 滨田直也

[56] 参考文献

US5969872A 1999.10.19

JP2000137139A 2000.5.16

US5513201A 1996.4.30

US5790576A 1998.8.4

审查员 韩黎敏

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 陈海红 段承恩

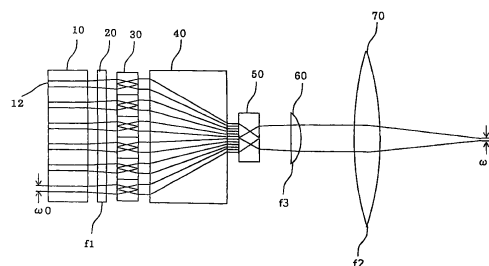
权利要求书 7 页 说明书 23 页 附图 38 页

[54] 发明名称

半导体激光装置和采用它的固体激光装置

[57] 摘要

本发明提供一种提高焦点能量密度的半导体激光装置，及采用它的半导体激光激励固体激光装置，接收设置于发射呈虚线状直列布置的激光束排进一步并排形成的，2 维阵列状激光束组的叠层阵列激光器件前面的，沿与上述虚线方向基本垂直的方向折射，经准直处理的各激光束排，将来自各发射体，或各射体组的激光束的方向旋转 90°，辐射该激光束，将其转换为实质上呈梯级状并排的多个激光束排，将该激光束排，转换为进行了光束压缩处理的并排激光束排进一步按 1 排直列布置而形成的排列，旋转 90° 辐射分别进行了压缩处理的并列激光束排，转换为全部激光束 1 排并排的激光束组，对该激光束组进行准直处理，将其聚焦于焦点。



1. 一种半导体激光装置，其特征在于包括：

沿发射激光束的第1方向较长的多个发射体沿该第1方向呈直线状并排的方式，且多排排列地设置，发射激光束单元呈2维阵列状排列的激光束组的叠层阵列激光二极管；

配设于上述叠层阵列激光二极管的前面，在各排中，沿与上述第1方向几乎成直角的第2方向使上述激光束组折射进行准直处理的第1聚光器；

配设于上述第1聚光器的前面，以每多个发射体间隔地接收沿上述第2方向经准直处理的激光束组，将其转换为在各排中沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组而进行辐射的第1光束转换器；

接收上述多排的呈梯级状的激光束组，将其转换为梯级的间隔缩小的多排的沿上述第1方向延伸的，经压缩的呈梯级状的激光束组进行辐射的光束压缩器；

配设于上述光束压缩器的前面，接收上述梯级的间隔缩小的多排的，沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组，将其转换为在各排中，沿上述第2方向延伸的呈梯级状的激光束组，其结果是，转换为全部的激光束沿上述第2方向延伸的1排的呈梯级状的激光束组进行辐射的第2光束转换器；

沿与上述第2方向基本相垂直的方向，对上述1排的呈梯级状的激光束组进行准直处理进行平行化的第2聚光器；

和将从上述第2聚光器辐射的激光束组聚焦于焦点的第3聚光器。

2. 一种半导体激光装置，其特征在于包括：

发射激光束的，沿第1方向较长的多个发射体沿该第1方向呈直线状并排的方式，且多排排列地设置，发射激光束单元呈2维阵列状排列的激光束组的叠层阵列激光二极管；或者发射激光束的，沿第1方向较长的多个发射体沿该第1方向呈直线状密集地排列的方式，且多排排列地设置，发射激光束呈直线状基本连续以多排排列的激光束组的叠层阵列激光二极

管；

设置于上述叠层阵列激光二极管的前面，在每排中，沿与上述第1方向基本呈直角的第2方向使上述激光束组折射，进行准直处理的第1聚光器；

设置于上述第1聚光器的前面，将各排内的激光束组分区，以经分区的多个激光束为单位，在各排内并排地具有将该激光束单位的截面的轴基本呈直角弯曲的光学元件，接收沿上述第2方向经准直处理的激光束组，在上述每个光学元件中，将该激光束单位的截面的轴旋转，辐射以该经分区的多个激光束为单位的、沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组的第1光束转换器；

接收上述多排呈梯级状的激光束组，将其转换为梯级的间距缩小的多排的，沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组进行辐射的光束压缩器；

设置于上述光束压缩器的前面，接收上述梯级的间距缩小的，多排的，沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组，将其转换为在每排中，沿上述第2方向延伸的呈梯级状的激光束组，其结果是，转换为全部的激光束沿上述第2方向延伸的1排的呈梯级状的激光束组进行辐射的第2光束转换器；

沿与上述第2方向基本相垂直的方向，对上述1排的呈梯级状激光束组进行准直处理，进行平行化的第2聚光器；

和将从上述第2聚光器辐射的激光束组聚焦于焦点的第3聚光器。

3. 根据权利要求1或2所述的半导体激光装置，其特征在于包括设置于上述第1光束转换器与上述光束压缩器之间，在每排中，使上述激光束组，沿与上述第1方向基本呈直角的第2方向折射，进行准直处理的第4聚光器。

4. 根据权利要求1或2所述的半导体激光装置，其特征在于包括在第3聚光器的焦点面具有端面的光纤。

5. 根据权利要求1或2所述的半导体激光装置，其特征在于上述第1聚光器为柱面透镜的1维阵列。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置, 其特征在于包括在上述第 3 聚光器的焦点面具有端面的光纤, 上述第 1 聚光器为柱面透镜的 1 维阵列。

7. 根据权利要求 3 所述的半导体激光装置, 其特征在于上述第 4 聚光器为柱面透镜的 1 维阵列。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置, 其特征在于上述光束压缩器为变形棱镜, 或变形棱镜对。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置, 其特征在于将具备用于接收与光轴相垂直的截面具有第 1 轴的入射光线的受光部; 使上述光线截面的第 1 轴基本旋转直角的光学系统; 和射出通过上述光学系统的射出光线的射出部的多个光学元件, 在叠层阵列激光二极管的辐射面上, 以 2 维排列而成的光束转换器用作第 1 光束转换器, 使上述各光学元件的受光部在同一面上邻接呈 2 维排列、并且使上述各光学元件的射出部在同一面上邻接呈 2 维排列。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置, 其特征在于将具备用于接收与光轴相垂直的截面具有第 1 轴的入射光线的受光部; 使上述光线截面的第 1 轴基本旋转直角的光学系统; 和射出通过上述光学系统的射出光线的射出部的多个光学元件, 以线状排列而成的光束转换器用作第 2 光束转换器, 上述光学元件, 按照与从上述光束压缩器辐射的梯级的间距缩小的多排的呈梯级状的激光束组的每排的辐射面相对应的方式, 使该各光学元件的受光部在同一面上邻接呈线状排列、并且使该各光学元件的射出部在同一面上邻接呈线状排列。

11. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置, 其特征在于上述光学元件为由反射面划定的空间, 其为提供第 1 反射面, 该第 1 反射面相对水平面垂直并且相对平行于水平面的入射光线倾斜  $45^{\circ}$  左右; 第 2 反射面, 该第 2 反射面与该入射光线平行, 相对水平面倾斜  $45^{\circ}$  左右; 和第 3 反射面, 该第 3 反射面与平行于该入射光线并且相对水平面垂直的面相垂直, 而且与上述第 1 反射面和第 2 反射面的交线平行, 相对水平面倾斜  $45^{\circ}$  左右的

空间。

12. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置,其特征在于上述第 1 和第 2 光束转换器所具有各个光学元件,上述各个光学元件为棱镜,该棱镜具有第 1 全反射面,第 2 全反射面,第 3 全反射面,入射面,射出面和接合面,在该棱镜中,上述第 1、第 2、第 3 全反射面按照  $60^\circ$  的交叉角相互交叉,相互平行的入射面和射出面与第 2 全反射面正交,相对第 1 和第 3 全反射面倾斜  $45^\circ$  左右,接合面与第 2 全反射面平行,该棱镜的 1 维阵列用作第 2 光束转换器,在该棱镜的 1 维阵列中,使第 3 全反射面在同一面上邻接、并且使入射面在同一面上邻接、进而使射出面在同一面上邻接,将邻接的棱镜的接合面和第 2 全反射面接合,将使棱镜的 1 维阵列进一步并排而形成的 2 维阵列用作第 1 光束转换器。

13. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置,其特征在于将下述光学玻璃体用作第 2 光束转换器,该光学玻璃体具有相互平行的第 1 和第 2 平面;以  $135^\circ$  的夹角与上述第 1 平面相交的第 3 平面;第 4 面,该第 4 面由周期性的弯曲面形成,在该弯曲面中,沿相对第 1 平面,按照  $\tan^{-1}(1/\sqrt{2})$  的角度交叉的方向,其峰线和谷线延伸的弯折角度为  $60^\circ$  的峰部和谷部呈起伏状连续地形成,并且各峰线和谷线与上述第 3 平面平行,上述第 1 平面构成入射面,上述第 2 平面构成射出面,构成上述第 4 面的弯曲面中的,以  $45^\circ$  的夹角与上述第 1 平面相交的面构成第 1 反射面,该弯曲面中的另一面构成第 2 反射面,上述第 3 平面构成第 3 反射面,将使该光学玻璃体进一步并排而形成的 2 维阵列用作第 1 光束转换器。

14. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置,其特征在于将反射镜结构体用作第 2 光束转换器,该反射镜结构体具有第 1 平面,该第 1 平面沿以  $135^\circ$  的夹角与和入射光轴相垂直的平面相交;第 2 面,该第 2 面由周期性的弯曲面形成,该弯曲面沿相对与上述入射光轴相垂直的平面,按照  $\tan^{-1}(1/\sqrt{2})$  的角度相交的方向,其峰线和谷线延伸的弯折角度为  $60^\circ$  的峰部和谷部呈起伏状连续地形成,并且各峰线和谷线与上述第 1 平面平行,对上述第 1 平面和第 2 面进行镜面处理,构成上述第 2 面的弯曲

面中的，以  $45^\circ$  的夹角和与上述入射光轴相垂直的平面相交的面构成第 1 反射面，该弯曲面中的另一面构成第 2 反射面，上述第 1 平面构成第 3 反射面，将使该反射镜结构体进一步并排而形成的 2 维阵列用作第 1 光束转换器。

15. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置，其特征在于在上述光学元件，按照夹设规定距离空间的方式，相对地设置轴倾斜  $45^\circ$  左右的凸型的柱面透镜对。

16. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置，其特征在于上述光束转换器为 1 维阵列，该 1 维阵列排列有多个按照夹设规定距离空间的方式，相对地设置轴倾斜  $45^\circ$  左右的凸型的柱面透镜对。

17. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置，其特征在于上述光学元件为在侧面的两端，具有凸型的透镜部分的柱面透镜，按照相对沿阵列方向排列的多个入射光线构成的面使轴倾斜  $45^\circ$  左右的方式将多个该光学元件接合。

18. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置，其特征在于上述光束转换器为按照相对沿阵列方向排列的多个入射光线构成的面使轴倾斜  $45^\circ$  左右的方式，将多个在侧面的两端具有凸型的透镜部分的柱面透镜接合的 1 维阵列。

19. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置，其特征在于上述光束转换器沿与截面呈长方形的光学玻璃制棱柱的入射面和射出面相同的方向，形成倾斜  $45^\circ$  左右的多个圆柱面表面，射入各圆柱表面的入射光线以其截面旋转  $90^\circ$  左右的方式射出。

20. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置，其特征在于上述光学元件为截面呈梯形的双棱镜，将多个该光学元件按照倾斜  $45^\circ$  左右的方式设置。

21. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置，其特征在于上述光学元件这样配设，将因衍射，仅在沿与中心轴相垂直的方向，随着离开中心轴衍射角变大的 2 个光学部件相对，中心轴倾斜  $45^\circ$  左右。

22. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置, 其特征在于上述光束转换器具有按照夹设规定的距离空间的方式在入射侧和射出侧, 相对地设置 1 对两重光学元件, 在入射侧两重光学元件和射出侧两重光学元件的表面上, 形成多个轴对称的阶梯状表面, 在阶梯状表面中, 按照与倾斜  $45^{\circ}$  左右的中心轴保持对称的方式, 按仅在沿与中心轴相垂直的方向, 随着离开中心轴衍射角变大的方式, 使其深度发生改变, 射入各轴对称的阶梯状表面的入射光线可按照光线的截面旋转  $90^{\circ}$  左右的方式射出。

23. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置, 其特征在于上述光学元件中, 按照相对水平面倾斜  $45^{\circ}$  左右的方式配置有下述光学部件: 该光学元件由折射率仅在一个方向上连续地变化的结构构成、在与该光学部件的配置方向垂直的方向上, 在该光学部件的中央处折射率最高、而随着从该中央处向外侧离开折射率变低。

24. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置, 其特征在于在上述光束转换器中, 使具有在中央面折射率最高, 越靠近侧面, 折射率越低的光学玻璃体的多个 1 维分布折射率透镜元件, 按照上述中央面相对水平面倾斜  $45^{\circ}$  左右的方式接合。

25. 根据权利要求 9 所述的半导体激光装置, 其特征在于在上述光束转换器中, 形成有多个半圆的中心的折射率最高, 越靠近外侧, 折射率越低的透镜元件, 该透镜元件由在光学玻璃板的两个面, 沿相同方向分别成对的, 倾斜  $45^{\circ}$  左右的半圆柱面的分布折射率透镜元件相对地设置而构成。

26. 一种半导体激光激励固体激光装置, 其特征在于包括权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置, 以及固体激光元件, 该固体激光元件具有激励受光面, 并且该激励受光面与权利要求 1 或 2 所述的第 3 聚光器的焦点位置相匹配。

27. 一种半导体激光激励固体激光装置, 其特征在于包括权利要求 4 所述的半导体激光装置; 对从权利要求 4 所述的光纤射出的光进行准直处理, 将其聚焦于焦点的光学系统; 和固体激光元件, 该固体激光元件具有

---

激励受光面，并且该激励受光面与上述焦点位置相匹配。



## 半导体激光装置和采用它的固体激光装置

### 技术领域

本发明涉及用于叠层阵列激光二极管的光束转换器，以及采用该光束转换器的激光装置。本发明还涉及将半导体激光会聚成微小的光点的半导体激光聚光器、通过半导体激光对固体激光器件进行光激励的半导体激光激励固体激光装置。

### 背景技术

用于激光加工，医用目的的激光器采用 YAG (yttrium aluminium garnet)。但是，作为固体激光器的 YAG，从电向光的转换效率较低。其原因在于由于过去的 YAG 的，用于固体激光器的激励的 Xe 灯，闪光灯的发光效率较低，另外，该发光频谱带域也较宽，故仅仅发光能量中的较小的部分可用于固体激光器的激励。由此，通常必须要求采用较大的装置和冷却水。

另一方面，半导体激光器 (LD) 的发光效率较高，整体紧凑，冷却器也不必要求较大的装置。最近，高输出功率的半导体激光器的成本正在显著下降。同样在激光加工领域，最好采用这样的半导体激光器。但是，半导体激光器的光束品质一般较差，另外，在提高单一条半导体激光器的输出功率方面，具有限制，难于照原样用于激光加工。

作为高输出功率激光器，人们知道有直线地排列 10 ~ 100 个发射激光的活性层条，提供虚线状的光源的多条半导体激光器。

作为半导体激光器中的活性层条呈 1 维方式排列的线性阵列的半导体激光器，可获得 CW (连续振荡) 输出功率为 50W 左右的类型。多条 (MULTIPLE STRIPE) 阵列半导体激光器，比如，象图 1 所示的那样，

宽度在  $100\ \mu\text{m} \sim 200\ \mu\text{m}$  的范围内的端部构成发射体的  $10 \sim$  数十个的条按照一定间距排列于整个宽度为  $1\text{cm}$  的平面内。

通过形成将几个这样的线性阵列半导体激光器重叠的，图 1 那样的，2 维阵列，可容易提高输出功率。这样的 2 维阵列半导体激光器称为叠层阵列半导体激光器。

象这样，提供下述光源，其中，在叠层的数量由  $n$  表示时，从 1 个半导体激光器元件，射出  $(10 \sim \text{数十个}) \times n$  条激光，线段呈 2 维阵列状排列。另外，Quasi—CW 半导体激光器的这样的高输出功率的半导体激光器提供下述光源，其中，许多的发射体密集地排列，射出光在射出后与来自相邻的发射体的射出光混合，基本连续的直线状的光源按照叠层数量并排。

为了将多条阵列半导体激光器用于激光加工，医用目的，必须要求采取在较窄的区域，集中高等级的能量的措施。各条光从相应的扁平的光源发射，各光束发散角中的与活性层相垂直的分量  $\phi$  较大，约在  $40^\circ \sim 50^\circ$  的范围内，平行分量  $\theta$  较小，约为  $10^\circ$ 。发光源的宽度的垂直分量较窄，在  $1\ \mu\text{m}$  以下，平行分量较宽，象上述那样，在  $100\ \mu\text{m} \sim 200\ \mu\text{m}$  的范围内。

在根据上述那样的半导体激光器的特性，采用透镜，将来自半导体激光器的射出光会聚而聚焦的场合，垂直分量可容易聚焦，但是由于光源的整个宽度较宽，发散角小于垂直分量，故平行分量难于聚焦成微小的光点。

在将来自叠层阵列激光二极管的射出光会聚的场合，针对各线性阵列，配备柱面透镜，将该光会聚，由此即使在能够会聚于更加细小的线状的束点的情况下，仍难于会聚成点状光点。

另一方面，按照使微型透镜与条 1 对 1 地对应的方式进行排列，将相应的各条光会聚，对其进行准直处理后，通过聚焦透镜聚焦，使多根光束重叠，通过这样的方法，可有效地进行光束会聚。但是，聚焦的束点直径为下述值，该值为倍率  $(f_2/f_1)$  与光源的宽度相乘而得到的值，该倍率是由聚焦透镜与束点之间的距离（即，聚焦透镜的焦距  $f_2$ ），与半导体激光器条和微型透镜之间的距离（即，微型透镜的焦距  $f_1$ ）的比确定。

于是，束点的长径 $\omega_1$ （水平部分）为下述值，该值为上述倍率与条的宽度（ $\omega_0$ ：100~200 $\mu\text{m}$ ）相乘而得到的值（ $\omega_0 \cdot f_2/f_1$ ）。由于光源的宽度非常小（1 $\mu\text{m}$ 以下），故对于垂直成分，即使在乘上相同倍率（ $f_2/f_1$ ）的情况下，仍不形成较大的束点直径。于是，如果考虑条的宽度方向的聚焦，为了减小束点，而增加光的强度，可按照与条尽可能离开的方式设置微型透镜。

但是，由于条光的垂直分量的发散角较大，故如果考虑泄漏到透镜孔径之外的辐射能量增加的情况下，前述场合难于实现。于是，考虑下述场合，即，通过相应的柱面透镜，将垂直分量和水平分量会聚，垂直分量聚光用的透镜以与条最近的距离，按照与各线性阵列半导体激光器1对1相对应的方式设置，平行分量聚光用的透镜按照与条离开，针对每个与叠层同等的条排，1对1地相对应的方式设置。

作为叠层阵列LD，12个厚度为1 $\mu\text{m}$ ，宽度为200 $\mu\text{m}$ 的条按照800 $\mu\text{m}$ 的间距排列，该线性阵列还按照数层叠置。由于条光的平行分量的光束发散角有 $10^\circ$ ，故在距条的射出端3.4mm的地方，相邻条光重合。在该重合后，放置透镜时，由于一部分的光形成与透镜的轴具有夹角的光线，在与聚焦透镜的焦点不同的点处会聚，故使系统的效率降低。

由此，为了采用微型柱面透镜阵列，分别对来自上述各条排的辐射光进行准直处理，必须在3.4mm以内的接近的位置，设置透镜（焦距 $f_1 < 3.4\text{mm}$ ）。如果将通过与将准直光聚焦的聚焦透镜的焦距 $f_2$ 相组合而确定的倍率（ $f_2/f_1$ ）与条的宽度相乘，求出聚焦束点直径，则不得不增加该值。

象这样，在过去，难于实现下述情况，即，使提供线段呈2维阵列状排列的光源的叠层阵列LD的射出激光高密度地集中于较小的面积。

另外，如果采用从半导体激光激励固体激光器中的固体激光器的光轴方向，进行光激励的端面激励方式，则可通过下述方式，实现高效率的单一基本横模振荡，该方式指使由半导体激光器输出光的激励空间与固体激光器振荡的模式空间相匹配。

以二维方式排列的半导体激光器的活性层的叠层阵列半导体激光器振

荡元件具有获得 1kW 左右的输出功率,具有能够充分地用于激光加工用的输出功率。如果采用光学系统,将该叠层阵列激光,直接进行会聚,将其会聚成充分小的光点,则应当能够将半导体激光器输出用于激光加工。

但是,叠层阵列半导体激光发生元件象上述那样,采用透镜,将来自半导体激光发生元件的射出光会聚,将其聚焦的场合,垂直分量可较容易地聚焦,但是由于光源的整个宽度较大,故平行分量难于聚焦为微小的光点。

如果打算将这样的叠层阵列半导体激光器用作激励光源,则由于象上述那样,由于阵列的宽度在 1cm 的范围内,故无法采用通常的透镜系统,将多根光束呈 1 个光点状聚焦,不能够采用激励效率良好的端面激励方式,由此,只能够用于侧面激励方式。

#### 发明内容

针对上述问题,本发明的目的在于提供一种半导体激光装置,在该半导体激光装置中,采用叠层阵列半导体激光器的半导体激光装置的焦点的能量密度提高。

本发明的目的在于提供一种新型的光束转换器,该光束转换器用于采用叠层阵列半导体激光器的半导体激光装置,可使半导体激光装置的焦点极小,提高能量密度。

本发明的还一目的在于提供一种采用上述半导体激光装置的,强半导体激光激励固体激光装置。

为了实现上述目的,本发明的半导体激光装置其特征在于包括:

沿发射激光束的第 1 方向较长的多个发射体沿该第 1 方向呈直线状并排的方式,且多排排列地设置,发射激光束单元呈 2 维阵列状排列的激光束组的叠层阵列激光二极管;

配设于上述叠层阵列激光二极管的前面,在各排中,沿与上述第 1 方向几乎成直角的第 2 方向使上述激光束组折射进行准直处理的第 1 聚光器;

配设于上述第 1 聚光器的前面,以每多个发射体间隔开地接收沿上述

第2方向经准直处理的激光束组，将其转换为在各排中沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组而进行辐射的第1光束转换器；

接收上述多排的呈梯级状的激光束组，将其转换为梯级的间隔缩小的多排的沿上述第1方向延伸的，经压缩的呈梯级状的激光束组进行辐射的光束压缩器；

配设于上述光束压缩器的前面，接收上述梯级的间隔缩小的多排的，沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组，将其转换为在各排中，沿上述第2方向延伸的呈梯级状的激光束组，其结果是，转换为全部的激光束沿上述第2方向延伸的1排的呈梯级状的激光束组进行辐射的第2光束转换器；

沿与上述第2方向基本相垂直的方向，对上述1排的呈梯级状的激光束组进行准直处理进行平行化的第2聚光器；

和将从上述第2聚光器辐射的激光束组聚焦于焦点的第3聚光器。

本发明另一种半导体激光装置，其特征在于包括：

发射激光束的，沿第1方向较长的多个发射体沿该第1方向呈直线状并排的方式，且多排排列地设置，发射激光束单元呈2维阵列状排列的激光束组的叠层阵列激光二极管；或者发射激光束的，沿第1方向较长的多个发射体沿该第1方向呈直线状密集地排列的方式，且多排排列地设置，发射激光束呈直线状基本连续以多排排列的激光束组的叠层阵列激光二极管；

设置于上述叠层阵列激光二极管的前面，在每排中，沿与上述第1方向基本呈直角的第2方向使上述激光束组折射，进行准直处理的第1聚光器；

设置于上述第1聚光器的前面，将各排内的激光束组分区，以经分区的多个激光束为单位，在各排内并排地具有将该激光束单位的截面的轴基本呈直角弯曲的光学元件，接收沿上述第2方向经准直处理的激光束组，在上述每个光学元件中，将该激光束单位的截面的轴旋转，辐射以该经分区的多个激光束为单位的、沿上述第1方向延伸的呈梯级状的激光束组的

## 第 1 光学束转换器;

接收上述多排呈梯级状的激光束组, 将其转换为梯级的间距缩小的多排的, 沿上述第 1 方向延伸的呈梯级状的激光束组进行辐射的光束压缩器;

