

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98803139.6

[45] 授权公告日 2002 年 11 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1094177C

[22] 申请日 1998. 12. 28 [21] 申请号 98803139.6

[30] 优先权

[32] 1998. 1. 8 [33] JP [31] 1950/98

[86] 国际申请 PCT/JP98/06021 1998. 12. 28

[87] 国际公布 WO99/35404 日 1999. 7. 15

[85] 进入国家阶段日期 1999. 9. 6

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府门真市

[72] 发明人 藤中广康 大塚茂

[56] 参考文献

JP4 - 041995A 1992. 2. 12 F04D25/08

JP6 - 249195A 1994. 9. 6 F04D25/08

US5391056 1995. 2. 21 F04D29/66

审查员 谢 亮

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

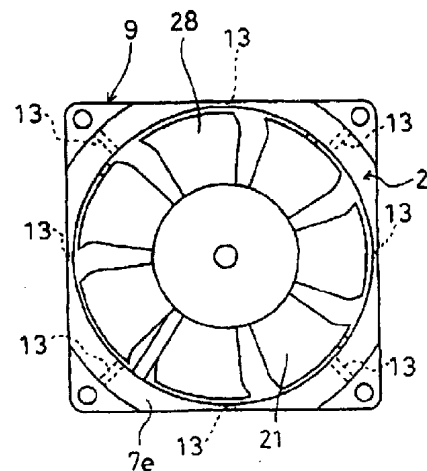
代理人 侯佳猷

权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 16 页

[54] 发明名称 送风装置

[57] 摘要

本发明通过改进从设在环状壁上的狭槽向环状壁的内部吸入空气的送风装置的叶片形状,实现提高气动力性能及提高能量效率。在从设在环状壁(2)上的狭槽向内部吸入空气的送风装置中,通过将轴流风扇(21)的叶片的叶片顶端部向旋转方向弯曲,顺利地获取从狭槽流入的气流。将轴流风扇的叶片顶端部以外的形状作成半径翼或后退翼。轴流风扇的叶片顶端附近的翼前倾角与狭槽的角度的构成角为 $-5 \sim 5^\circ$ 的范围,且将叶片顶端部向风吹出的方向弯曲。采用该结构可提高 P-Q 特性、降低噪音及提高能量效率。



ISSN 1008-4274

1. 一种送风装置，离风扇的叶片顶端留有间隔地形成环状壁(2)，在该环状壁(2)的与所述风扇的叶片顶端面对的部分上，形成使环状壁(2)的内周部与外周部连通的多条狭槽(6)，其特征在于，所述风扇的叶片(28)为叶片顶端部向旋转方向弯曲，风扇的叶片顶端部以外的部分作成不向旋转方向倾斜且前进翼为零的半径翼的形状。

2. 一种送风装置，离风扇的叶片顶端留有间隔地形成环状壁(2)，在该环状壁(2)的与所述风扇的叶片顶端面对的部分上，形成使环状壁(2)的内周部与外周部连通的多条狭槽(6)，其特征在于，所述风扇的叶片(28)为叶片顶端部向旋转方向弯曲，风扇的叶片顶端部以外的部分作成向与旋转方向相反侧倾斜的后退翼的形状。

3. 如权利要求1或2所述的送风装置，其特征在于，风扇为叶片顶端附近的叶片厚度向叶片顶端逐渐变小。

4. 如权利要求1-3中任一项所述的送风装置，其特征在于，风扇为用旋转轴的同心圆筒面剖切的截面形状为翼形，且作成随着趋向叶片顶端部而各截面翼形的最大厚度的位置向翼后缘侧后退的形状。

5. 如权利要求1-4中任一项所述的送风装置，其特征在于，风扇为将叶片顶端部的翼前进角 $\theta$ 、从环状壁外周方向流入的air的平均流速 $v$ 与叶片顶端的周速 $u$ 作成满足下式的形状：

$$\theta = \tan^{-1}(u / v)$$

6. 一种送风装置，离风扇的叶片顶端留有间隔地形成环状壁(2)，在该环状壁(2)的与所述风扇的叶片顶端面对的部分上，形成使环状壁(2)的内周部与外周部连通的多条狭槽(6)，其特征在于，所述风扇为叶片(28、38、48)的叶片顶端部向旋转方向弯曲，相对半径方向的叶片顶端部的翼前倾角的角度为 $-5 \sim 5^\circ$ 的范围，且叶片顶端部附近向风吹出的方向弯曲。