设置于上述光束压缩器的前面, 接收上述梯级的间距缩小的, 多排的, 沿上述第 1 方向延伸的呈梯级状的激光束组, 将其转换为在每排中, 沿上述第 2 方向延伸的呈梯级状的激光束组, 其结果是, 转换为全部的激光束沿上述第 2 方向延伸的 1 排的呈梯级状的激光束组进行辐射的第 2 光束转换器;

沿与上述第 2 方向基本相垂直的方向, 对上述 1 排的呈梯级状激光束组进行准直处理, 进行平行化的第 2 聚光器;

和将从上述第 2 聚光器辐射的激光束组聚焦于焦点的第 3 聚光器。

为了实现上述目的, 本发明的第 1 光束转换器的特征在于将多个下述光学元件按照将各光学元件的受光面和射出面分别邻接的方式以 2 维阵列方式排列, 使该光学元件与叠层阵列激光二极管的发射面对应, 该光学元件接收呈狭缝状进行发射的光源的光, 沿光轴使该光线的截面中的该狭缝的方向旋转几乎直角, 将其射出。

即, 本发明的光束转换器按照从叠层阵列半导体激光器中的呈线状的各发射体, 或各发射体组发射的激光束的, 与发射体相对应的方向沿光轴旋转几乎直角的方式构成。

为了实现上述目的, 本发明的光束压缩器, 接收以较稀间隔并排的狭缝状的激光束进一步多排并排, 由此辐射的, 来自第 1 光束转换器的辐射光, 将其变换为较密间隔的并排而压缩的狭缝状的激光束的 1 排直列的排列。

为了实现上述目的, 本发明的第 2 光束转换器的特征在于将多个下述光学元件按照各光学元件中的受光面与射出面分别邻接, 呈直线排列, 与光束压缩器的辐射面对应, 该光学元件接收以较密间隔并排而压缩的狭缝状的激光束 1 排直列而辐射的, 来自光束压缩器的辐射光, 使该压缩激光束的截面中的该狭缝的方向沿光轴旋转几乎直角, 将其射出。

即，象这样构成，通过第1光束转换器、光束压缩器和第2光束转换器，使从叠层阵列半导体激光器中的呈线状的各发射体，或各发射体组发射的激光束中的，与狭缝相对应的方向沿光轴旋转几乎直角两次，由此，提供转换为全部的发射体，或各发射体组为1排并排的发射体，或发射体组的激光束。

另外，为了实现上述的还一目的，本发明的半导体激光激励固体激光装置，在从上述半导体激光装置输出的该激光束的焦点处，配置使固体激光装置的激励光射入的端面。

#### 附图说明

图1为说明叠层阵列激光二极管和激光束的指向性的图；

图2为本发明的半导体激光装置的平面图；

图3为图2所示的半导体激光装置的正视图；

图4为在第1光束转换器与光束压缩器之间，还采用第4聚光器的本发明的半导体激光装置的平面图；

图5为图4所示的半导体激光装置的正视图；

图6为采用密集型发射体结构的半导体激光器的本发明的半导体激光装置的平面图；

图7为图6所示的半导体激光装置的正视图；

图8为采用光纤的本发明的半导体激光装置的平面图；

图9为图8所示的半导体激光装置的正视图；

图10为说明本发明的第1光束转换器、光束压缩器、及第2光束转换器的方块图；

图11为采用3个直角棱镜说明3次反射的光束转换的原理的图；

图12为表示呈斜角柱状的光学元件，与采用它进行的光束转换的透视图；

图13为表示并排设置图12的光学元件而获得的光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 14 为表示与图 13 的光束转换器等效的一体的光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 15 为表示将图 14 的光束转换器叠层而获得的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 16 为表示将反射镜阵列叠层而获得的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 17 为表示并排设置柱面透镜的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 18 为表示并排设置入射面和射出面具有圆柱表面的光学元件的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 19 为表示采用光学玻璃块体制作的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 20 为表示并排设置双棱镜的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 21 为表示并排设置双重的光学器件的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 22 为表示并排设置 1 维分布折射率透镜的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 23 为表示并排设置半圆柱面的分布折射率透镜元件的第 1 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 24 为表示采用变形棱镜的光束压缩器，与采用它进行的光束压缩的透视图；

图 25 为表示图 24 所示的光束压缩器，与采用它进行的光束压缩的平面图；

图 26 为表示采用 2 个变形棱镜的变形棱镜对的光束压缩器，与采用它进行的光束压缩的透视图；

图 27 为图 26 所示的光束压缩器，与采用它进行的光束压缩的平面图；

图 28 为表示并排设置呈斜角柱状的光学元件而获得的第 2 光束转换



器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 29 为表示与图 28 的光束转换器等效的一体的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 30 为表示并排设置反射镜元件的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 31 为表示并排设置柱面透镜的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 32 为表示并排设置入射面与射出面具有圆柱表面的光学元件的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 33 为表示采用光学玻璃块体制作的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 34 为表示并排设置双棱镜的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 35 为表示并排设置双重的光学器件的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 36 为表示并排设置 1 维分布折射率透镜的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 37 为表示并排设置半圆柱面的分布折射率透镜元件的第 2 光束转换器，与采用它进行的光束转换的透视图；

图 38 为说明本发明的半导体激光激励固体激光装置的方块图的平面图；

图 39 为说明图 38 所示的半导体激光激励固体激光装置的方块图的正视图；

图 40 为说明本发明的光纤光导半导体激光激励固体激光装置的方块图的平面图；

图 41 为说明图 40 所示的光纤光导半导体激光激励固体激光装置的方块图的正视图。

## 具体实施方式

下面根据附图，对本发明进行具体描述。

图2为本发明的半导体激光装置的平面图，图3为其正视图。

叠层阵列半导体激光器10，在5~40mm的高度范围内，叠置有线性阵列半导体激光器（在图中显示出4层），在线性阵列半导体激光器中，在宽度约为10mm的间距之间，呈一排排列有10~100个发射激光束（在图中，为了方便，显示6个）的活性层条12。

在各活性层条12的截面中，比如，宽度在100~200 $\mu\text{m}$ 的范围内，厚度在0.1~1 $\mu\text{m}$ 的范围内，从活性层条的端面发射的激光光线构成叠层阵列半导体激光器10的发光光源，其厚度方向的辐射角在40°~50°范围内，宽度方向的辐射角为10°。由于该活性层条呈一排并排于线性阵列半导体的端部，故该叠层阵列半导体激光器提供线段呈二维阵列状排列的发光的光源。

第1柱面透镜阵列20具有沿活性层条的厚度方向，将从叠层阵列半导体激光器10发射的激光会聚的作用，使与活性层条相垂直的分量的发散光平行。由于第1柱面透镜阵列20具有沿宽度方向相等的厚度，光基本上直线行进，故激光束的宽度方向的辐射角约为10°而不变化。

第1光束转换器30将从第1柱面透镜阵列20输出的激光束的截面相对入射光，旋转约90°。第1光束转换器30按照下述方式，呈2维阵列状排列，该方式为：使1对1地与叠层阵列半导体激光器10中的各活性层条12相对应的光学元件，与各活性层条相对应。

由于下述激光束通过第1光束转换器30，针对每个活性层条12，旋转约90°，该激光束指通过第1柱面透镜20，以约10°的角度沿宽度方向辐射，沿厚度方向形成平行光的激光束（参照图3），故将该激光束转换为沿厚度方向辐射角约为10°，沿宽度方向平行的光（参照图2）。另外，上述光学元件也可与具有多个活性层条的条组相对应。

象这样，由于旋转约90°，经光束转换的激光束只按照各活性层条，或条组的数量平行并排，故叠层阵列半导体激光器10的发射光与下述场合

实质上相同，该场合指活性层条呈梯级状并排，进一步将多个该并排的活性层条并排，呈2维方式排列。

激光压缩器40将呈梯级状并排的激光束的梯级的间距缩小，将激光束压缩。这样的经压缩的激光束还沿叠层阵列半导体激光器的高度方向按1排直列。

第2光束转换器50最终使从光束转换器40输出的压缩激光束的截面相对入射光，旋转90°左右。第2光束转换器50按照下述方式，沿叠层阵列半导体激光器的高度方向直线地排列，该方式为：使1对1地与来自压缩光学系统40的压缩激光束相对应的光学元件与压缩激光束对应。

其结果是，从全部的活性层条射出的激光束组构成以1排并排的激光束组。另外，上述按1排并排的激光束组的并列单元象前述那样，也可与具有多个活性层条的条组相对应。

第2柱面透镜60与叠层阵列半导体激光器的高度方向平行地设置。在从该叠层阵列半导体激光器10发射的，通过柱面透镜阵列20和第1光束转换器30、光束压缩器40、第2光束转换器50的激光，针对每个活性层条，与活性层条相垂直的分量构成平行光，宽度方向的辐射角为10°，但是，由于它们并排在一起，故全部激光束沿与半导体激光器的活性层平行的方向的辐射角约为10°。由于第2柱面透镜60接收该激光，形成与宽度方向相平行的光，故激光形成与任何的方向均保持平行的光。

聚焦透镜70将通过第2柱面透镜，变为完全的平行光的激光束，会聚成较小的射束点。在这里，如果第1柱面透镜20的焦距由 $f_1$ 表示、第2柱面透镜60的焦距由 $f_3$ 表示、聚焦透镜70的焦距由 $f_2$ 表示、活性层条的宽度由 $\omega_0$ 表示，厚度由 $d_0$ 表示，则来自一个活性层条的激光束点的宽度 $\omega_1$ 、厚度 $d_1$ 象下述这样求出。

$$d_1 = d_0 \cdot f_2 / f_1$$

$$\omega_1 = \omega_0 \cdot f_2 / f_3$$

于是，为了获得尖锐的光点， $f_1$ 和 $f_3$ 越大越好。在这里，如果考虑 $\omega_0$ 在100~200 $\mu\text{m}$ 的范围内， $d_0$ 在0.1~1 $\mu\text{m}$ 的范围内，则 $f_1$ 的大小与

$f_3$  相比较,没有问题。在  $\omega_0$  为  $200\ \mu\text{m}$ , 条的排列间距为  $800\ \mu\text{m}$ , 活性层条长轴方向的辐射角为  $10^\circ$ , 另外,叠层的排列间距为  $4\text{mm}$  的实例中,来自相邻的条的激光按照距条射出端面  $3.4\text{mm}$  的距离,沿长轴方向重合。

因此,当不采用本发明时,为了有效地利用输出能量,第 1 和第 2 柱面透镜均必须设置于距条表面,  $3.4\text{mm}$  以下的距离处,为了使激光束保持平行,  $f_1$  和  $f_3$  的最大尺寸必须为  $3.4\text{mm}$ 。

但是,如果将  $f_1$  具有小于  $3.4\text{mm}$  的适当值的第 1 柱面透镜和第 1 光束转换器设置于距条射出端面,  $3.4\text{mm}$  以下的距离处,通过第 1 光束转换器,使激光束旋转,则沿与活性层平行的方向,激光束形成平行光,不相互重叠。

另外,可沿与活性层相垂直的方向,具有约  $10^\circ$  的扩散。其结果是,沿与活性层相垂直的方向,相邻的叠层的激光在来自条表面的光路长度为  $21.7\text{mm}$  的位置处重合。于是,如果将光束压缩器与第 2 光束转换器设置于  $21.7\text{mm}$  以下的位置,通过该第 2 光束转换器,使激光束旋转,则沿与与活性层相垂直的方向,形成平行光,光不相互重叠。另外,沿与活性层平行的方向,可具有约  $10^\circ$  的扩散。

为了通过第 2 柱面透镜,使该辐射光形成平行光,焦距  $f_3$  取足够大的值。即,  $f_3$  可不限为  $3.4\text{mm}$ ,  $21.7\text{mm}$ , 而选择适当的值,比如,当选择与聚焦透镜的焦距  $f_2$  相同的值时,射束点的宽度  $\omega_1$  为  $200\ \mu\text{m}$ 。

如果象这样,采用本发明的激光装置,可使射束点的宽度  $\omega_1$  与厚度  $d_1$  为足够小的值,可获得有效利用线性阵列激光二极管的输出的强激光。于是,本发明的激光装置可用于激光加工,作为激光手术刀,而用于医疗领域。

图 4 为在第 1 光束转换器与光束压缩器之间,插入第 2 柱面透镜阵列的本发明的半导体激光装置的平面图,图 5 为其正视图。第 2 柱面透镜阵列 80 沿与活性层平行的方向,具有聚光作用,但是,通过与柱面透镜 60 相配合的复合光学系统,使从叠层阵列半导体激光器 10 发射的激光中的沿活性层条的宽度方向的发散光处于平行状态。通过插入第 2 柱面透镜阵列,

可延长距到相邻的叠层的激光重合的位置处的条表面的光路长度。可使设置光束压缩器的空间具有余量。

另外,该柱面透镜阵列 80 是为了完全确保光束转换器与光束压缩器的间距余量而插入的,其不以对活性层条阵列方向的发散角进行补偿,进行准直处理为目的。其原因在于如前面所述,由于该方向的聚光直径 $\omega_1$ 与柱面透镜阵列(在此场合,透镜阵列 60 和 80 的复合焦距) $f_3$ 成反比,故希望 $f_3$ 为尽可能大的值。

于是,最好,即使在插入柱面透镜阵列 80 的情况下,仍还设置柱面透镜阵列 60。

图 6 为下述场合的本发明的半导体激光装置的平面图,该场合指作为叠层阵列激光二极管采用发光部分的密度较高的假连续振荡激光二极管 Quasi—CW—LD 等,图 7 为其正视图。在该叠层阵列激光二极管 10 中,高密度地设置有多个活性层条 12,形成实质上没有隔开的直线状发光部。

第 1 光束转换器 30,与活性层条的尺寸无关,或按照适当数量直线地排列具有尺寸与规定数量的条相对应的光学元件。第 1 柱面透镜阵列 20、第 1 光束转换器 30、光束压缩器 40、第 2 光束转换器 50、第 2 柱面透镜 60、聚焦透镜 70 的位置,作用与通过图 2 和图 3 已描述的相同。

当象这样,采用活性层条的宽度较小,其间距较窄的激光二极管时,如果使第 1 光束转换器的光学元件与活性层条 1 对 1 地相对应,则难于制作光束转换器。在本实施例中,将适当数量的活性层条组合成组,与其相对应,以代替前述的方式。另外,也可考虑下述场合,在该场合,将激光二极管的发光部看作 1 个条,而代替视为虚线状的方式,通过光学元件,对其进行适当划分,使其旋转,实质上,使呈梯级状发光的激光二极管变化。

图 8 为采用光纤 90 的本发明的激光装置的平面图,图 9 为其正视图。在上述激光装置所形成的激光束点的位置,设置光纤 90 的受光面,可接收从激光器 10 发射的激光能量,将其传递到光纤 90 的另一端面侧。

可获得下述激光装置,其中,根据光纤 90 的长度和柔性,简单地将发

光部带入所需场所，进行作业，容易使用。另外，将输出功率为 800W 的叠层阵列激光二极管 10 作为光源，在纤芯直径为  $400\ \mu\text{m}$  的光纤 90 的入射面，形成比纤芯的截面小的激光束点，象这样形成的激光装置的效率为 60%。

图 10 为说明由本发明的第 1 光束转换器 30、光束压缩器 40、第 2 光束转换器 50 形成的光学系统的方块图。第 1 光束转换器 30 象图 10 所示的那样，按照呈 2 维阵列状，将适当数量的光学元件 32 连接的方式形成。第 1 光束转换器的宽度和高度与叠层阵列激光二极管的发光面对应。

光学元件 32 象图 10 所示的那样，具有受光面，该受光面以与其面相垂直的方式对沿第 1 光束转换器的宽度方向，具有活性层条的轴向的激光束 36 进行受光；输出面，该输出面按照与其面垂直的方式输出下述激光束 37，该激光束 37 是在光学元件的内部，沿光轴，接受将光路扭转的处理，将光路转换而形成的激光束。光学元件 32 比如，接收从按照  $800\ \mu\text{m}$  的反复间距而并排的活性层条发射的，水平地具有条长轴方向的激光束 36，使已接收的激光束的截面的方向基本旋转  $90^\circ$ ，进行条轴向为垂直的这样的转换。

用于第 1 光束转换器 30 的光学元件 32 一般可 1 对 1 地与下述活性层条 12 相对应，该活性层条 12 指用于装配有第 1 光束转换器的激光装置的叠层阵列激光二极管 10 中的活性层条 12。于是，比如，在反复使用按照  $800\ \mu\text{m}$  的间距，12 个活性条并排，接着，它们每次按照 4mm 的尺寸，叠置成 4 层的叠层阵列激光二极管的场合，在第 1 光束转换器中，反复按照  $800\ \mu\text{m}$  的间距，并排 12 个活性层条，接着，它们每次按照 4mm 的尺寸重叠。

但是，象图 6 所示的示例那样，以下述方式使用，该方式为：在活性层条以高密度并排的场合，将激光束视为是从 1 个连续波发射的光束，以适当的间隔，将第 1 光束转换器所接收的激光分隔，针对每个部分，旋转激光束约  $90^\circ$ ，由此，实质上，可用作这样构成的叠层阵列激光二极管，其中，形成具有以上述间距作为宽度的梯级状发光部的线性阵列激光二极

管，接着，将这些线性阵列激光二极管重叠。针对这样的目的，不依赖活性层条的数量，而以2维方式并排设置适当数量的光学元件。

与叠层阵列激光二极管的发射面为平面的情况相对应，第1光束转换器30的入射面与射出面在第1光束转换器的整个范围内，分别设置于1个平面上，该情况从激光装置的结构方面来说是有利的。

上述光学元件在US5513201号专利中给出，可根据各种原理形成。

首先，考虑基于3次反射的扭转的光学元件。在该场合，容易想到假定3个直角棱镜。即，象图11所示的那样，将3个直角棱镜组合。如果将横向的扁平的激光束射入第1直角棱镜，则通过第1、第2、第3棱镜内的3次全反射，形成扭转 $90^\circ$ 的纵向的扁平的激光束，从第3直角棱镜射出。可通过图12那样的1个棱镜元件，实现由3个直角棱镜达到的功能。该棱镜具有第1全反射面，第2全反射面，第3全反射面，入射面，射出面和接合面，在该棱镜中，上述第1、第2、第3全反射面按照 $60^\circ$ 的交叉角相互交叉，相互平行的入射面和射出面与第2全反射面正交，相对第1和第3全反射面倾斜 $45^\circ$ 左右，接合面与第2全反射面平行，该棱镜为1维阵列，其中使第3全反射面和使入射面分别在同一面上邻接，将邻接的棱镜的接合面和第2全反射面接合。

如果将这样的棱镜元件按1维阵列排列，形成图13那样的棱镜阵列，则射入呈虚线状直列排列的激光束，转换为呈梯级状并排的排列的激光束，然后射出。这样的棱镜阵列也可由1块玻璃基板，象图14那样，成整体形成。该棱镜阵列包括光学玻璃体，该光学玻璃体具有相互平行的第1和第2平面；以 $135^\circ$ 的夹角与上述第1平面相交的第3平面；第4面，该第4面由周期性的弯曲面形成，在该弯曲面中，沿相对第1平面，按照 $\tan^{-1}(1/\sqrt{2})$ 的角度交叉的方向，其峰线和谷线延伸的弯折角度为 $60^\circ$ 的峰部和谷部呈起伏状连续地形成，并且各峰线和谷线与上述第3平面平行，上述第1平面构成入射面，上述第2平面构成射出面，构成上述第4面的弯曲面中的，以 $45^\circ$ 的夹角与上述第1平面相交的面构成第1反射面，该弯曲面中的另一面构成第2反射面，上述第3平面构成第3反射面。如果沿

纵向将这样的棱镜阵列重叠，象图 15 那样，形成棱镜元件的 2 维阵列，则射入虚线并排的排列的激光束，转换为梯级并排的排列的激光束，然后射出。

3 次反射不必象直角棱镜那样，一定为直角，其结果是，可射入虚线并排的排列的激光束，转换为梯级状并排的排列的激光束射出。

采用反射面的光学元件也可不是棱镜，而为适当设置的反射镜。

在采用反射镜，构成光束转换器的场合，可按照棱镜阵列的全反射面构成反射面的方式，形成反射镜阵列。作为反射镜的材料，可采用金属、镀金属的玻璃、涂有反射涂层的玻璃、塑料、硅等。精细的光学元件可采用精密模具制造，或，比如，采用硅半导体制造工艺，LIGA 工艺而制造。在采用硅晶体的场合，使其劈裂面形成反射镜面的加工也是容易的。

如果采用 1 维的反射镜阵列，则射入呈虚线状直列的排列的激光束，转换为呈梯级状并排的排列的激光束，将其射出。这样的 1 维反射镜阵列包括反射镜结构体，该反射镜结构体具有第 1 平面，该第 1 平面沿以  $135^\circ$  的夹角与和入射光轴相垂直的平面相交；第 2 面，该第 2 面由周期性的弯曲面形成，该弯曲面沿相对与上述入射光轴相垂直的平面，按照  $\tan^{-1}(1/\sqrt{2})$  的角度相交的方向，其峰线和谷线延伸的弯折角度为  $60^\circ$  的峰部和谷部呈起伏状连续地形成，并且各峰线和谷线与上述第 1 平面平行，对上述第 1 平面和第 2 面进行镜面处理，构成上述第 2 面的弯曲面中的，以  $45^\circ$  的夹角和与上述入射光轴相垂直的平面相交的面构成第 1 反射面，该弯曲面中的另一面构成第 2 反射面，上述第 1 平面构成第 3 反射面。如果沿纵向将这样的反射镜阵列重叠，象图 16 那样，形成反射镜元件的 2 维阵列，则射入虚线并排的排列的激光束，转换为梯级并排的排列的激光束，将其射出。

图 17 为表示并排设置柱面透镜的第 1 光束转换器的图。该第 1 光束转换器这样形成，将柱面透镜的轴倾斜  $45^\circ$  而并排设置该透镜，然后，将其按照夹有具有适当距离的空间的方式相对设置。水平地射入入射面的扁平的光线通过倾斜  $45^\circ$  的柱面透镜，接受伴随入射位置而不同的折射作用，



扁平轴旋转，接着，在相对射出面倾斜  $45^\circ$  的柱面透镜中，扁平轴共计旋转约  $90^\circ$ ，之后从射出面射出。

通过使用第 1 光束转换器，来自叠层阵列激光二极管的条光实质上按照梯级并排的排列而变化。在倾斜  $45^\circ$  的柱面透镜的排列不与邻接的线性阵列 LD 层的条的排列相对应的场合，可按照与线性阵列 LD 层相对应的方式，分区域地将柱面透镜阵列切断，按照与条保持一致的方式错开。

图 18 表示下述第 1 光束转换器，其中，将入射面和射出面具有圆柱表面，侧面是平行的，内部密度较高的，多个光学玻璃制光学元件接合。该光学元件也为一种柱面透镜。光学元件相对水平面倾斜  $45^\circ$ 。水平地射入入射面的扁平的光线受到在倾斜  $45^\circ$  的入射面的圆柱表面产生的不同的折射作用，扁平轴旋转，接着，在射出面中的倾斜  $45^\circ$  的圆柱表面，扁平轴旋转几乎  $90^\circ$  左右，然后，光线从射出面射出。通过采用第 1 光束转换器，来自叠层阵列激光二极管的条光实质上按照梯级并排的排列而变化。另外，接合有多个该光学玻璃制光学元件的器件也可以作为第 2 光束转换器使用。

在与条光间距相匹配的场合，侧面不必为平行面，也可采用截面为正圆的柱面透镜。在倾斜  $45^\circ$  的柱面透镜的排列不与邻接的线性阵列 LD 层的条的排列一致的场合，与前述相同，可按照与线性阵列 LD 层相对应的方式，分区域地将柱面透镜阵列切断，按照与条保持一致的方式错开。

图 19 表示通过光学玻璃块体制作的第 1 光束转换器。在该光束转换器中，在截面呈长方形的光线玻璃制棱柱的入射面与射出面，形成沿相同方向倾斜  $45^\circ$  的，多个圆柱表面，该第 1 光束转换器的功能与图 18 的光束转换器相同。倾斜  $45^\circ$  的圆柱表面的排列不与邻接的线性阵列 LD 层的条的排列一致的场合，与前述相同，可按照与线性阵列 LD 层相对应的方式，分区域地将圆柱表面阵列切断，按照与条保持一致的方式错开。