7. 如权利要求6所述的送风装置，其特征在于，风扇为将通过各翼弦中心线并在轴线纵向剖切的截面形状弯曲成S状，将风扇的轴向长度作成短的形状。

8. 如权利要求6或7所述的送风装置，其特征在于，风扇为将叶片顶端部以外的部分作成半径翼或后退翼的形状。

9. 一种电子设备，其特征在于，作为送风装置，具有权利要求1-8中任一项所述的送风装置。

## 送风装置

### 技术背景

本发明涉及用于电子设备的送风装置。

### 技术背景

近年来，由于设备的小型化、电子化，电气线路的高密度安装盛行了起来。与其相应，由于电子设备的发热密度也增加，在设备冷却中采用轴流型送风装置。

以往的送风装置如图 20 所示，在轴流风扇 1 的叶片顶端与环状壁 2 的内周面之间配置留有适当间隙，在向电动机部 3 通电的送风状态下，轴流风扇 1 以轴 4 为中心旋转，产生从吸引侧流向排出侧的气流 5。但是，在上述送风状态下，在叶片 8 的叶片顶端的背压侧气流速度变快，将该气流具有的能量转变为压力能，在叶片后缘侧由于叶片间二维流的影响而产生低能量区域。这部分损失也较大且容易产生流动的剥离情况，气流从叶面分离，在该分离区域产生涡流。由此，存在导致紊流噪音增加且噪音等级及静压-风量特性(以下称作 P-Q 特性)恶化的问题。该现象尤其在排出流侧流动阻力(系统阻抗)起作用的情况下，叶片顶端的漏损涡流的产生变大，可频繁地看到轴流风扇陷于呈失速状态的情况。

以改进这样的轴流风扇的特性作为目的，致力于改进设在轴流风扇外周上的环状壁的形状的有与本发明为同一申请人的日本专利特愿平 8-174042 号、特愿平 9-151450 号、特愿平 9-260738 号所记载的送风装置。如图 21-图 23 所示，将轴流风扇 1 的周围围住的环状壁 2，环状板 7a-7e 被设置在罩壳本体 9 上。环状板 7a-7e 通过衬垫 13 而加以层叠，并在各个相邻的环状板 7a-7e 之间形成狭槽 6。利用该结构，在送风状态下，从设在环状壁 7a-7e 之间的狭槽 6 向环状壁 2 的内部吸入空气，由此可抑制叶片顶端漏损涡流和产生旋转失速的情况，并可获得 P-Q 特性的提高和达到静音化。另外，在日本专利特表平 6-508319 号公报及美国专利 5292088 号上记载的送风装置，通过在轴流风扇的外周上留有间隔地配置多个环状体，从环状体的间隙流入的空气涡流可使流体流量增加。还有，在美国专利 5407324 号上记载的送风装置，使围住轴流风扇外周的环状板的内周部沿风的方向倾斜，多层重叠地配置该环状板，可使环状壁的内周与外周的空气流动。

上述的任何一种结构，通过从轴流风扇的外周吸入空气可改进轴流风扇的特性，但是它们仅记载着关于设在轴流风扇外周部的环状体(环状板)的结构，而对

轴流风扇的形状则未具体描述。因此，为了最大限度地获取其特性，轴流风扇的形状方向也必须与环状壁配合。关于改进轴流风扇的形状方面，以往一般采用的方法是，用与轴流风扇的旋转轴同心的圆筒面将轴流风扇的叶片剖切，将此圆筒面展开并置换成平面状的无限直线叶栅，在该叶栅中应用用于飞机等进行研究的直线翼形系列的理论，进行性能预测或决定适用于使用条件的三维形状。

以往所使用的轴流风扇的形状，作为例子示于图 24-图 29。如图 26-图 27 所示，以往的轴流风扇 1，与旋转轴同心圆筒状地剖切的截面形状形成在半径方向连接具有翼形的叶片 8 的形状。这在以往的轴流风扇中，是由于以忽略在轴流风扇 1 的半径方向上的空气流动的形态进行的设计，在具有不从外周流入空气的环状壁且空气的流动阻力比较小的状态下使用的场合，计算与实际的值不会有较大的不一致。另外，以改善空气的流动阻力稍大状态下的特性为目的，一般还使用图 28-图 29 所示的方法，将叶片的翼弦方向中心位置作成向旋转方向倾斜一定角度的前进翼。在图 24 中，细线 h 是表示叶片厚度的等厚线，点划线 i 是表示用同心圆筒面剖切叶片时的翼弦中心线，虚线 k 是表示用同心圆筒面剖切叶片时的最大厚度的位置的线。当将该以往的轴流风扇与在上述环状壁上设置了狭槽的罩壳 9 组合使用时，轴流风扇的叶片上的气流成为以图 24 的箭头所示方向流动的形状。图 25 是用沿该空气流动的双点划线 a-a' 剖面剖切叶片的示图。在图 25 中，叶片顶端 S 附近由于成为具有一定程度厚度的状态，故在这里流入的气流呈与叶片顶端面冲撞的状态，在顶端的两棱边附近 t1 处呈现容易产生空气层剥离的状态。并且由于较大控制叶片性能的叶片厚度分布与理想的翼形系列有较大差距，故不能期望由翼形效果产生的升力，而存在翼后缘侧 t2 处容易产生空气层剥离并使特性降低的问题。