图 20 表示设置多个双棱镜的第 1 光束转换器。光学元件相对水平面，倾斜  $45^\circ$ 。水平地射入入射面的扁平的光线为因伴随入射位置，底面处的反射位置不同，垂直地在射出面射出的扁平的光线。于是，扁平轴旋转  $90^\circ$

°左右射出。通过采用第1光束转换器，来自叠层阵列激光二极管的条光实质上按照梯级并排的排列而变化。在将邻接的双棱镜接合的场合，可根据需要，在双棱镜的底面形成反射涂层。

光束转换器也可为采用利用衍射的光学元件的类型。图21为表示利用双重的光学器件的第1光束转换器的图。在该光学元件中，透明板按照中心轴倾斜45°的方式排列，沿与各中心轴相垂直的方向，按照与中心轴保持对称的方式，设置深度变化的多个槽，该光学元件呈阶梯状。槽的深度按照利用衍射，伴随从中心向外，衍射角增加的方式变化。射出面的阶梯状表面按照与入射面的阶梯状表面保持面对称的方式切刻加工。水平地射入入射面的扁平的光线在中心轴倾斜45°的阶梯状表面，受到伴随入射位置而不同的折射作用，其扁平轴旋转，接着，在相对射出面，中心轴倾斜45°的阶梯状表面，其扁平轴共计旋转90°，然后该光线从射出面射出。这样的双重的光学器件由光学玻璃，塑料形成，也可采用半导体制造工艺制造，还可采用模具制造。

图22表示由在中央面，折射率最高，越靠近侧面，折射率越低的光学玻璃体形成的，多个1维分布折射率透镜接合而形成的第1光束转换器。该1维分布折射率透镜相对水平面，倾斜45°。水平地射入入射面的扁平的光线受到朝向倾斜45°的中央面的折射作用，扁平轴旋转90°左右，然后该光线从射出面射出。

图23表示下述第1光束转换器，其中，在光学玻璃板的两个表面，沿相同方向，相对地设置分别成对的，基本呈半圆柱面的分布折射率透镜元件，形成多个这样的组合体。半圆柱的中心轴相对水平面，倾斜45°，半圆的中心的折射率为最高，越靠近外侧，折射率越低。光学玻璃板的两个表面构成入射面和射出面，水平地射入入射面的扁平的光线在倾斜45°的分布折射率透镜元件中，受到伴随入射位置而不同的折射作用，其扁平轴旋转90°左右，然后，该光线从射出面射出。

图24为表示采用变形棱镜的光束压缩器的透视图，图25为其平面图。如果具有一定宽度的平行光线射入该变形棱镜，则转换为因折射效应，使

宽度缩小的光束，其从变形棱镜射出。

象图 26 的透视图，与作为其平面图的图 27 所示的那样，如果再配备 1 个变形棱镜，形成变形棱镜对，则由于 2 次的折射的效果，不仅宽度进一步缩小，而且相对入射光轴，射出光轴仅仅平行地移动，方向不改变。

从第 1 光束转换器射出的，呈梯级状并排的激光束排进一步按多排并排，以 2 维方式排列的激光束组通过变形棱镜，进行光束压缩处理，转换为针对各相应的激光束排，排压缩，梯级的间距缩小的激光束排，其结果是，转换为这些压缩激光束排按 1 排直列的排列。

另外，如果配备再 1 组变形棱镜对，使用共计 4 个变形棱镜，则可使射出光轴位于入射光轴的大致前方。显然，如果不考虑光轴的方向变化，则也可仅仅使用 1 个变形棱镜。

第 2 光束转换器 50 象图 10 所示的那样，这样形成，即，呈 1 维阵列状，只以叠层阵列激光二极管的叠层的数量，将光学元件 52 连接。用于第 2 光束转换器 50 的光学元件 52 可 1 对 1 地与从光束压缩器 40 射出的各压缩激光束排相对应。该光学元件 52 按照与用于第 1 激光转换器 30 的光学元件 32 相同的原理，将已射入的激光束扭转  $90^\circ$ 。于是，如果已压缩的并排激光束排进一步按照直列布置而形成的激光束组从光束压缩器射出，射入第 2 光束转换器，则已压缩的并排激光束排扭转  $90^\circ$ ，其结果是，全部的激光束单元构成按 1 排并排的排列。

上述光学元件可按照用于第 1 光束转换器的各种原理而形成。

首先，考虑基于 3 次反射的扭转的场合。象图 28 所示的那样，按照 1 维阵列方式排列棱镜元件，其中，如果射入纵向的扁平的激光束沿横向并排的激光束，则形成通过 3 次的反射，扭转  $90^\circ$  的横向的扁平的激光束沿纵向并排的激光束，然后其射出，在此场合，射入经压缩的并排激光束排进一步按直列布置而形成的激光束，转换为全部的激光束单元按 1 排并排的排列，然后其射出。象这样的 1 维阵列也可采用 1 块玻璃基板，象图 29 那样，单片形成。

3 次的反射不必一定象直角棱镜中的那样，为直角，其结果是，射入

经压缩的并排激光束排进一步按直列布置而形成的激光束组，可转换为全部的激光束单元按照 1 排并排的排列，这一点与第 1 光束转换器的场合相同。

另外，采用反射面的光学元件也可为不为棱镜，而为以适当方式设置的反射镜。

象图 30 那样，如果形成通过 3 次反射，扭转  $90^\circ$  的横向的扁平的激光束沿纵向并排者，将其射出的反射镜元件按 1 维阵列方式排列，则射入经压缩的并排的激光束排进一步按直列布置而形成的激光束组，转换为全部的激光束单元按 1 排并排的排列，将其射出。

图 31 为表示并排设置柱面透镜的第 2 光束转换器的图。在该光束转换器中，按照柱面透镜的轴倾斜  $45^\circ$  的方式并排设置该透镜而形成的组合体以夹有具有适当距离的空间的方式相对地设置。

水平地射入入射面的，经压缩的并排激光束排在倾斜  $45^\circ$  的柱面透镜中，受到伴随入射位置而不同的折射作用，光束排的截面旋转，接着，在相对射出面倾斜  $45^\circ$  的柱面透镜中，光束排的截面共计旋转  $90^\circ$  左右，然后，该光束从射出面射出。

通过采用第 2 光束转换器，来自光束压缩器的，经压缩的并排激光束排进一步按直列布置而形成的激光束组实质上转换为全部的激光束呈梯级状，按 1 排并排的排列。此时，全部的梯级的间距不必相同。

图 32 表示下述光束转换器，其中，接合有多个，入射面和射出面具有圆柱表面，侧面是平行的，内部稠密的光学玻璃制的光学元件。光学元件相对水平面，倾斜  $45^\circ$ 。水平地射入入射面的，经压缩的并排激光束排受到在倾斜  $45^\circ$  的入射面的圆柱表面产生的不同的折射作用，光束排的截面旋转，接着，在射出面倾斜  $45^\circ$  的圆柱表面，光束排的截面旋转  $90^\circ$  左右，然后该光束从射出面射出。

通过使用该第 2 光束转换器，来自光束压缩器的，经压缩的并排激光束排进一步按直列布置而形成的激光束组实质上转换为全部的激光束呈梯级状，按 1 排并排的排列。此时，全部的梯级的间距不必相同。在与经压

缩的并排激光束排与邻接的光束排的间距匹配的场所，也可采用侧面不必为平行面，截面为正圆的柱面透镜。

图 33 表示采用光学玻璃块体制作的第 2 光束转换器。在该光束转换器中，在截面呈长方形的光学玻璃制棱柱的入射面与射出面，沿相同方向，形成倾斜  $45^\circ$  的多个圆柱表面，该光束转换器的功能与图 32 的光束转换器相同。

图 34 表示采用双棱镜的第 2 光束转换器。水平地射入入射面的，经压缩的并排激光束排在倾斜  $45^\circ$  的双棱镜的入射面发生折射，形成因入射位置不同，在底面不同的反射位置，由此，在射出面，光束排的截面旋转  $90^\circ$  左右，然后该光束排从射出面折射地射出。在将邻接的双棱镜接合的场所，根据需要，可在双棱镜的底面形成反射涂敷层。

图 35 表示采用双重光学器件的第 2 光束转换器。在该光束转换器中，在入射面和射出面，沿相同方向，形成多个，中心轴倾斜  $45^\circ$  的阶梯状表面。水平地射入入射面的，经压缩的并排激光束排受到在倾斜  $45^\circ$  的入射面的阶梯状表面产生的不同的衍射作用，光束排旋转，接着，在射出面中的倾斜  $45^\circ$  的阶梯状表面，光束排的截面旋转  $90^\circ$ ，然后该光束排从射出面射出。

图 36 表示采用 1 维分布折射率透镜的第 2 光束转换器。在该光束转换器中，由在中央面，折射率最高，越靠近侧面，折射率越低的光学玻璃体形成的，多个 1 维分布折射率透镜按照倾斜  $45^\circ$  的方式接合。水平地射入入射面的，经压缩的并排激光束排在倾斜  $45^\circ$  的 1 维分布折射率透镜内，受到伴随入射位置而不同的折射作用，光束排旋转，光束排的截面旋转  $90^\circ$ ，然后该光束排从射出面射出。

图 37 表示采用相对设置的分布折射率透镜元件的第 2 光束转换器。在该光束转换器中，在光学玻璃板的两个面，沿相同方向，分别成对的基本呈半圆柱面的分布折射率透镜元件相对地设置，形成多个这样的组合体。半圆柱的中心轴相对水平面倾斜  $45^\circ$ ，半圆的中心的折射率最高，越靠近外侧，折射率越低。水平地射入入射面的，经压缩的并排激光束排因倾斜

45° 的分布折射率透镜元件，受到伴随入射位置而不同的折射作用，光束排旋转，光束排的截面旋转 90°，然后该光束排从射出面射出。

图 38 为说明本发明的半导体激光激励固体激光装置的方块图的平面图，图 39 为其正视图。该半导体激光激励固体激光装置将本发明的半导体激光装置用作固体激光器 95 的激励光源。采用叠层阵列激光二极管的以往的半导体激光装置即使在通过光学系统，将能量集中的情况下，仍限制在横向较长的区域，实质的能量密度不增加。另外，如果要有效地利用该能量，则只能实现固体激光器的侧面激励。

本发明的半导体激光激励固体激光装置通过具有较短的焦距  $f_1$  的第 1 柱面透镜阵列 20，沿与条相垂直的方向将叠层阵列激光二极管 10 的虚线状发光条会聚，然后，采用第 1 光束转换器 30，将其转换为多排的梯级状激光束，通过光束压缩器 40，针对每排，对光束进行压缩，通过第 2 光束转换器 50，针对每排，使光束旋转，转换为全部的光束按 1 排并列的排列，接着，通过具有较长的焦距  $f_3$  的第 2 柱面透镜 60，沿梯级状激光束的横向将该光束会聚，然后，通过聚焦透镜 70，将能量会聚于固体激光元件 96 的受光面上的较小的区域。

本发明的半导体激光装置象前述那样，可采用纵向  $f_2/f_1$  与横向  $f_2/f_3$  不同的聚光作用，将能量集中于规定的较窄的范围内。由此，采用本发明的半导体激光装置的半导体激光激励固体激光装置可有效地灵活使用叠层阵列激光二极管 10 的输出，并且还可实现固体激光器 95 的端面激励。

作为固体激光器件，除了可采用 YAG、YLF 等的，普通的固体激光器件，也可采用具有 Q 开关，波长转换元件的固体激光器件。

另外，也可按照具有布留斯特 (Brewster) 角的方式，将激励光源射入固体激光器件中。固体激光器件也可为短吸收长激光晶体 ( $YVO_4$ )。可通过本发明的半导体激光激励固体激光装置，采用 300W 的半导体激光器件，获得 100W 的 YAG 激光输出功率。

图 40 为说明本发明的光纤光导半导体激光激励固体激光装置的方块图的平面图，图 41 为其正视图。该光纤光导半导体激光激励固体激光装置

通过光纤 90，对本发明的半导体激光装置的输出进行光导处理，形成固体激光器 95 的激励光源。在光纤的输出部，设置有光学系统 92，该光学系统 92 用于对从端部发射的激光束的能量进行准直处理，再次使其会聚。

象这样，由于在半导体激光装置部分和固体激光装置部分之间，夹设柔软的光纤，故具有装置的自由度显著地增加，组成容易的优点。可通过本发明的光纤光导半导体激光激励固体激光装置，采用 400W 的半导体激光器件，获得 80W 的 YAG 激光输出功率。

在本发明的半导体激光装置中，由于叠层阵列激光二极管产生的激光能量可会聚于极小的面积，故可充分地用于激光加工，医疗领域。另外，采用本发明的光束转换器，具有实质上将叠层阵列半导体激光器中的发射体呈 1 排的梯级状排列的效果的半导体激光装置可将叠层阵列半导体激光器的能量集中于极小的焦点处。另外，本发明的半导体激光激励固体激光装置可实现灵活使用高强的半导体激光器的端面激励，可获得效率较高的，光束质量良好的固体激光输出。

图1

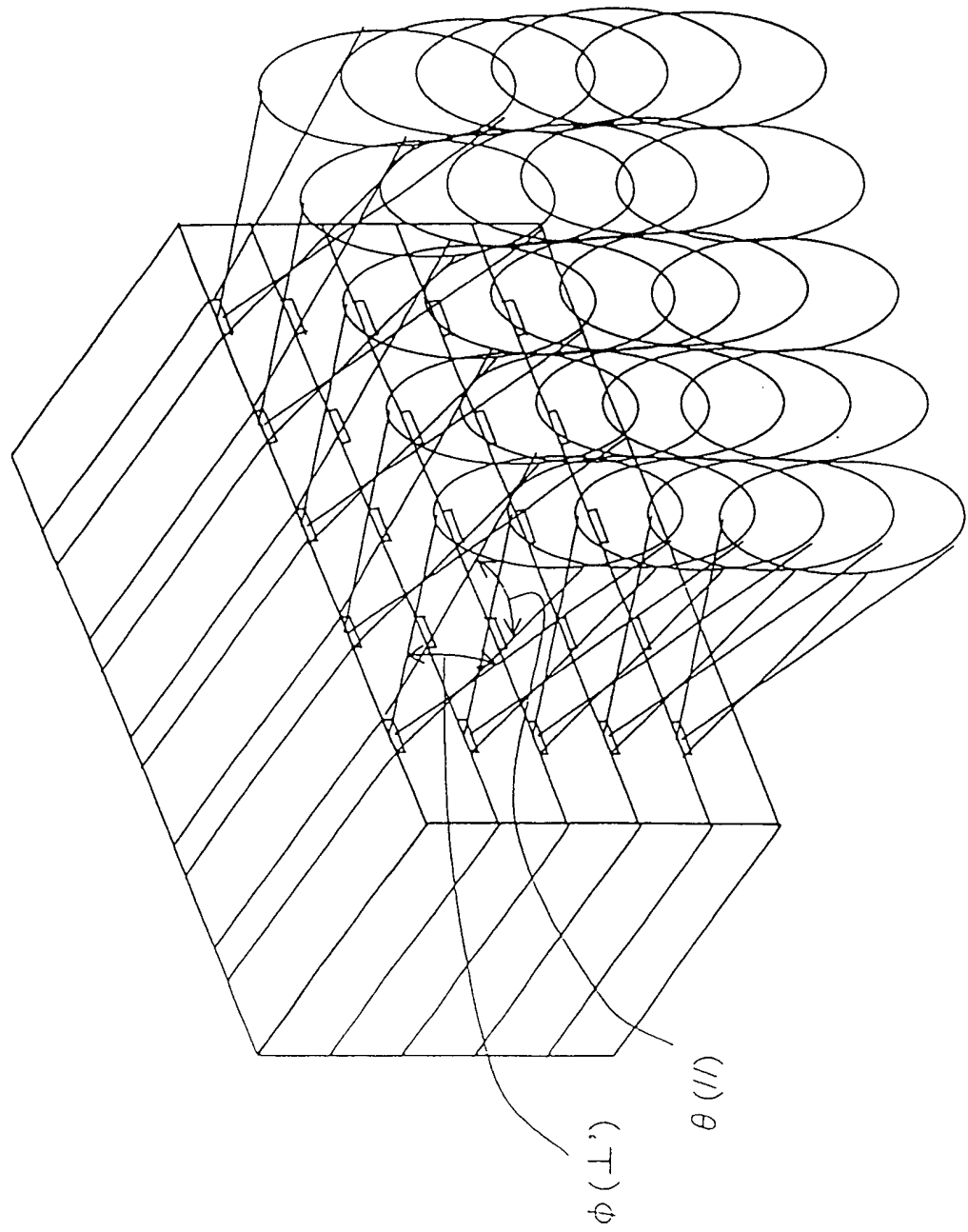




图 2

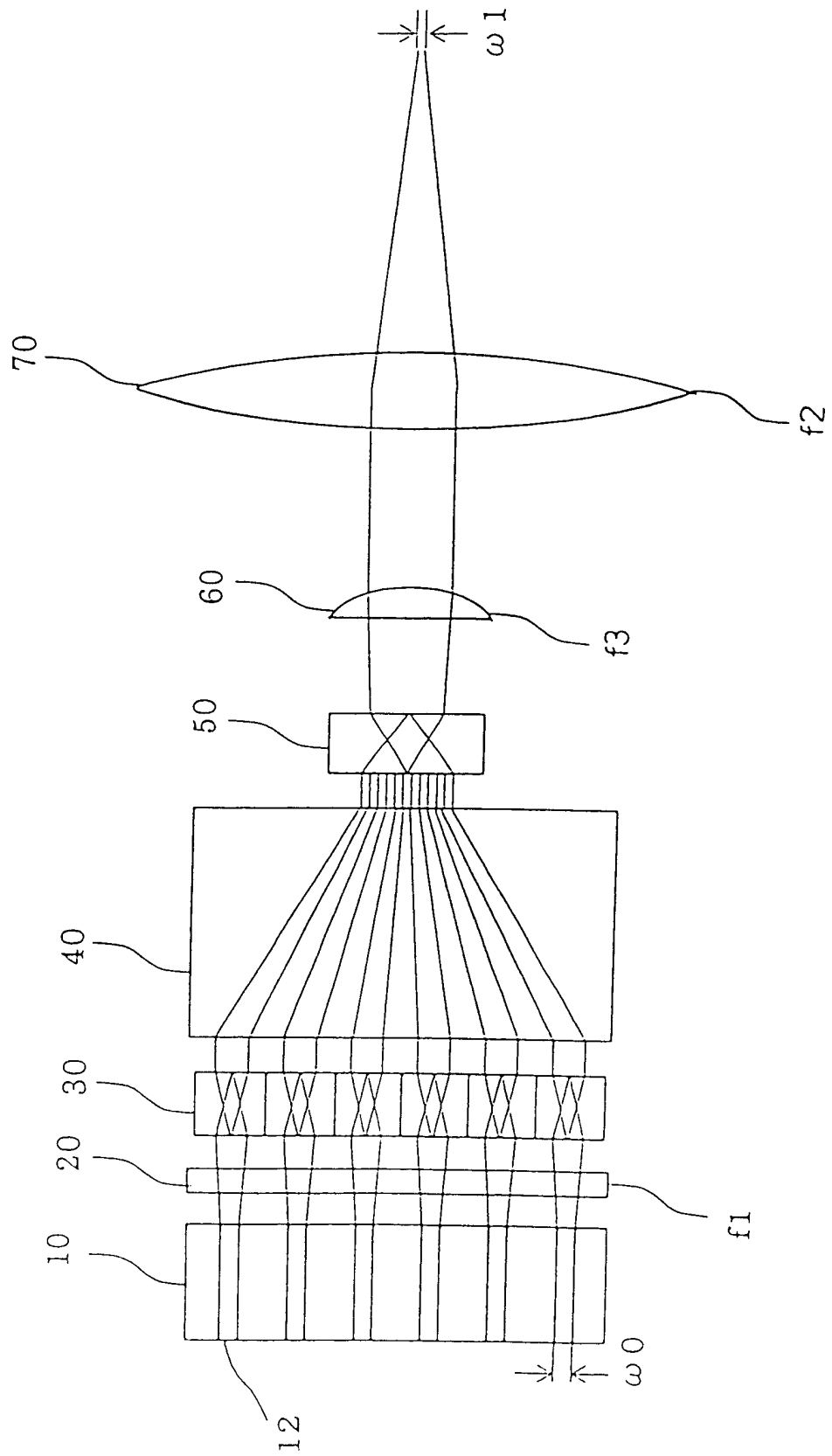


图 3

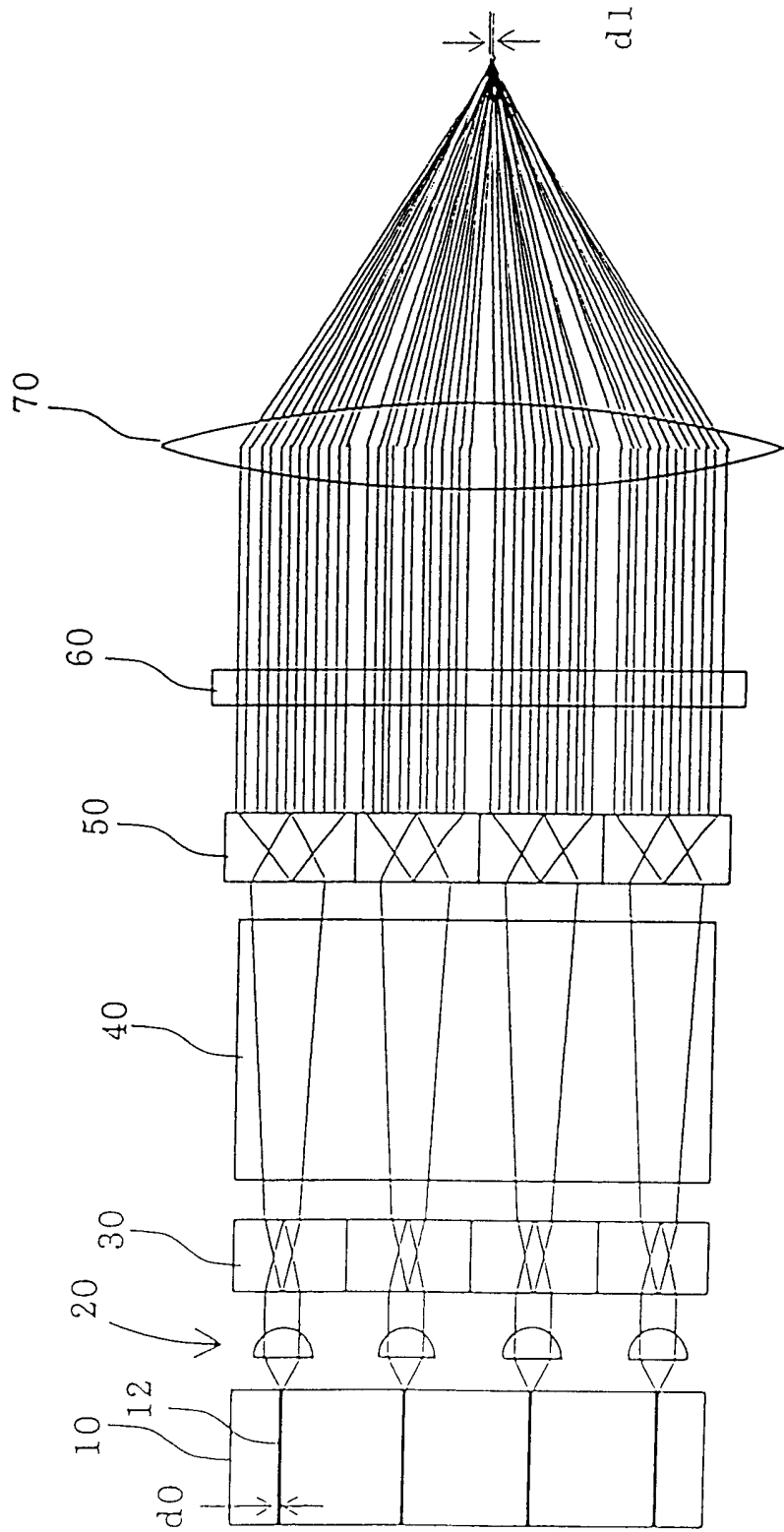


图 4

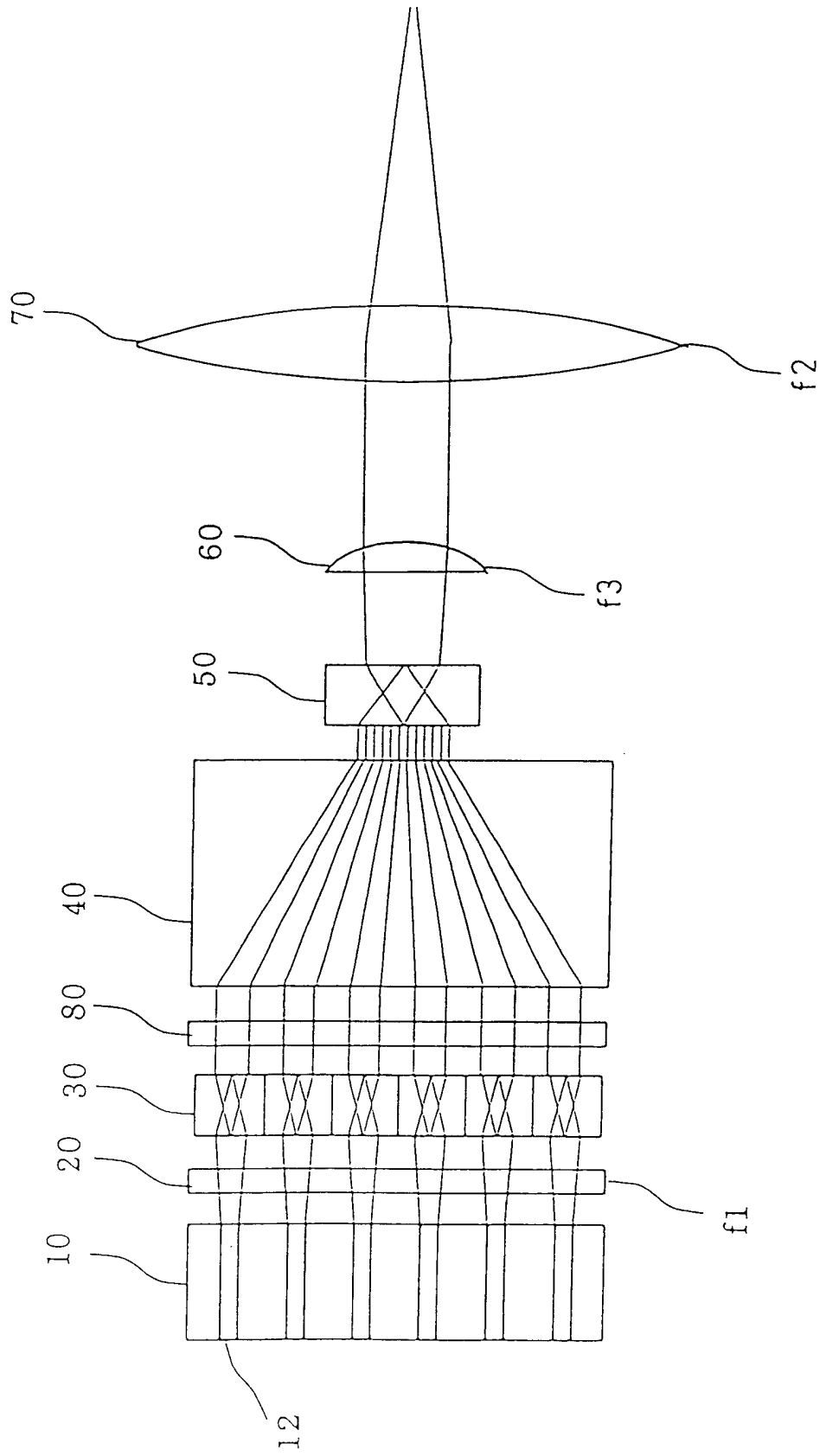


图5

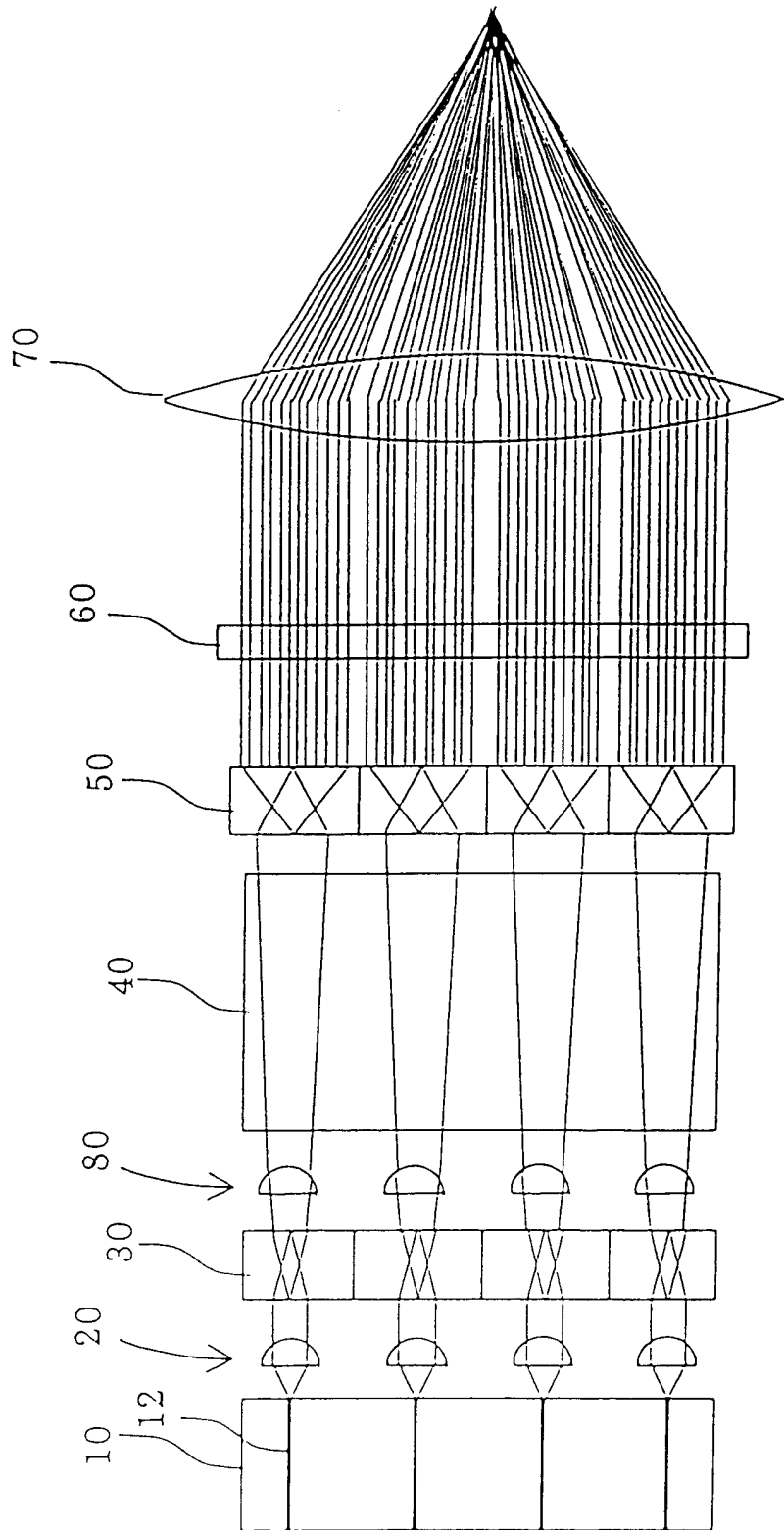


图6

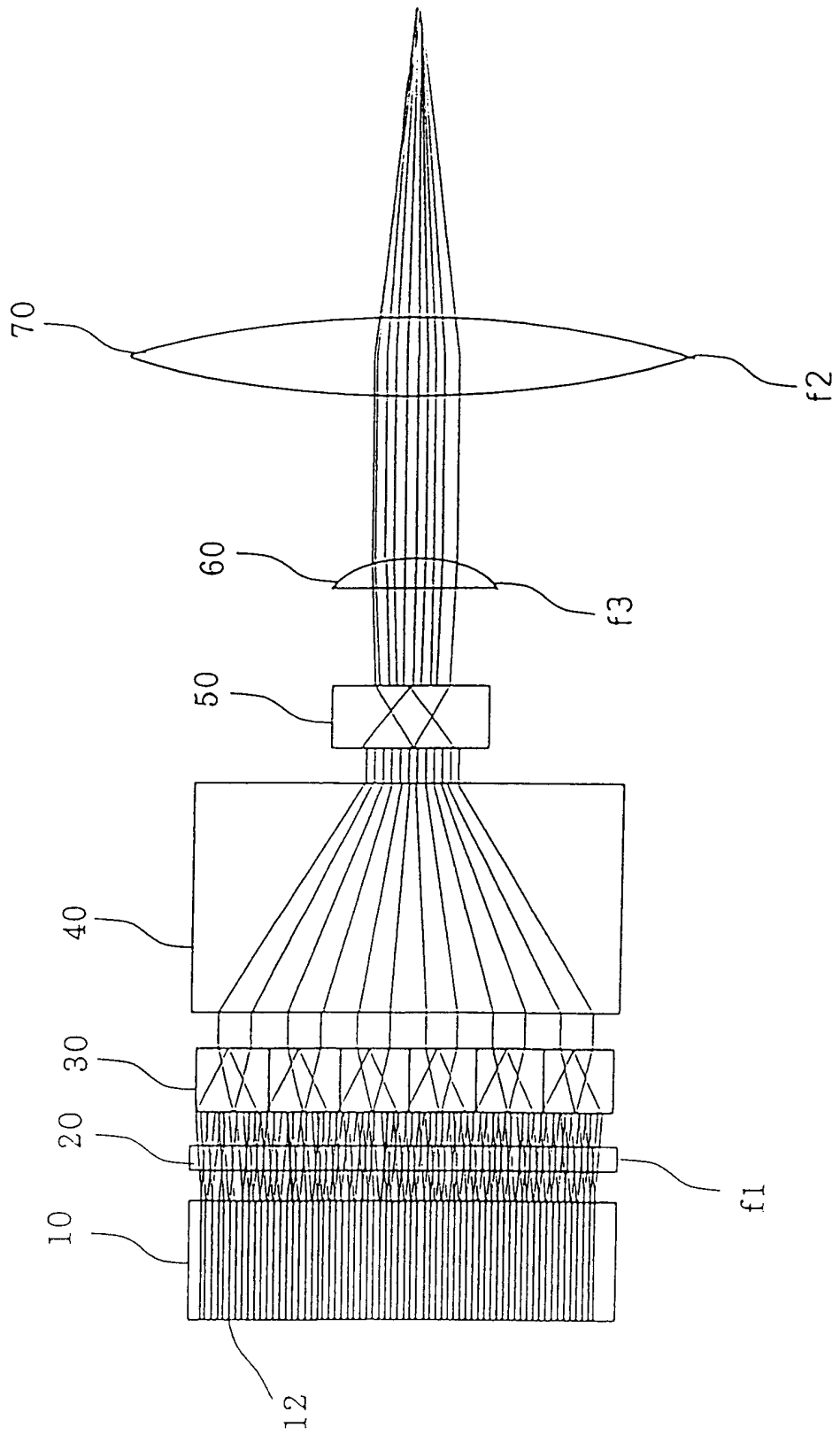


图7

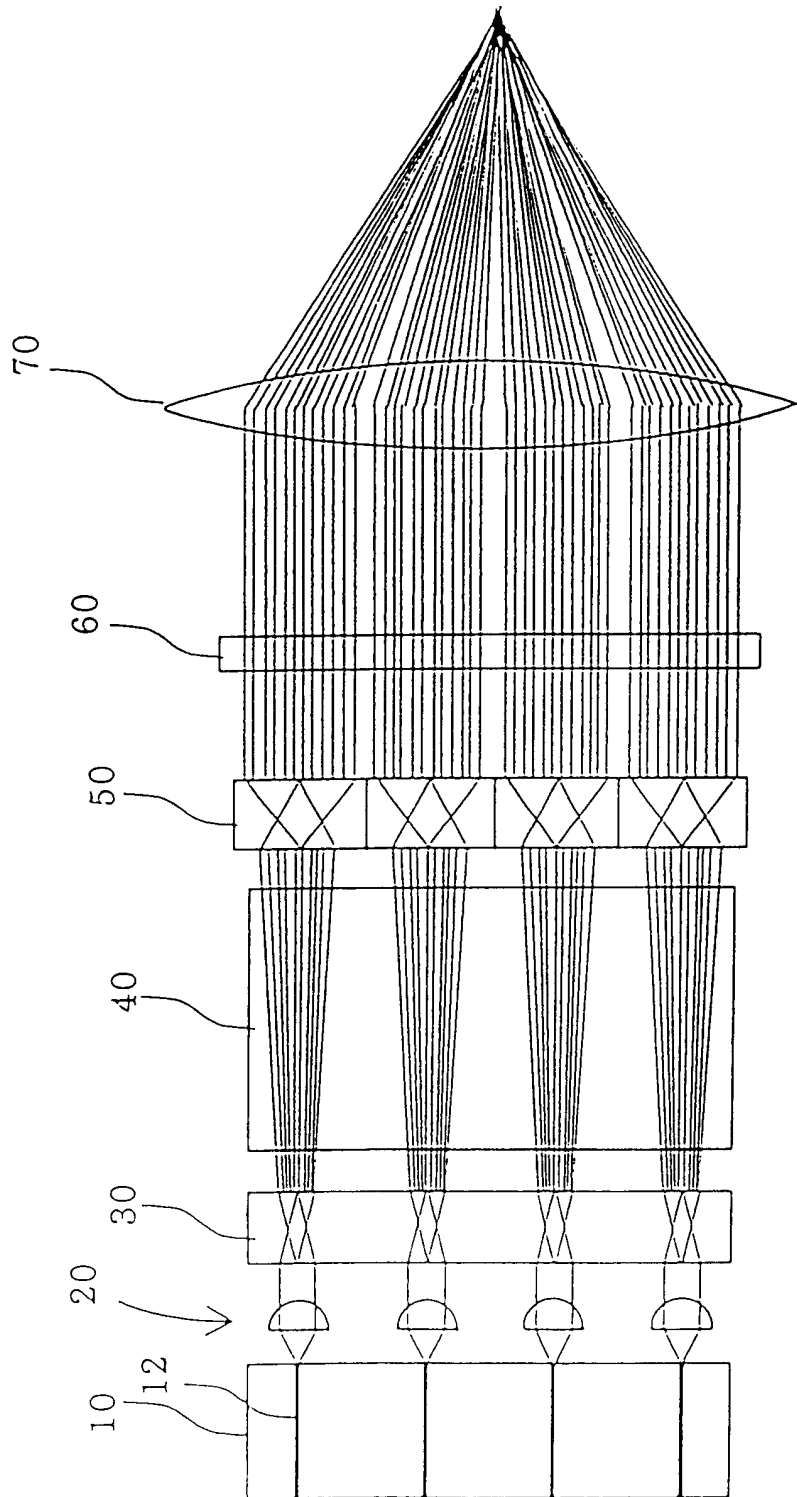


图 8

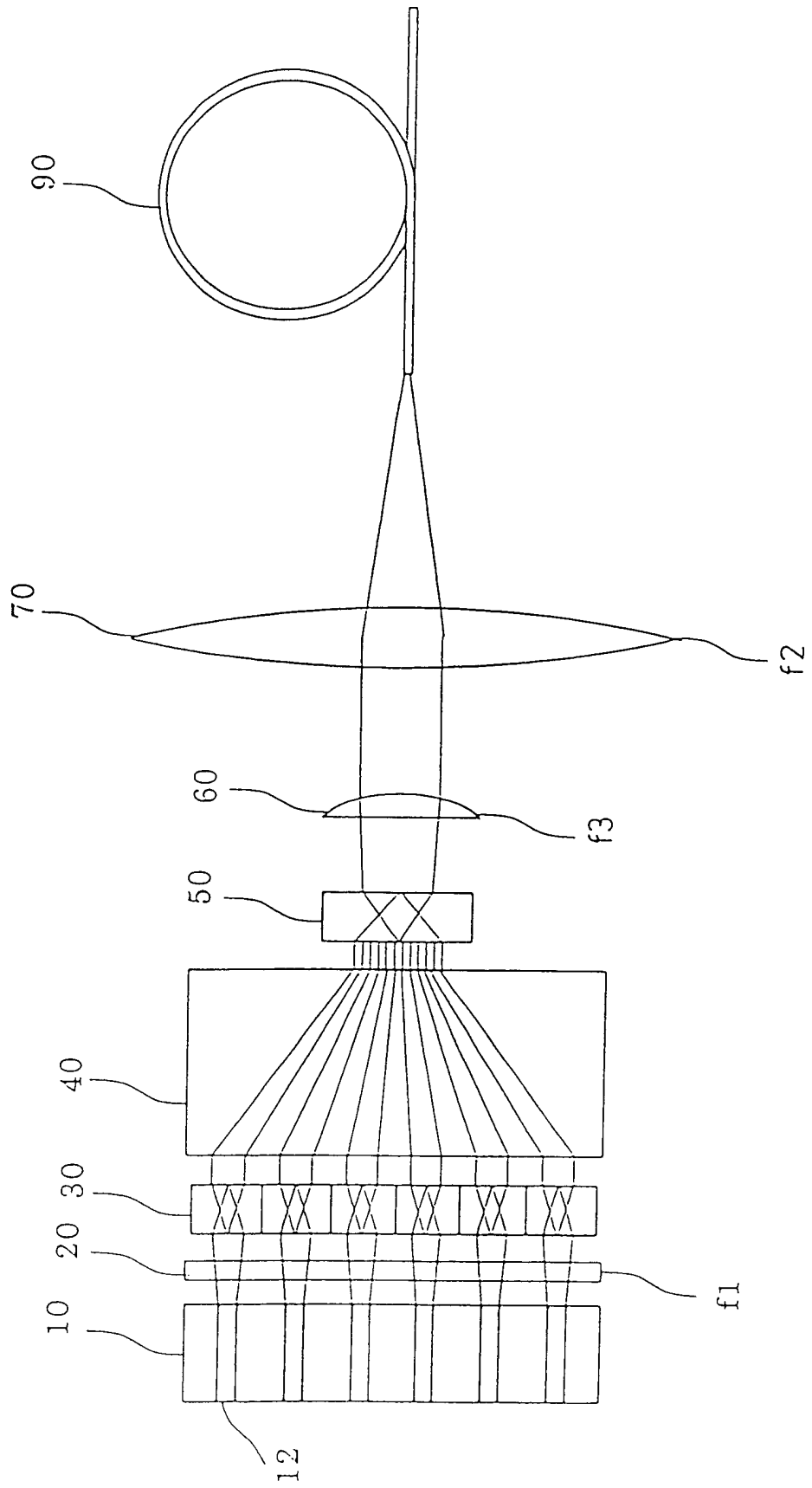
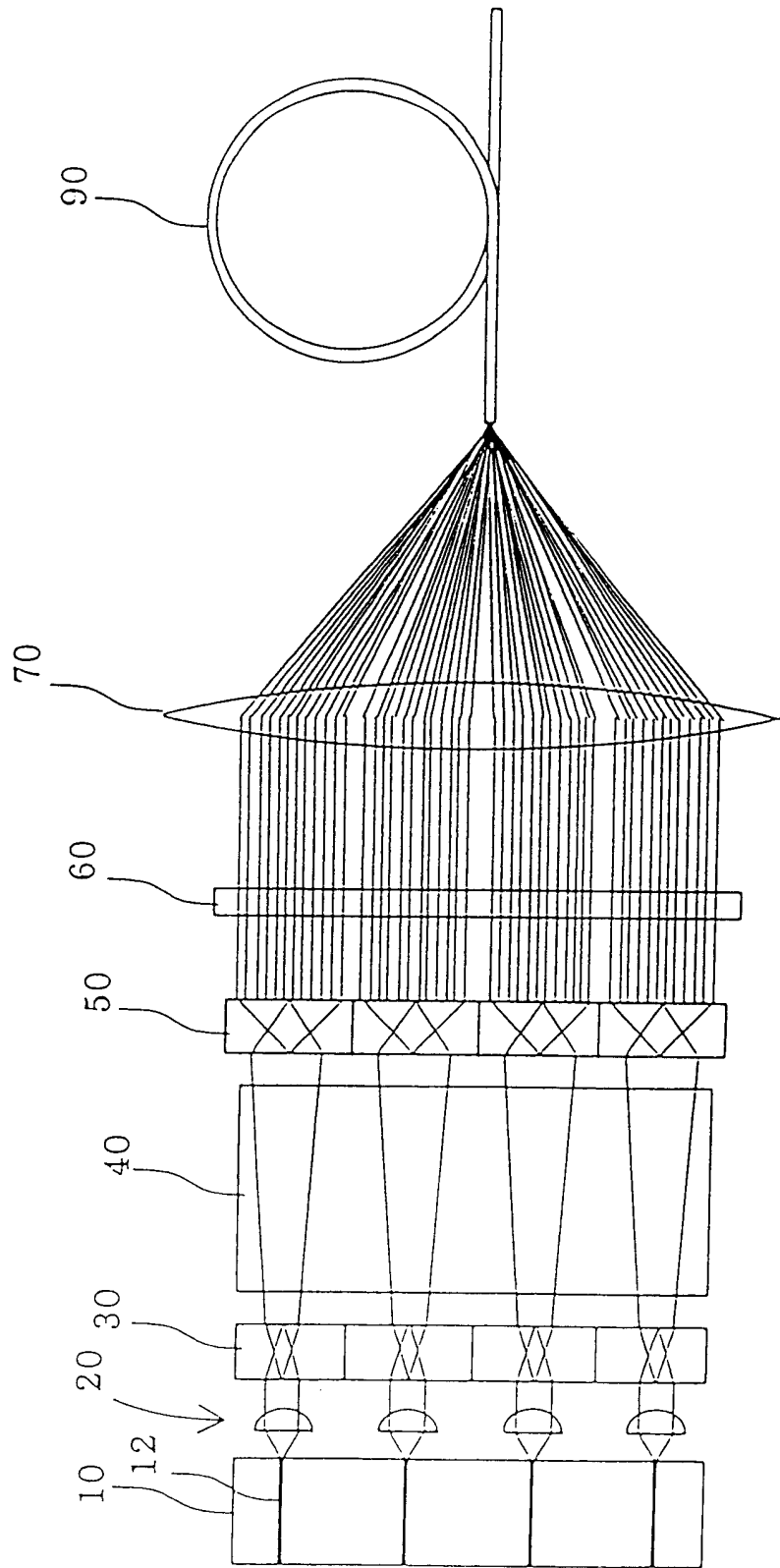


图 9





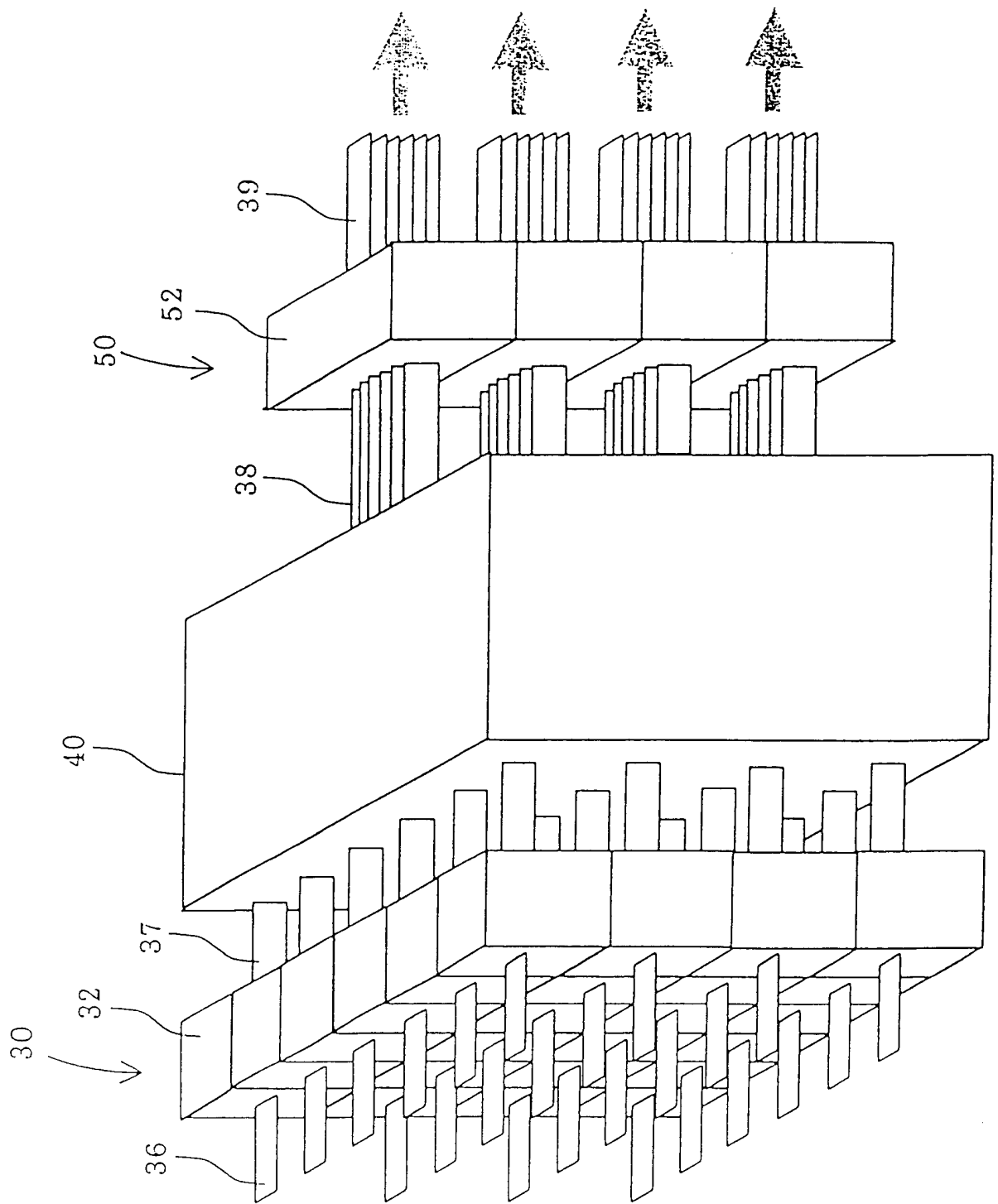


图 10

图 11

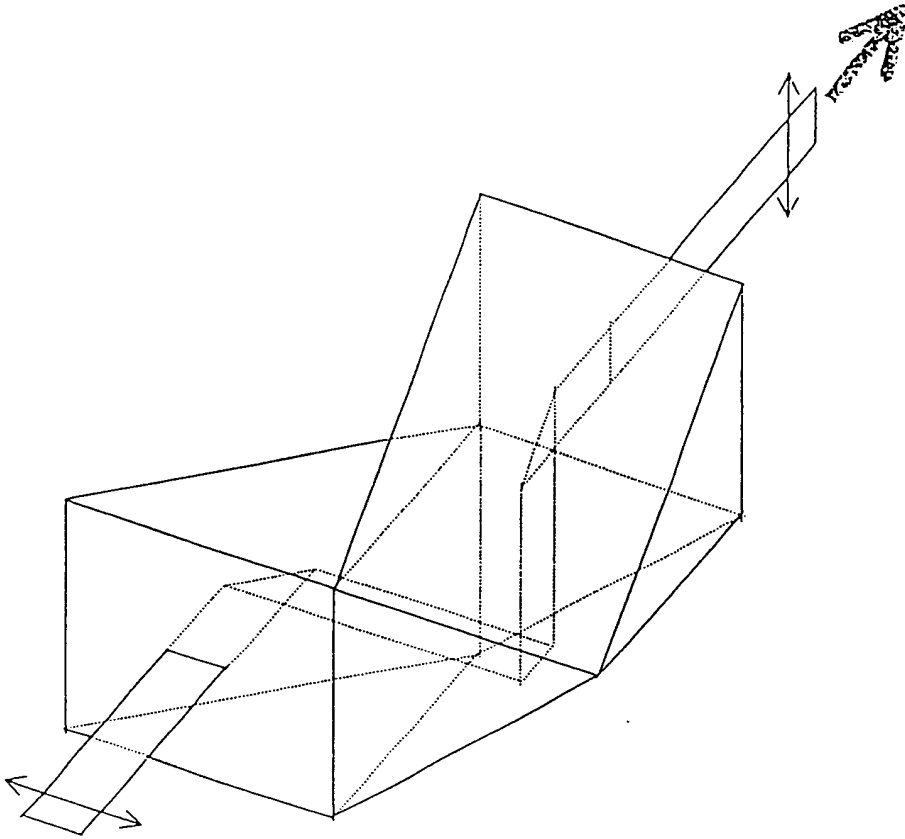


图 12

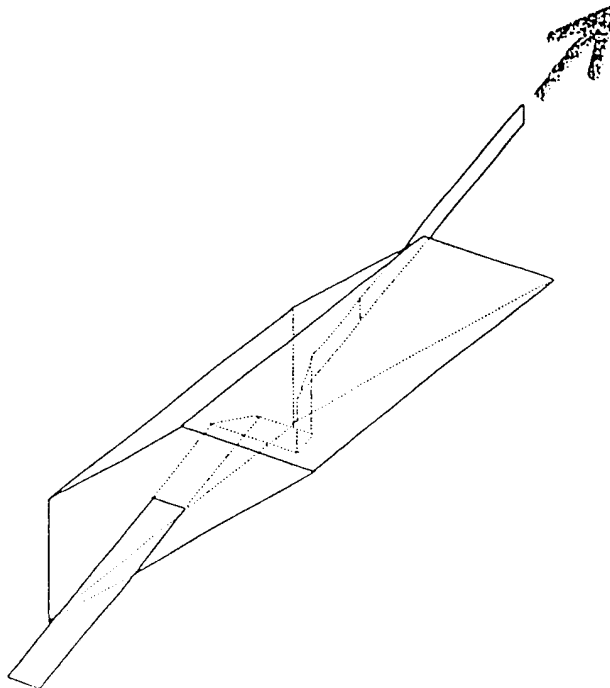


图 13

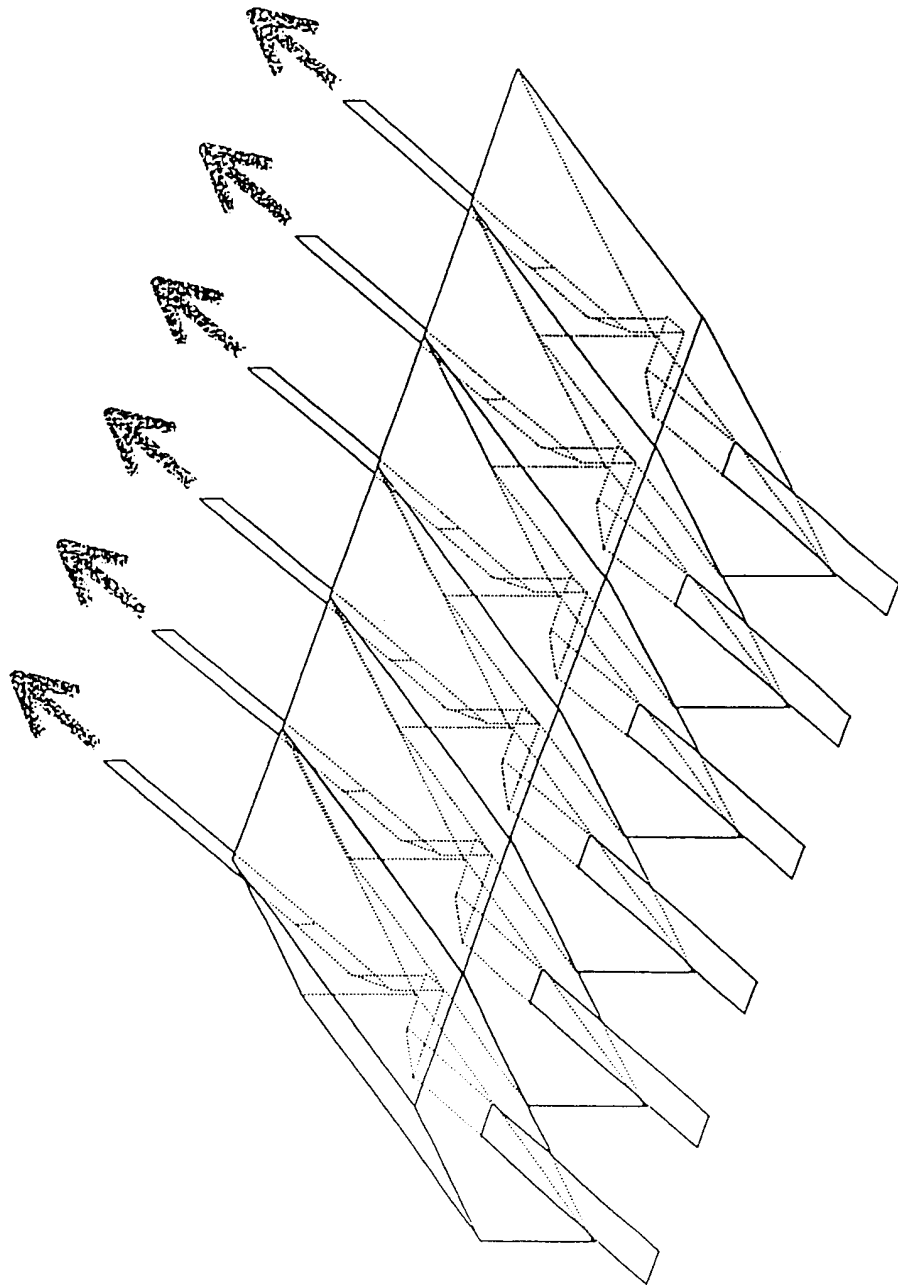


图 14

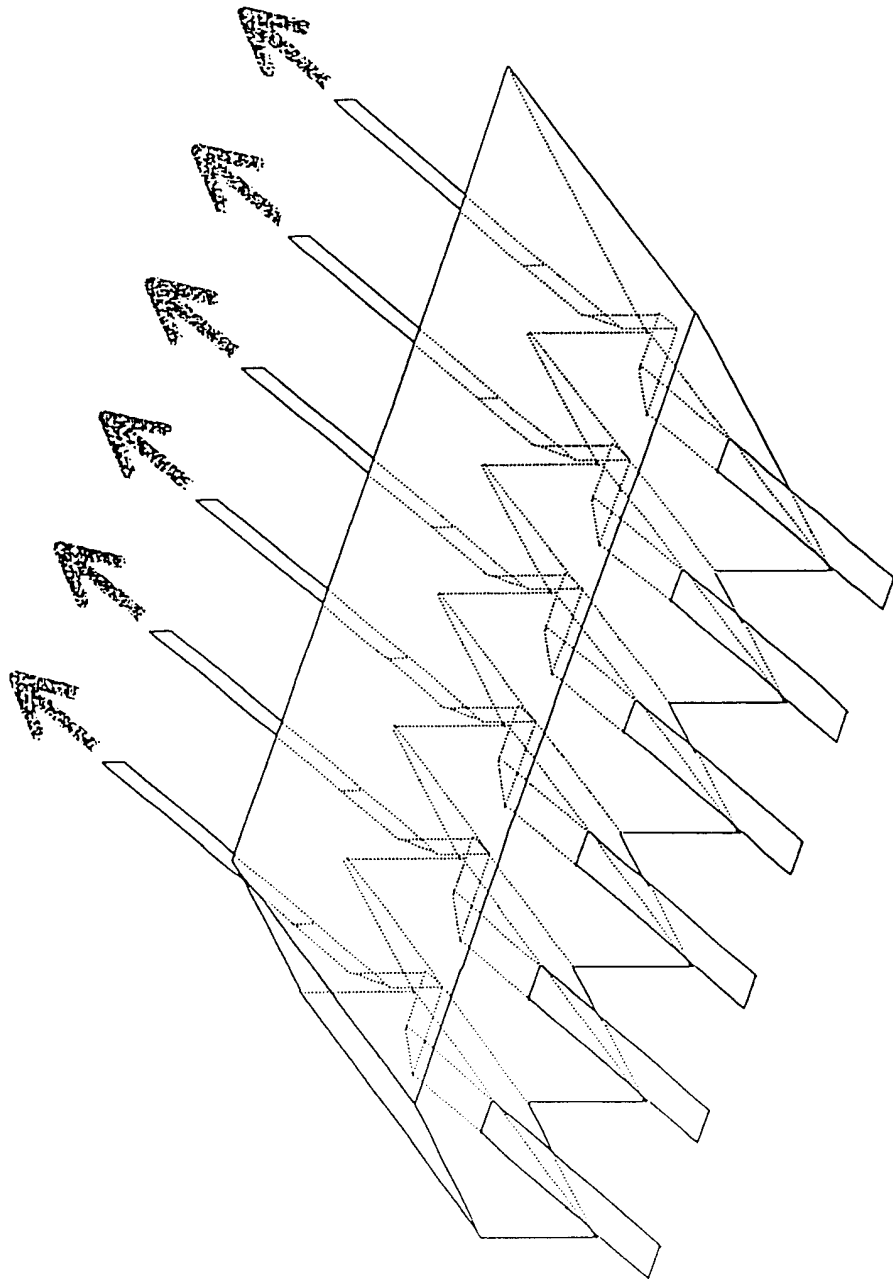


图 15

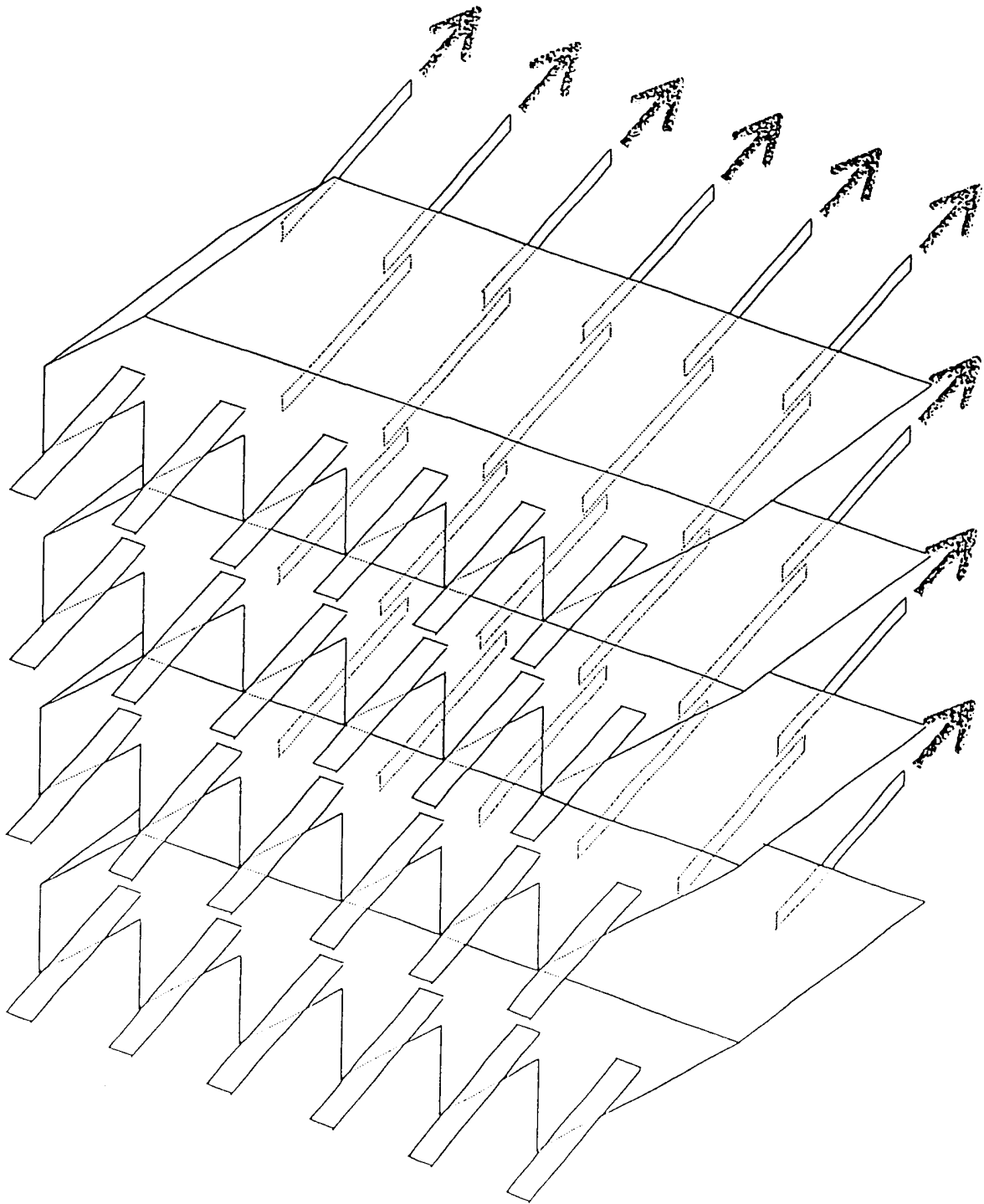


图 16

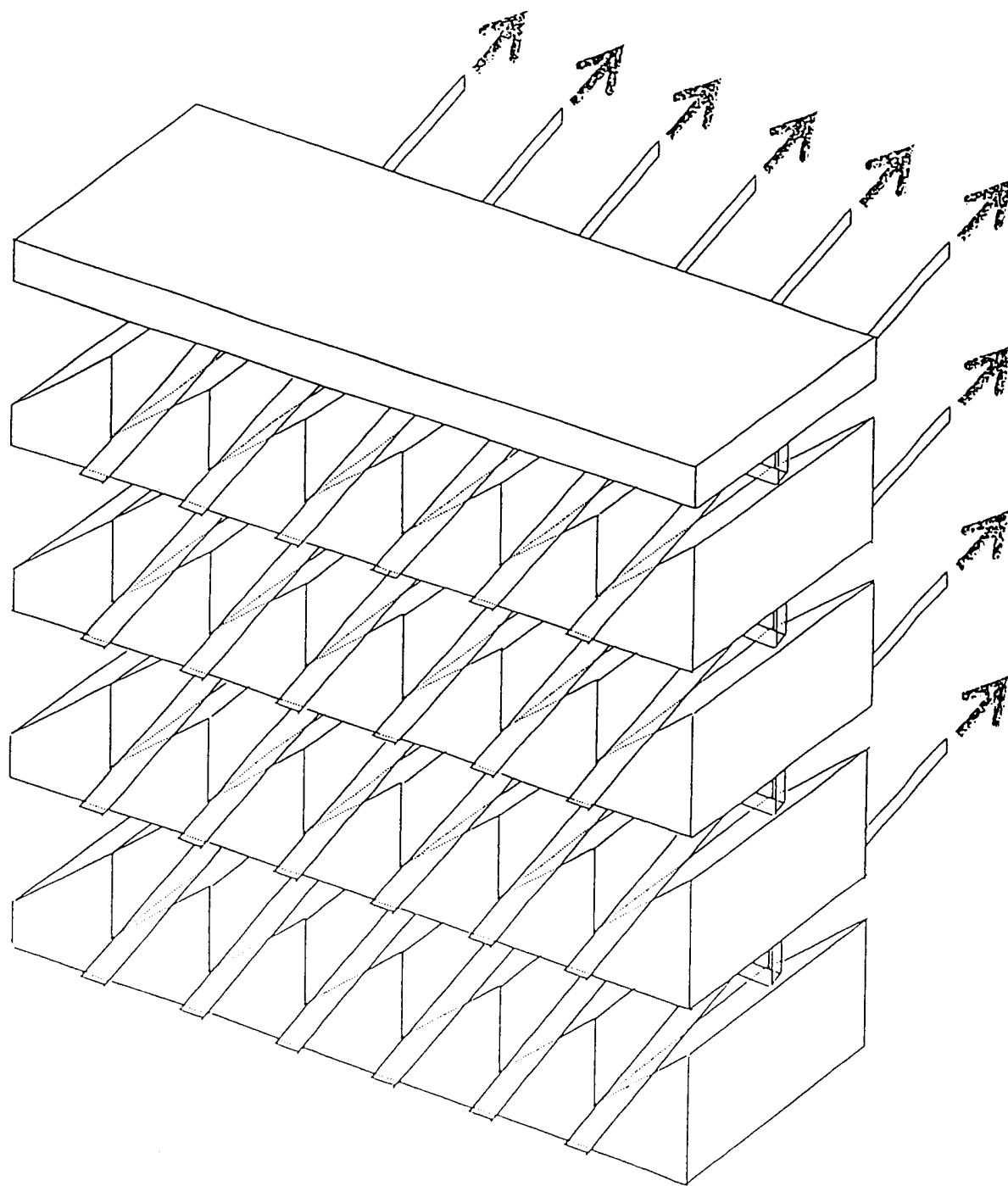


图 17

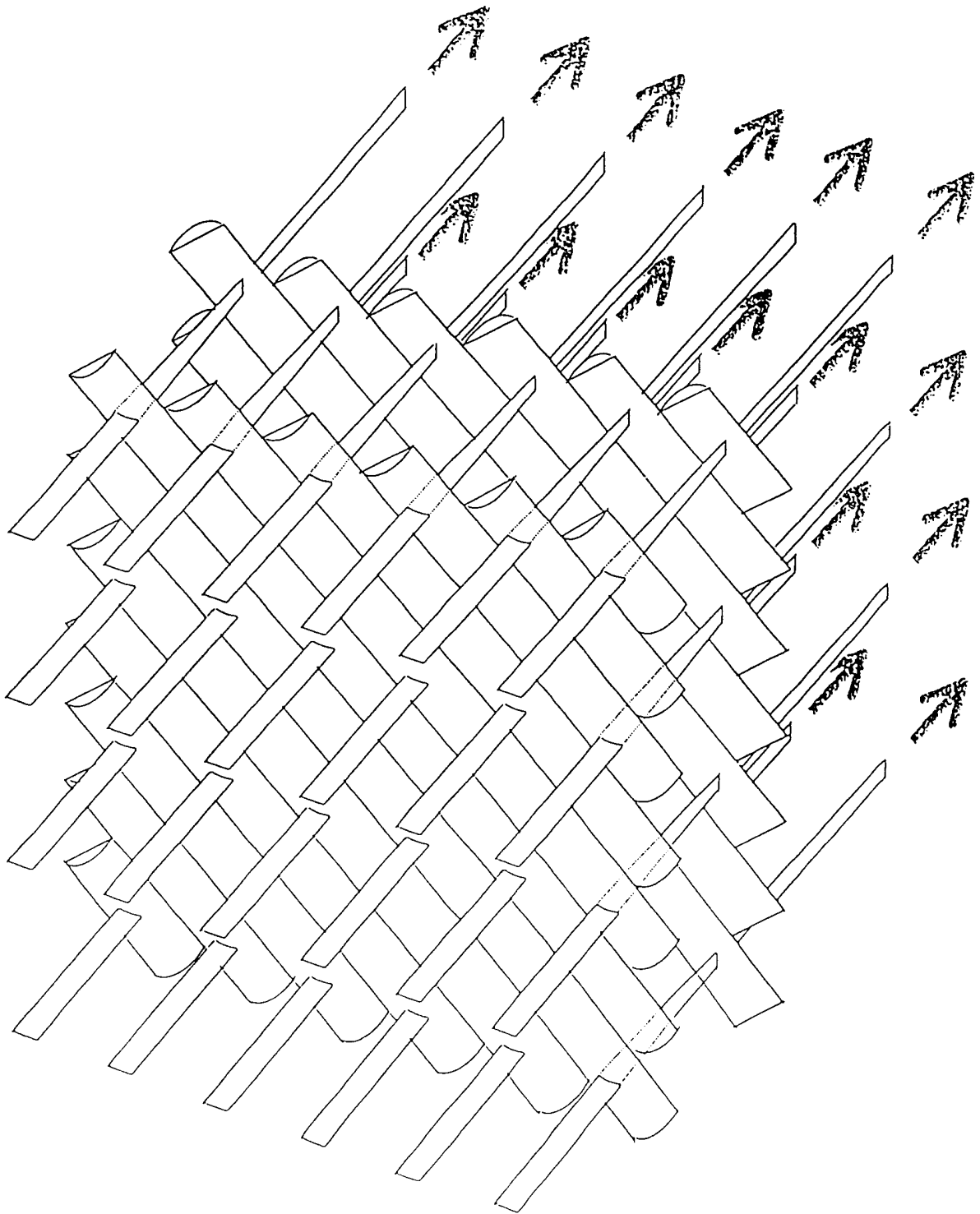


图 18

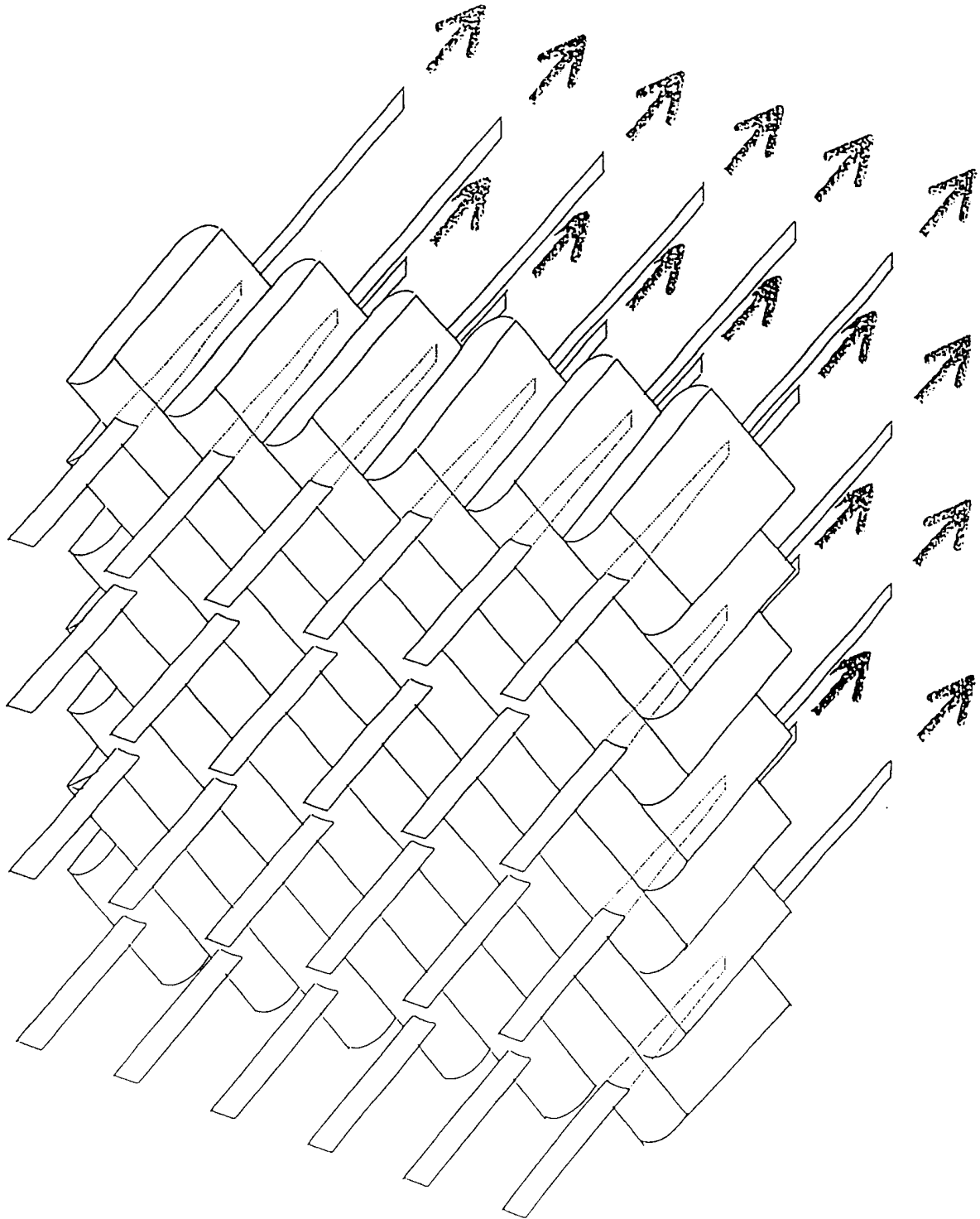




图 19

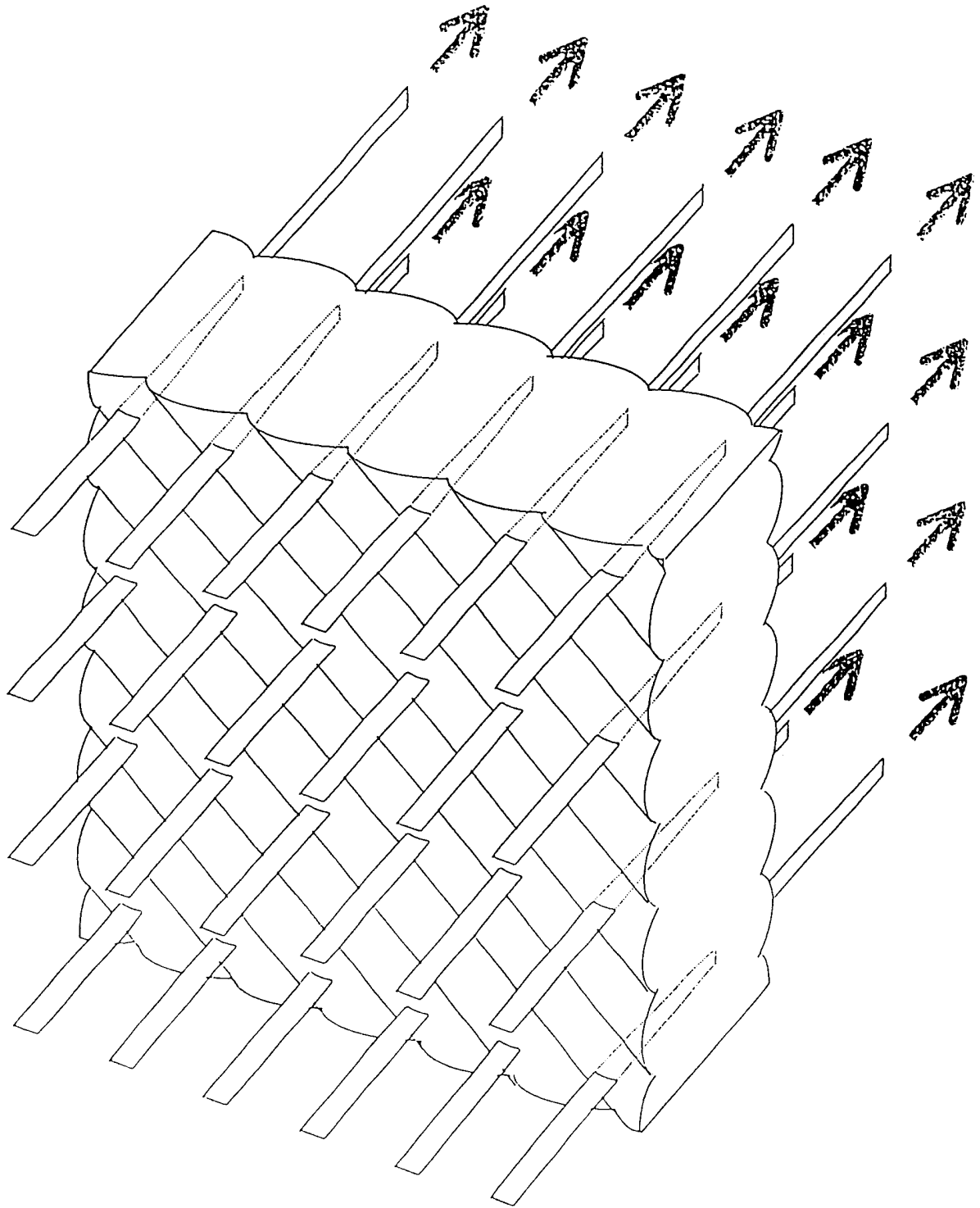


图 20

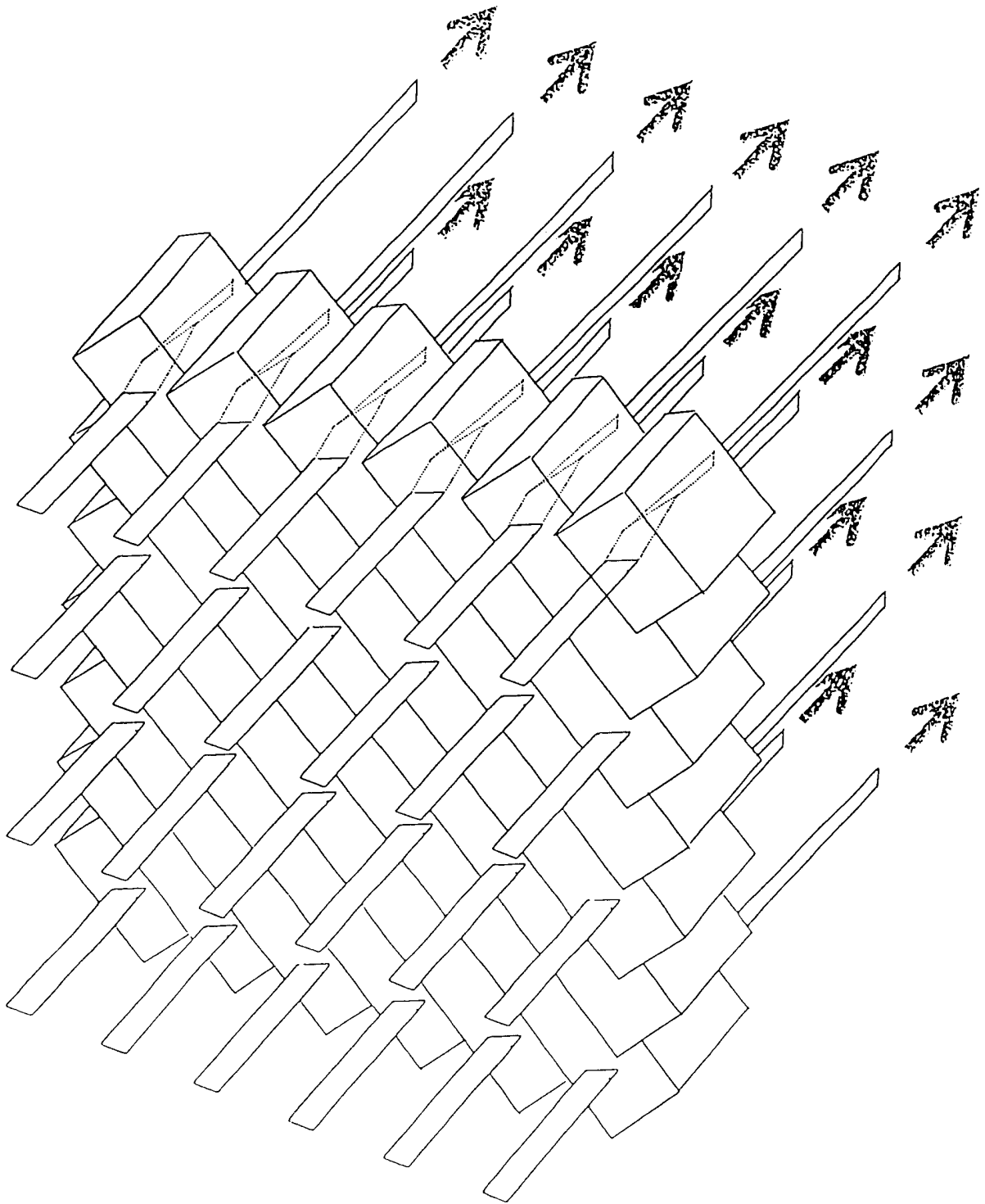


图 21

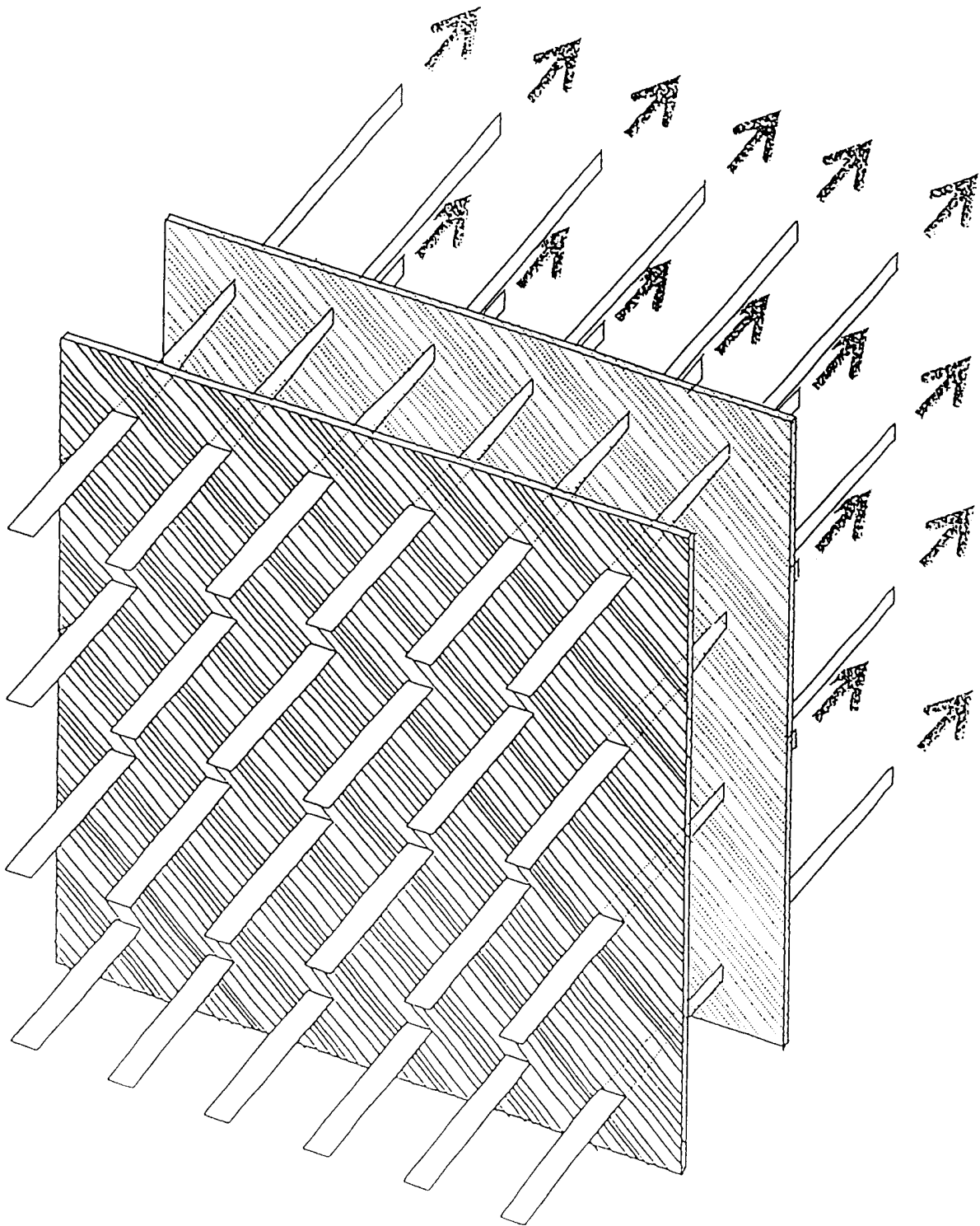


图 22

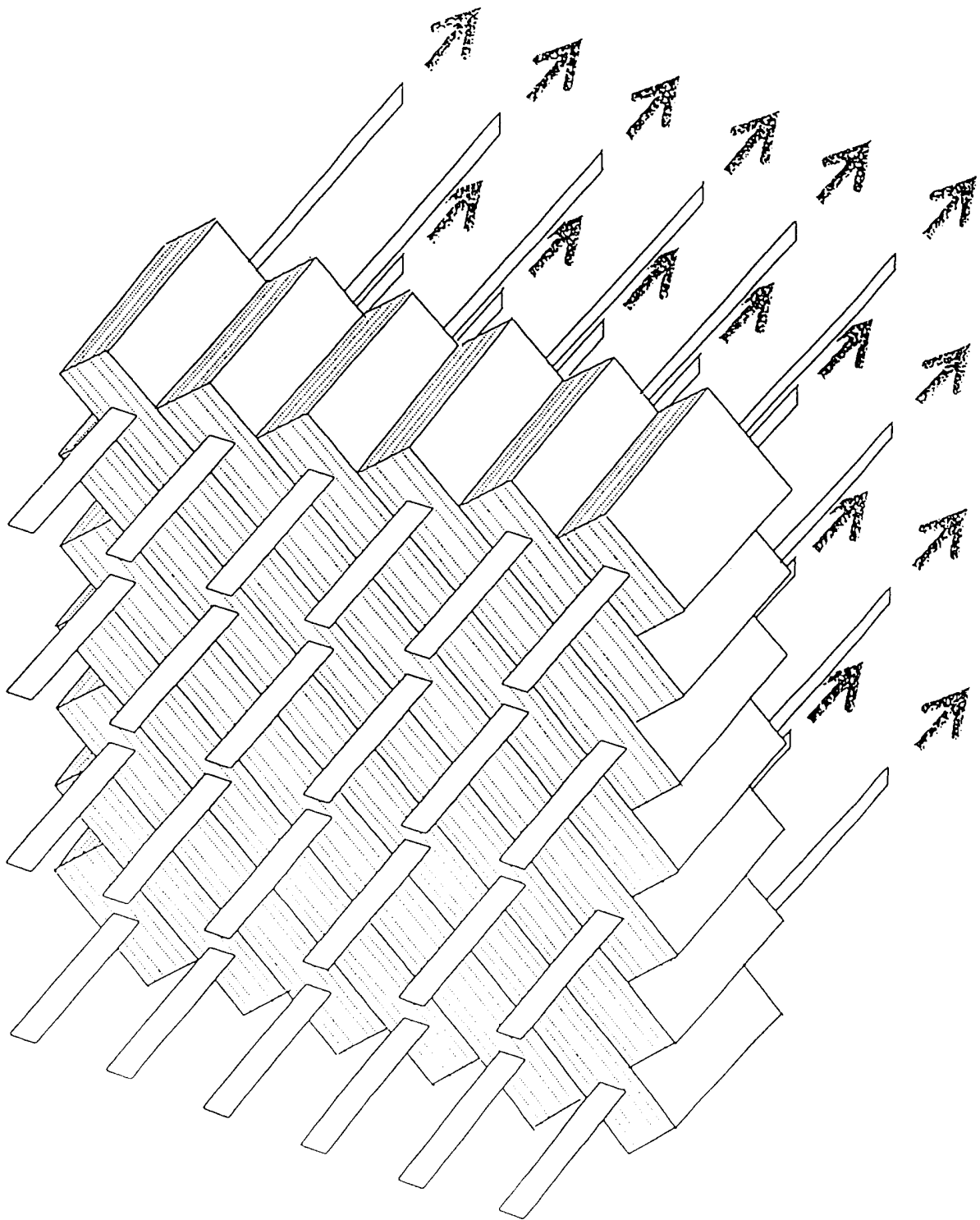


图 23

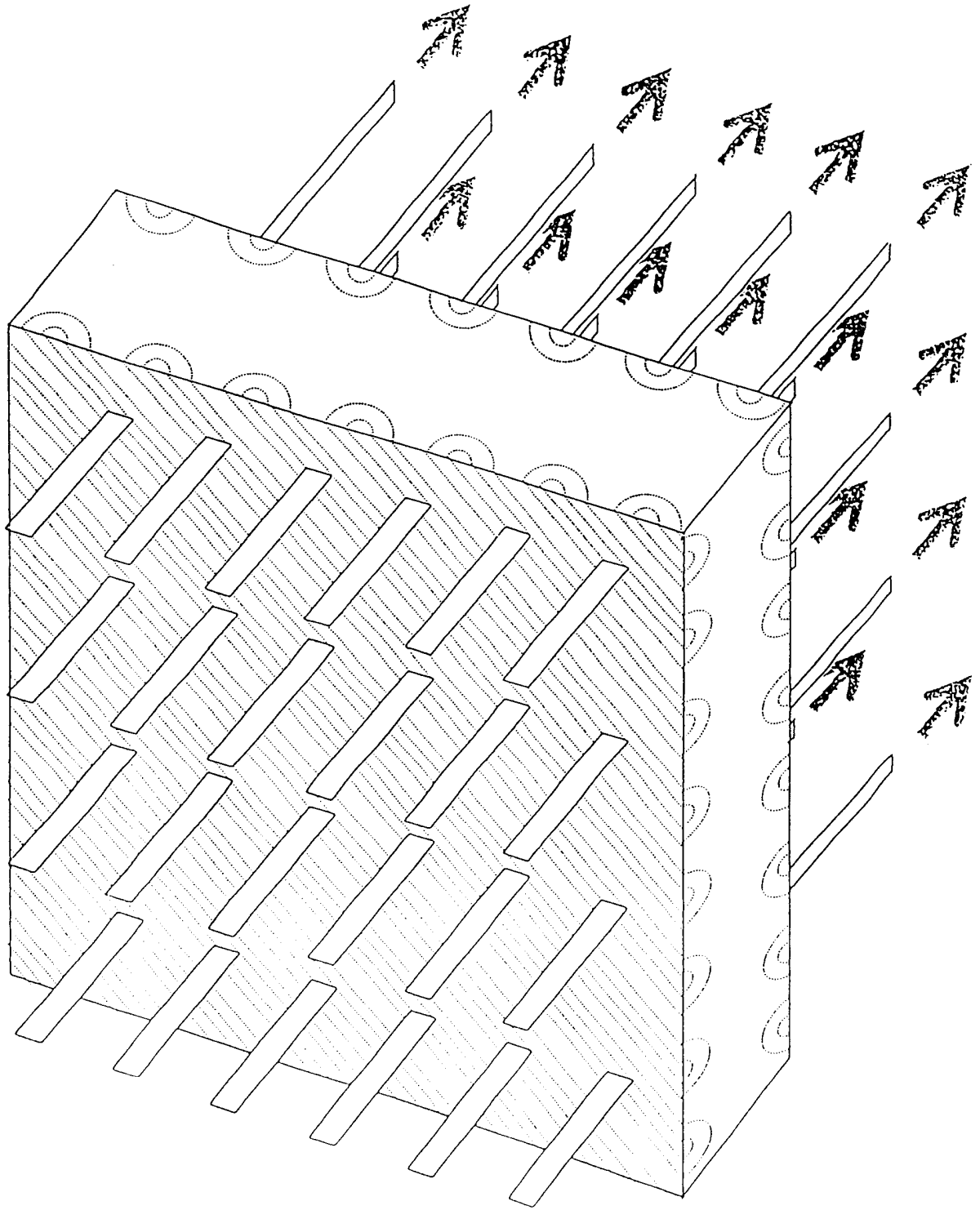


图 24

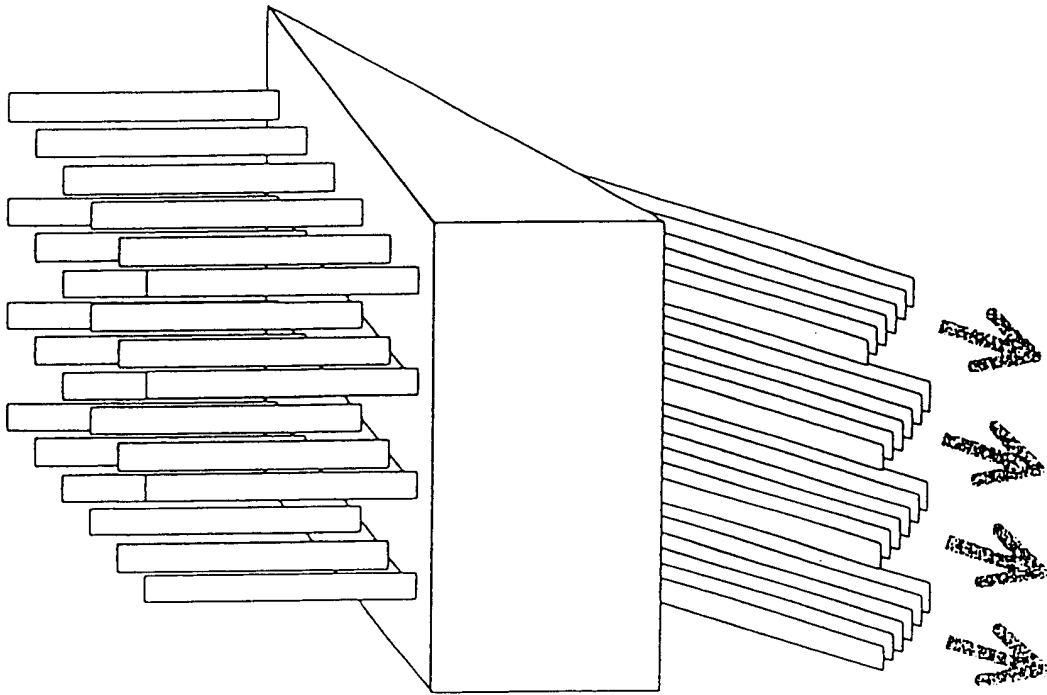


图 25

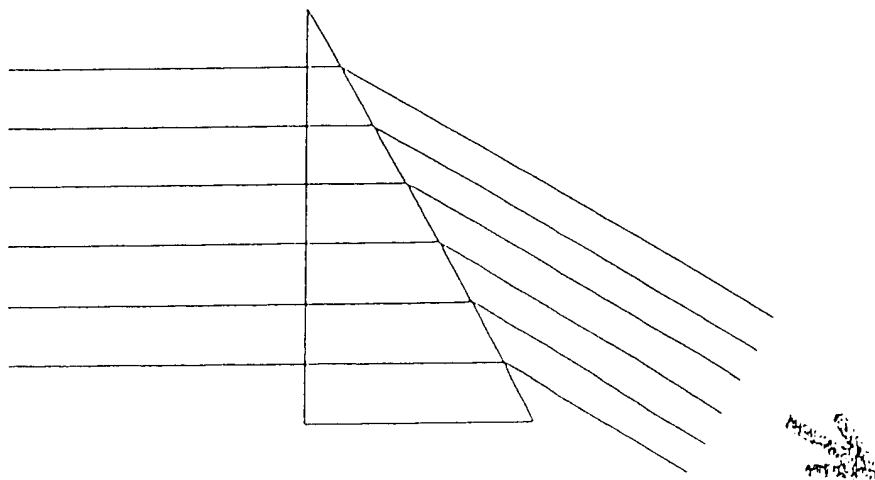


图 26

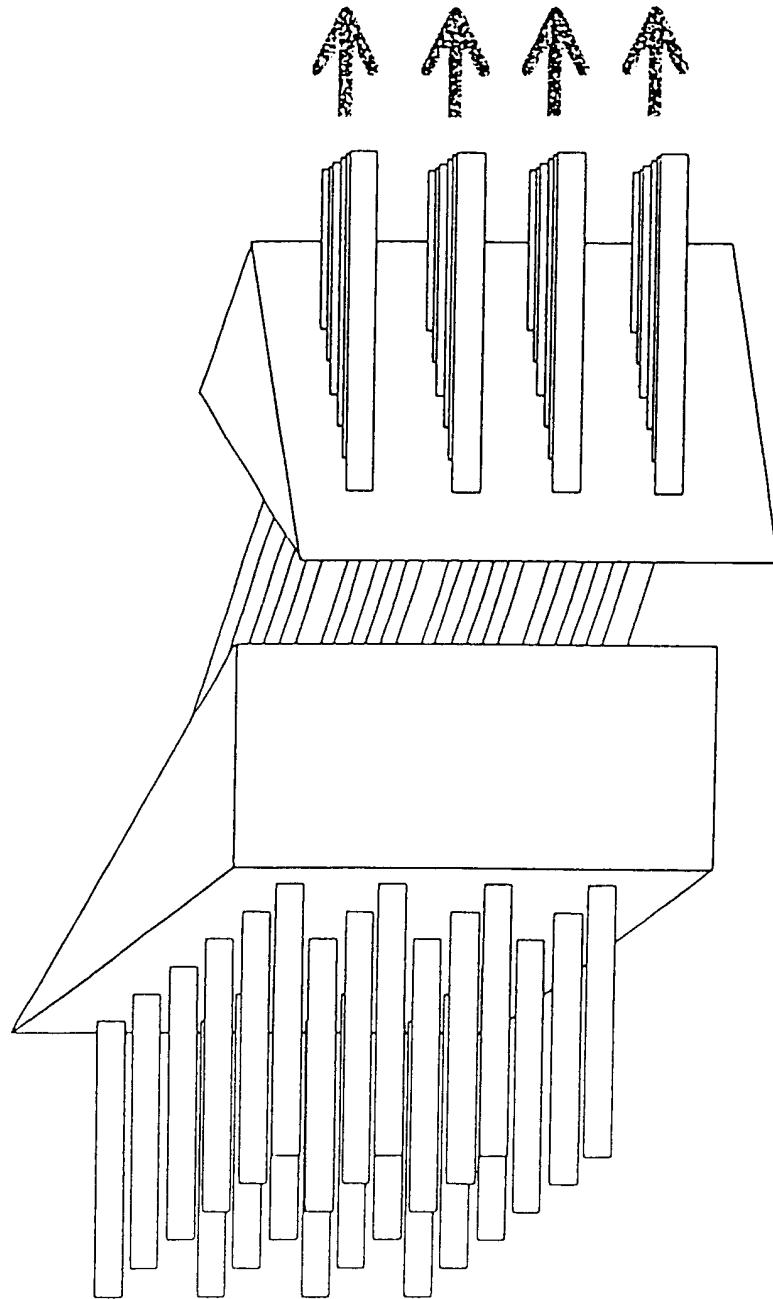


图 27

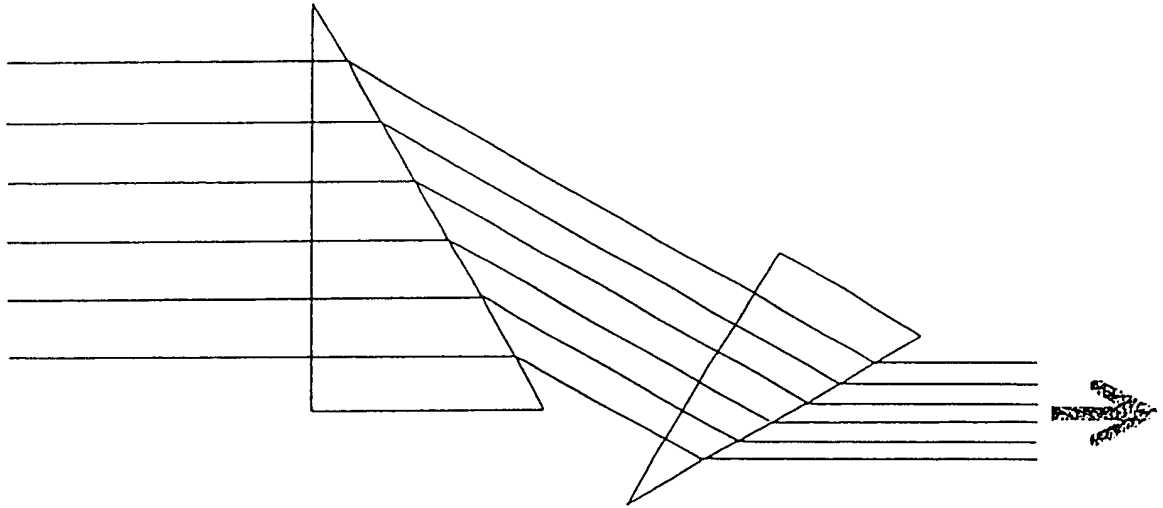


图 28

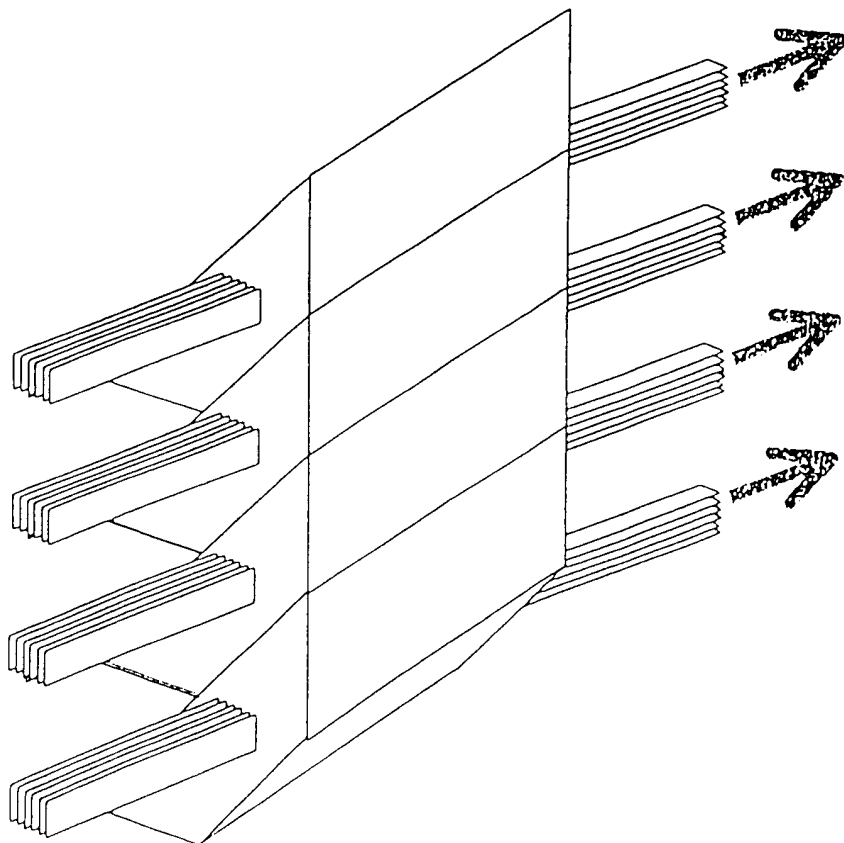




图 29

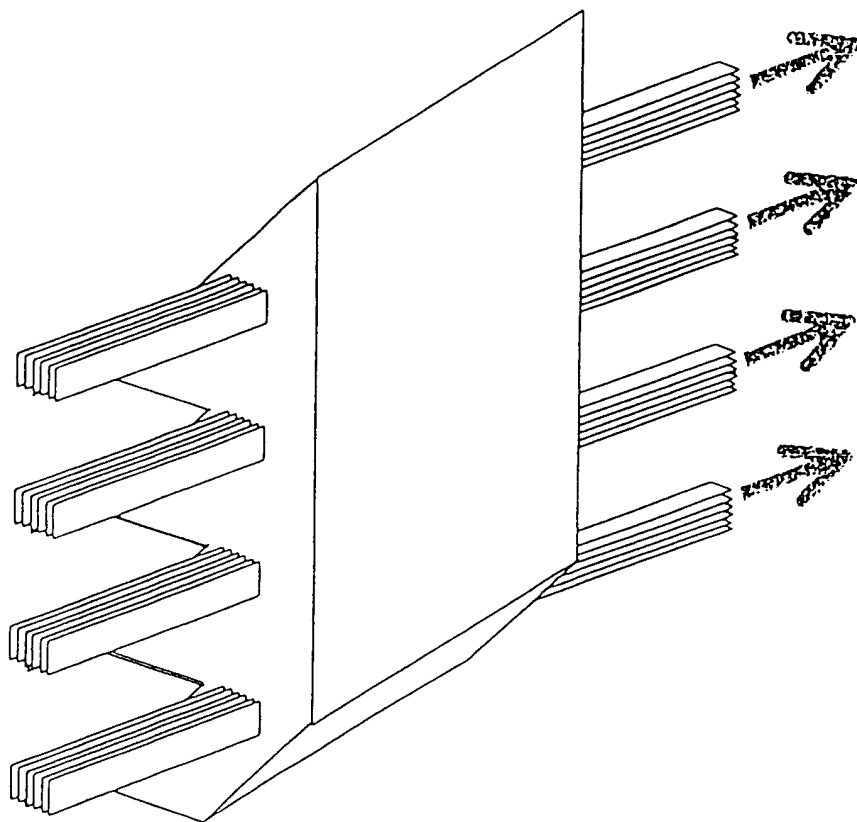


图 30

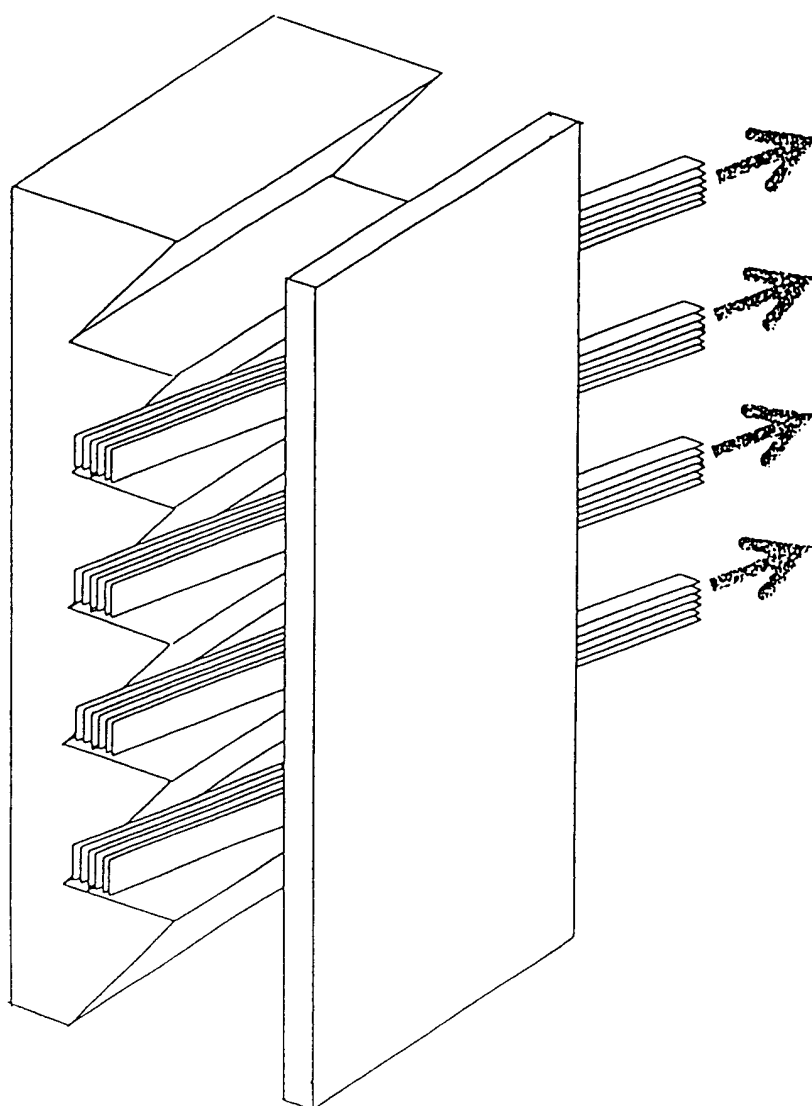


图 31

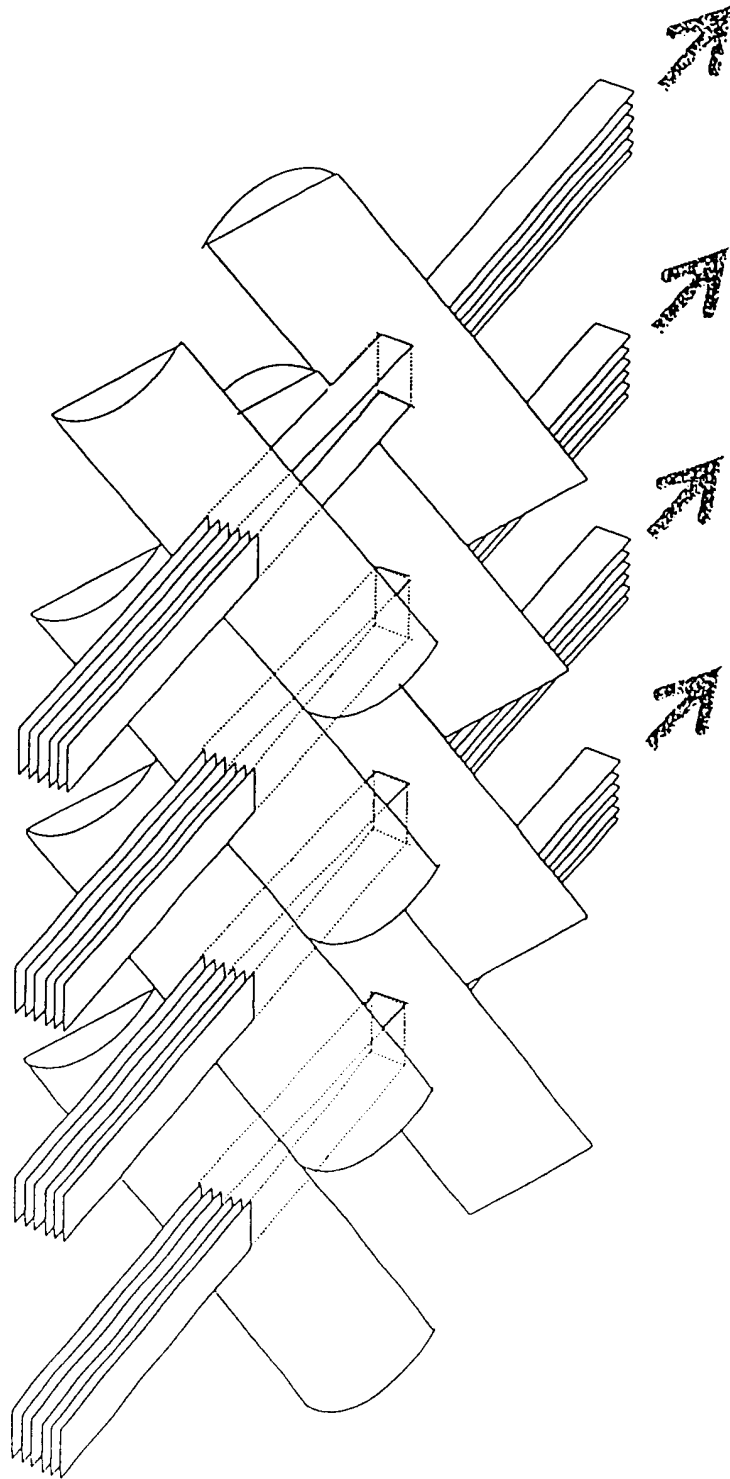


图 32

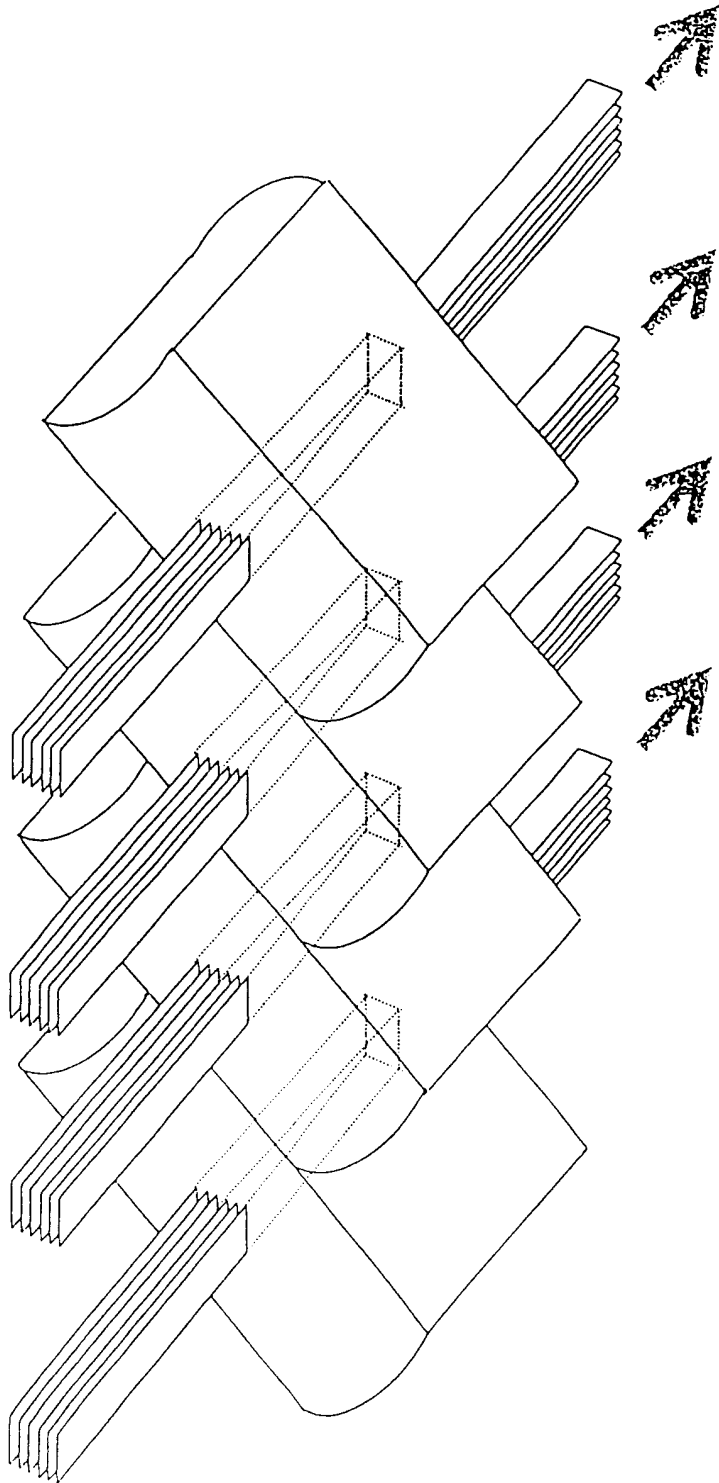


图 33

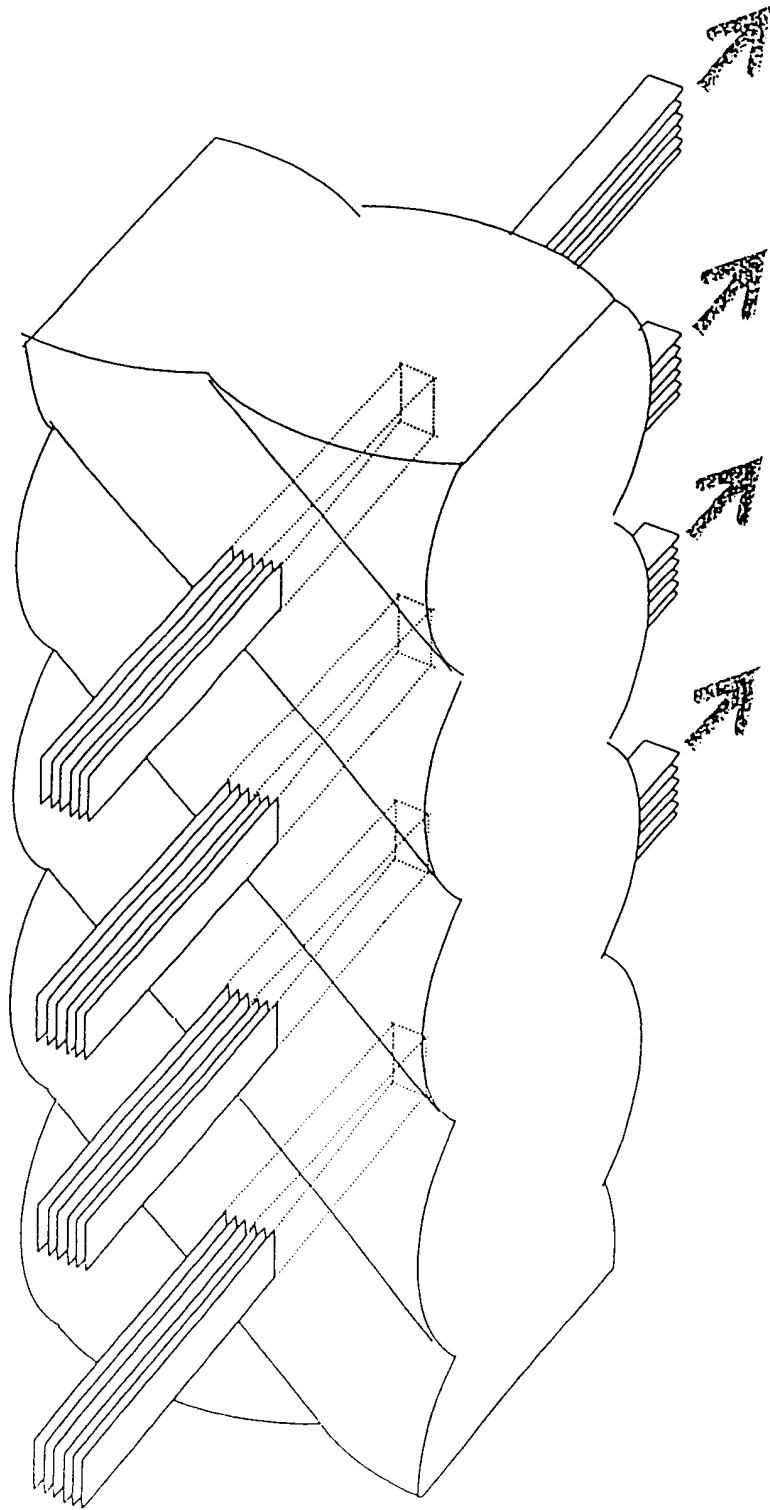


图 34

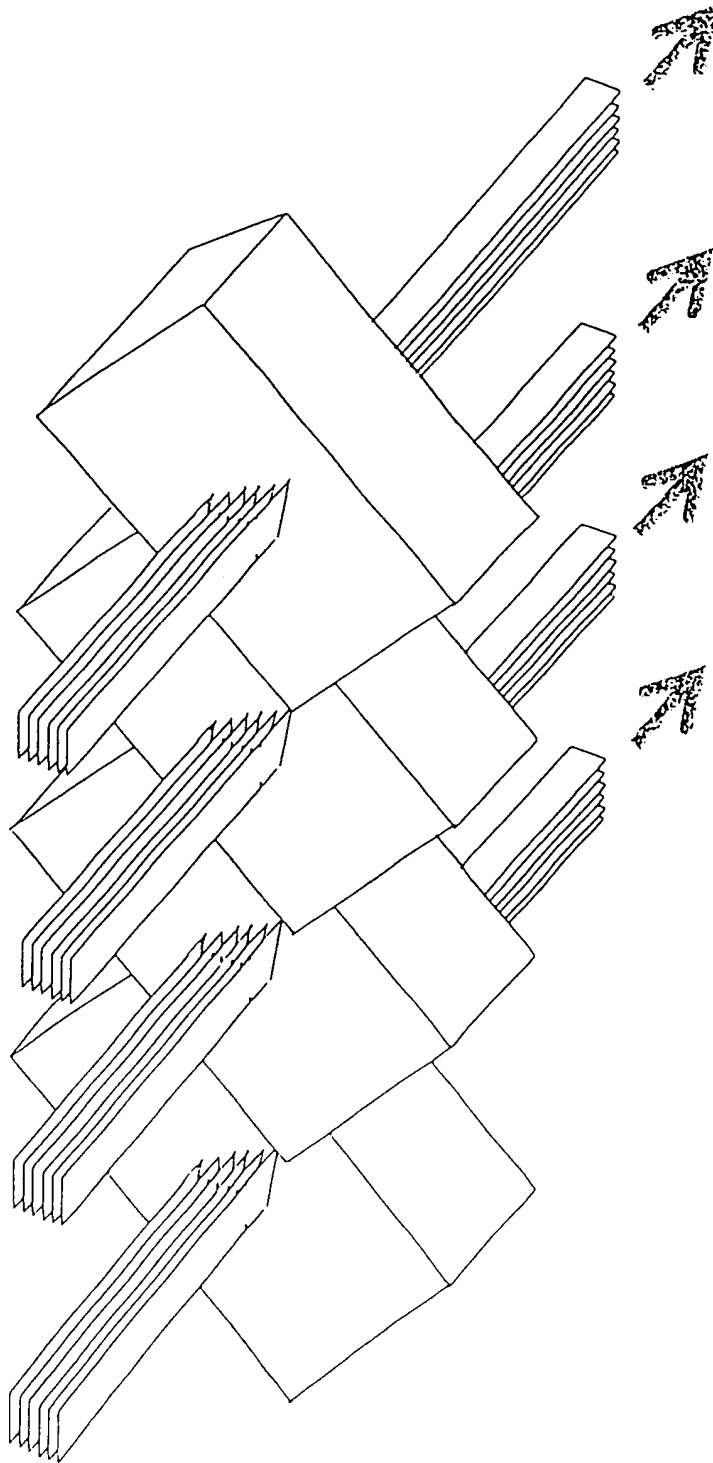


图 35

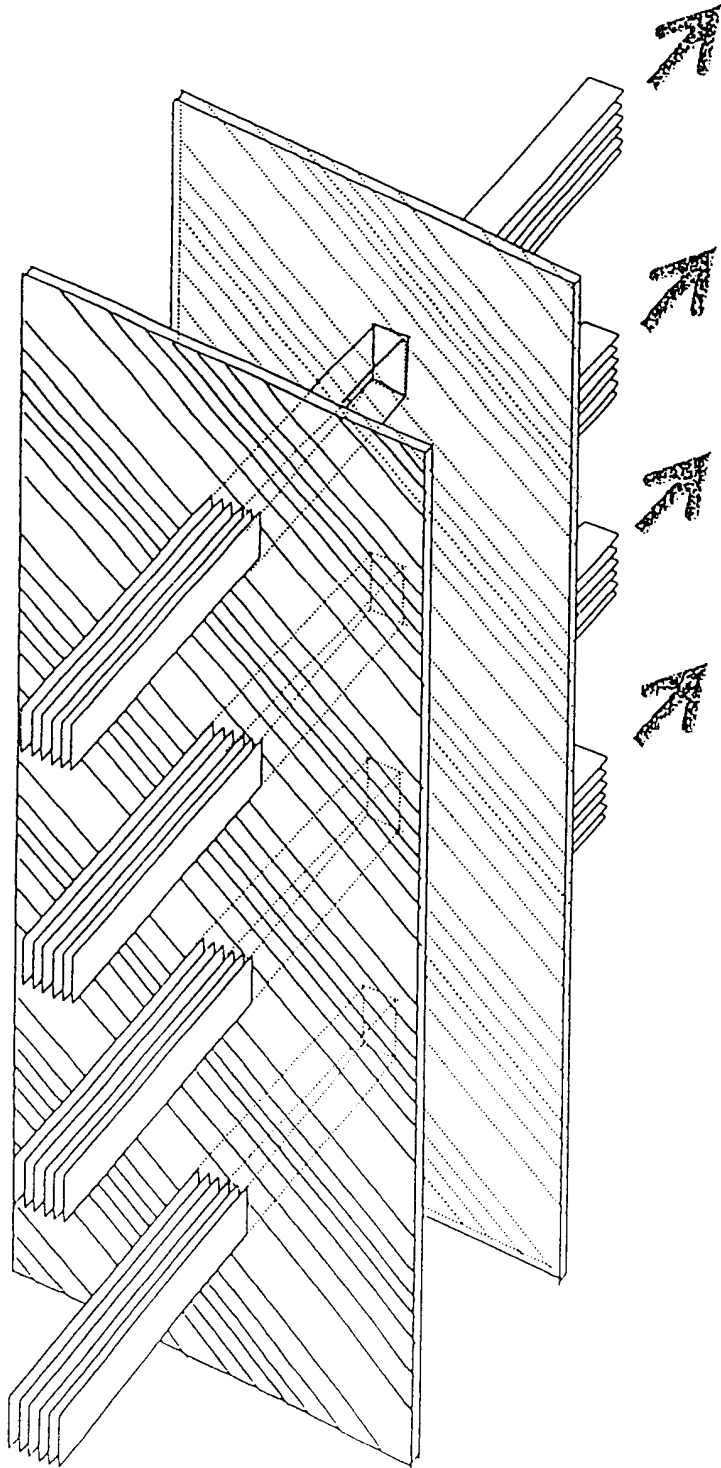


图 36

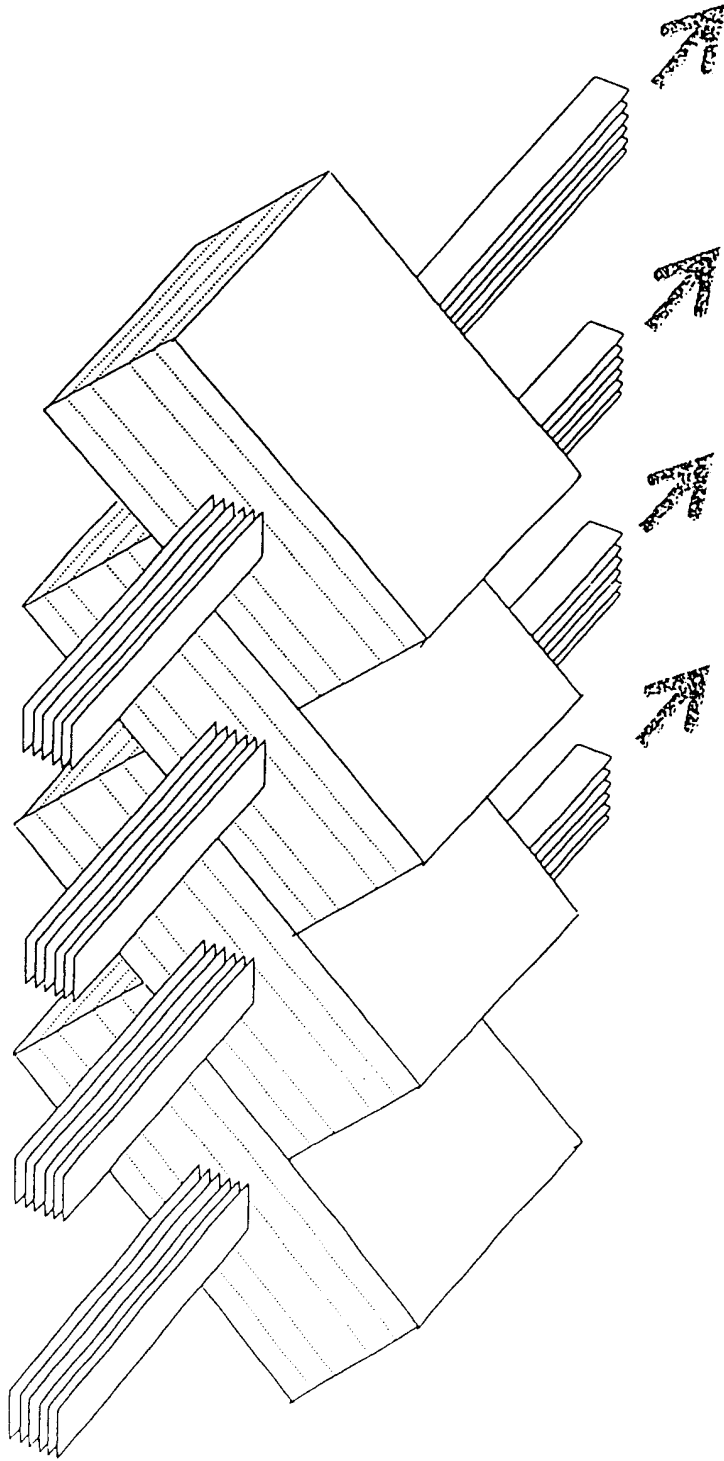
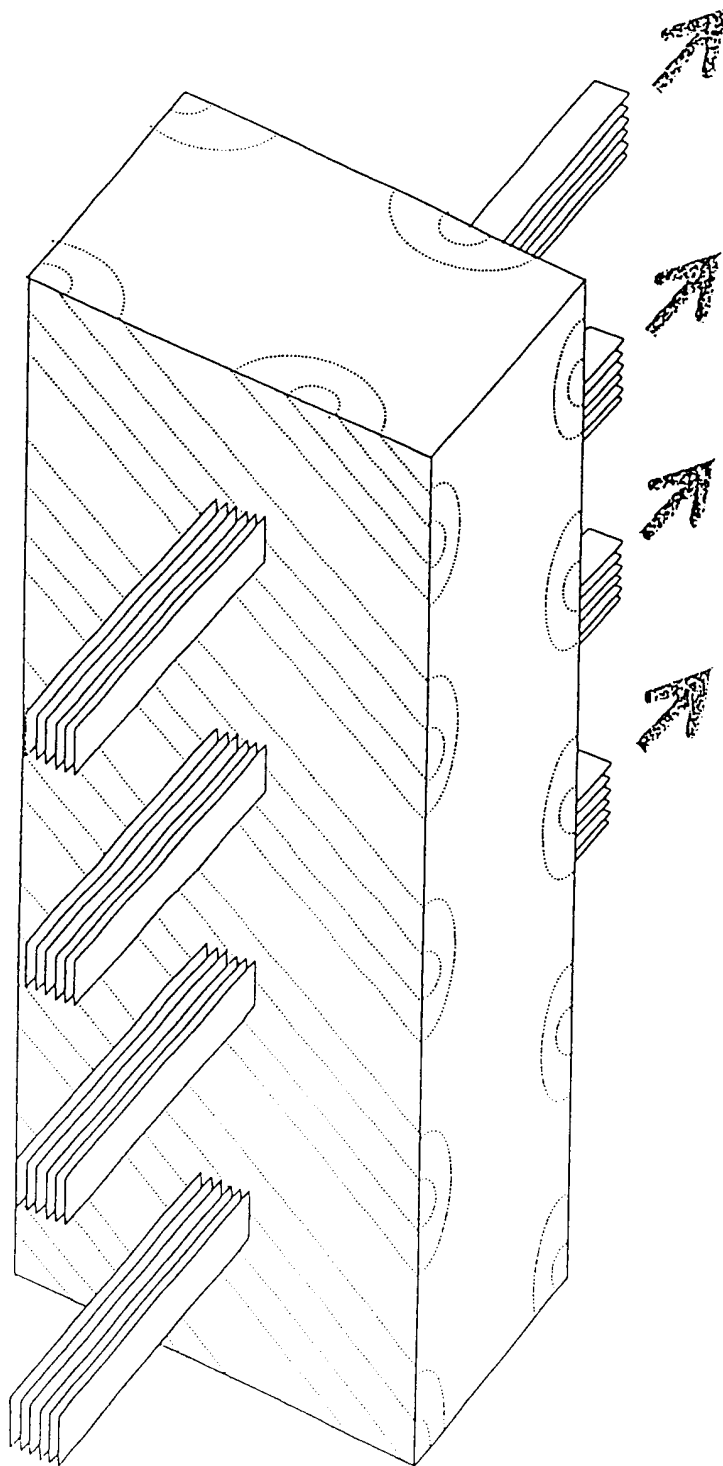




图 37



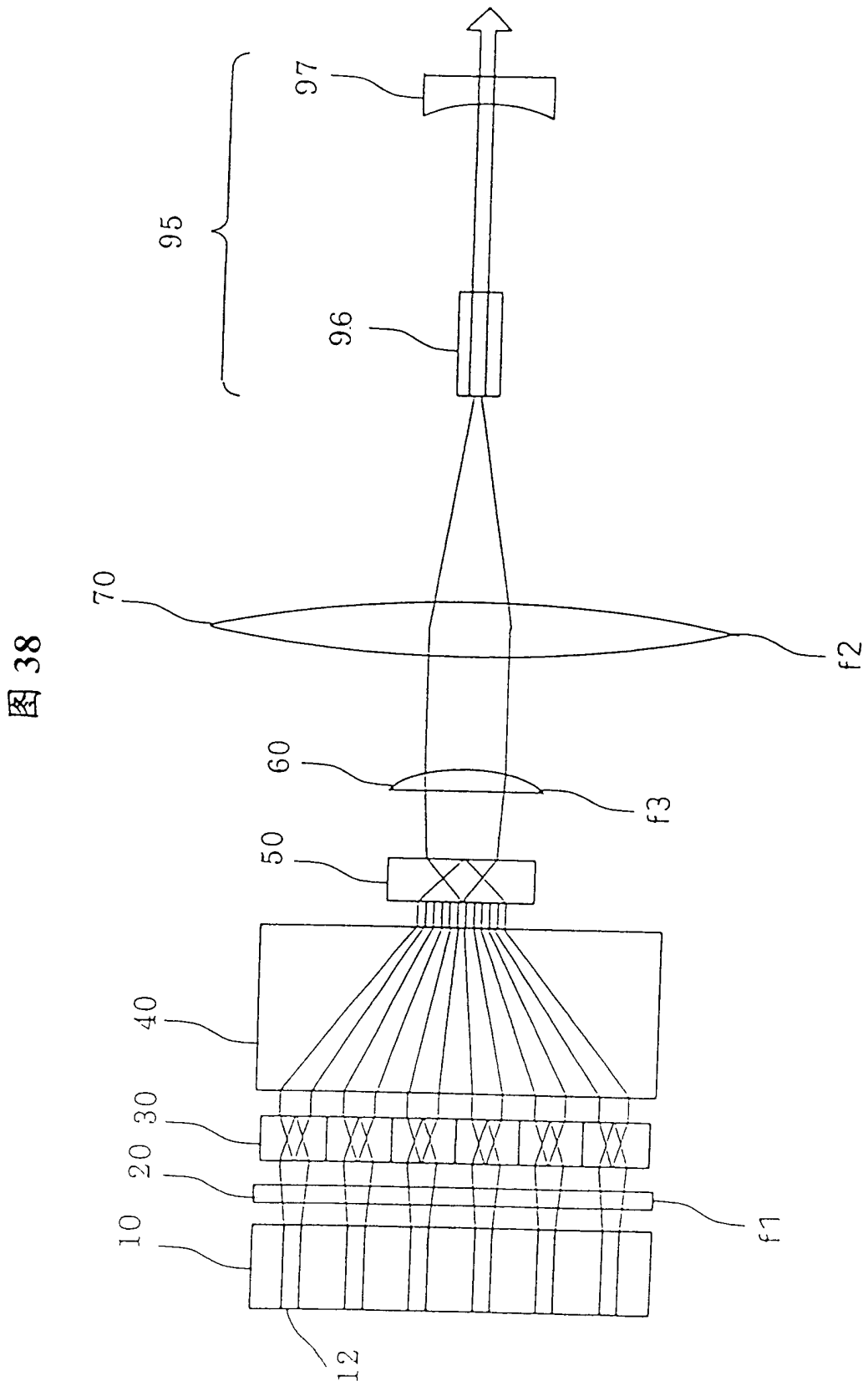


图 38

图 39

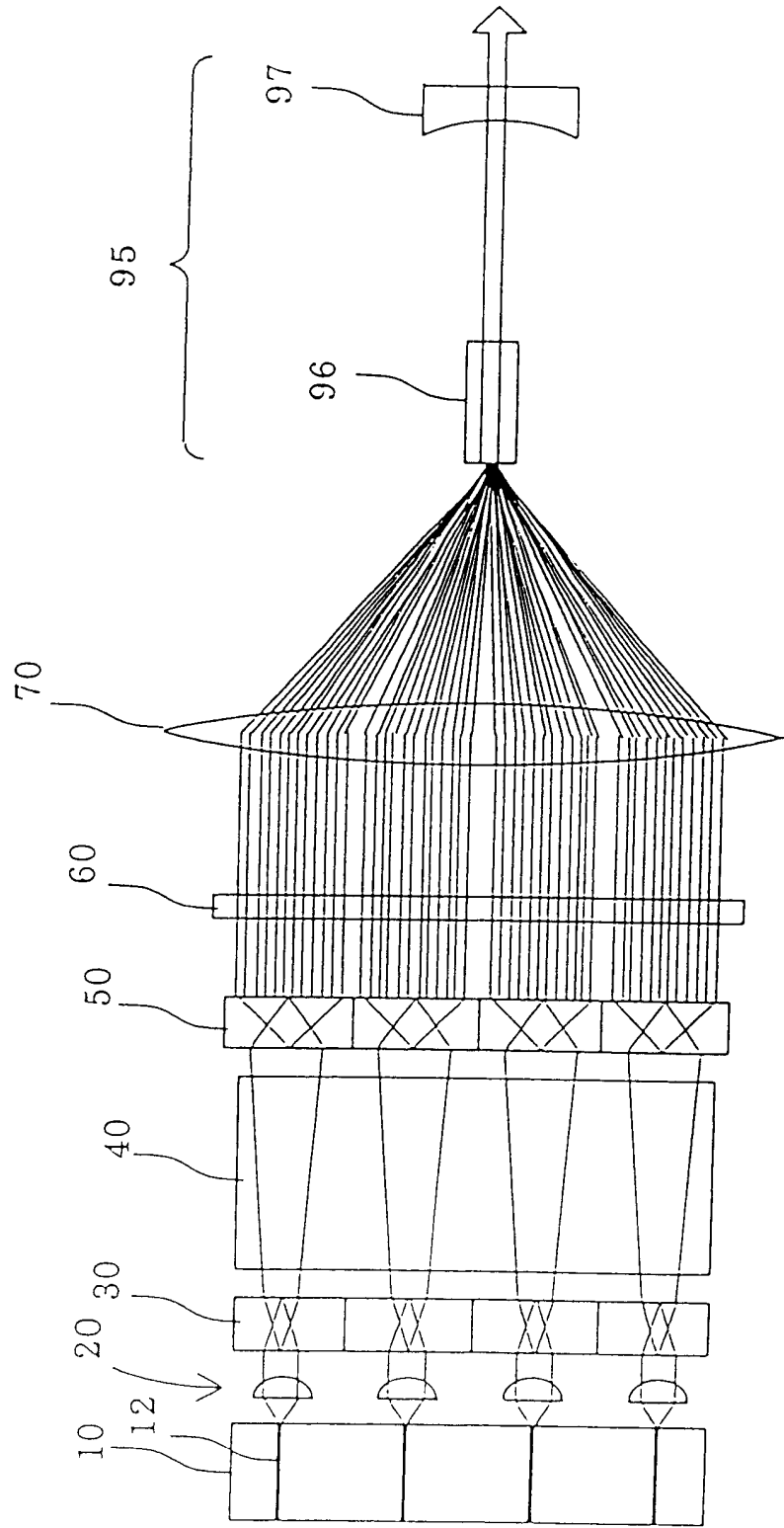


图 40

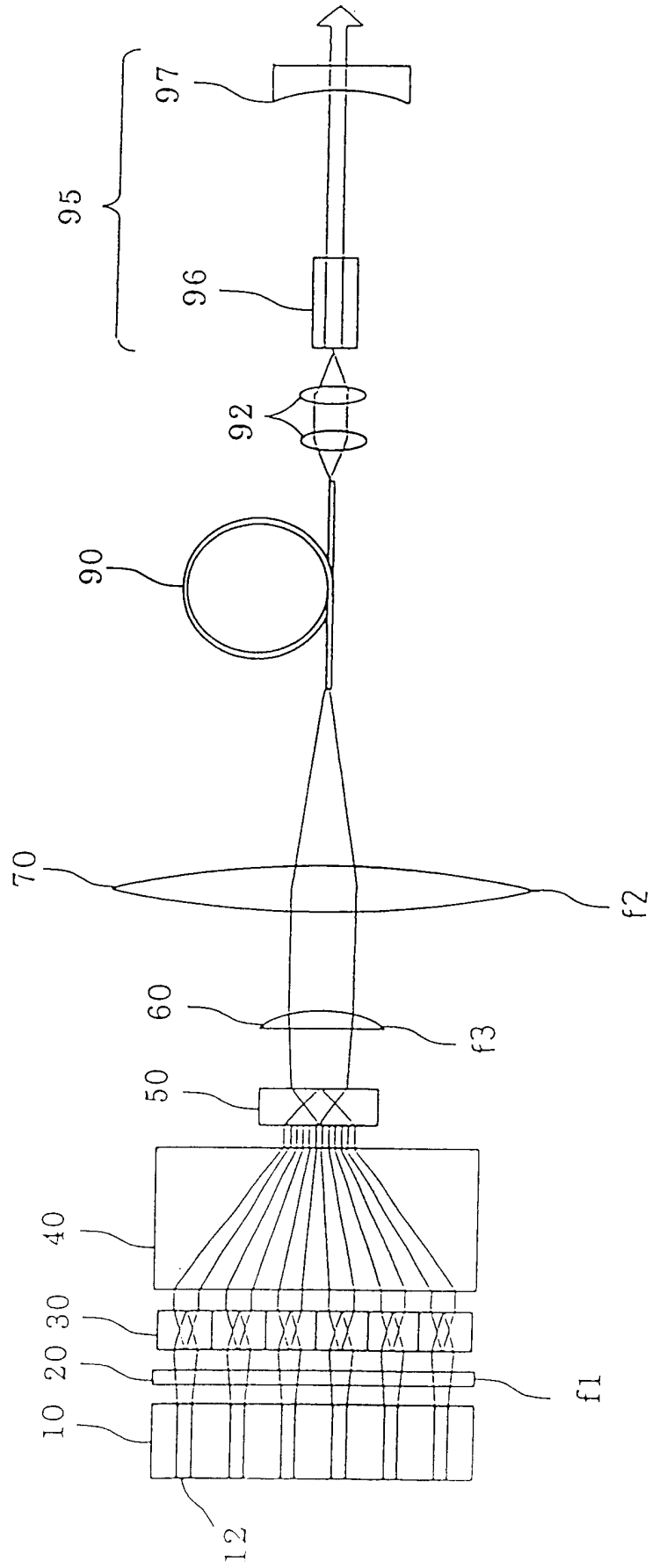


图 41