作为谋求改善特性的技术方案，在日本专利特开平 6-307396 号上记载有不是从环状壁的外周吸入空气的结构，而是通过在轴流风扇的叶片顶端部分的形状上下工夫，作为叶轮，通过使叶片的外周翼顶端上的截面形状构成为具有仅在位于前缘侧且在压力面侧具有凸状的圆角的单面圆角形状和与该单面圆角形状部连续的圆弧形部，以提高气动力性能及降低噪音。另外，在日本专利特开平 8-121391 号中记载有一种通过使叶片外周部弯曲形成曲线状而使气动力噪音降低的送风机。还有，在日本专利特开平 8-284884 号上记载有一种结构，作为流体机械，通过将动翼的顶端背侧从其尖头端削除一定的高度而在腹侧形成一定厚度的厚壁部，从而降低因尖头间隙(チムクリアランス)引起的流体泄漏并提高轴流送风机等的效率。但是，有关上述轴流风扇形状的以往技术的现状，是以具有不从外周流入空气的环状壁为前提的，所以即使应用于如上所述从环状壁外周吸入空气的结构，也不能发挥足够的特性。

图 29 - 图 33 所示为与本发明为同一申请人的日本专利特愿平 9-260738 号所述的送风装置，这是一种以从设在轴流风扇的外周上的狭槽流入空气为前提，作为谋求轴流风扇形状最优化的结构。在图 30 中，细实线 h 是表示叶片厚度的等厚线，点划线 i 是用同心圆筒面剖切叶片时的翼弦中心线，虚线 k 是表示用同心圆筒面剖切叶片的截面形状中的最大厚度位置的线。图 31 是用沿着空气的流动的双点划线 a-a' 所示截面剖切叶片的图。如图 29 所示，对于翼前进角  $\theta_1$ - $\theta_3$ ，将叶片顶端部的前进角  $\theta_3$  形成得较大，换句话说，将叶片顶端部 S 的部分形成向旋转方向弯曲的形状。由此可顺利地获取从狭槽流入的气流，提高送风装置的 P-Q 特性。再有，将用同心圆筒面剖切叶片的截面形状中的最大厚度的位置作成随着趋向叶片顶端而向翼后缘侧后退的形状。详细地将图 32 所示的沿  $l_1$ - $l_1'$ 、 $l_2$ - $l_2'$  线、 $l_3$ - $l_3'$  线、m-m' 线、n-n' 线的各截面分别成为图 33 的(a)-(e)所示的形状。F 表示壁厚的最大位置。根据该形状，如图 31 所示，即使从环状壁外周方向流入的空气的流动，也可最大限度地发挥翼形的效果，并且从狭槽流入的空气在叶片顶端部可顺利地流入，还有，即使从叶片顶端流入的气流，也能得用翼形的效果来产生升力，或可获得在翼后缘侧抑制空气层的剥离等的效果，由于可将狭槽流入的气流有效地转变为风量，故可进一步提高送风装置的 P-Q 特性。

本发明的目的在于，对于如日本专利特愿平 9-260738 号等所述的那样从设在环状壁上的狭槽向环状壁的内部吸入空气的送风装置的叶片形状，谋求进一步的改进，实现提高气动力性能、或提高能量效率。

### 本发明概况

为了解决上述问题，本发明的送风装置构成为，离叶片顶端留有间隔地形成环状壁，在该环状壁的与所述风扇的叶片顶端面对的部分上形成使环状壁的内周部与外周部连通的多条狭槽，所述风扇为将叶片的叶片顶端部向旋转方向弯曲，并将风扇的叶片顶端部以外的部分作成不向旋转方向倾斜的、前进角为零的半径翼的形状。

另外，本发明的送风装置构成为，离叶片顶端留有间隔地形成环状壁，在该环状壁的与所述风扇的叶片顶端面对的部分上形成使环状壁的内周部与外周部连通的多条狭槽，所述风扇为将叶片的叶片顶端部向旋转方向弯曲，并将风扇的叶片顶端部以外的部分作成向与旋转方向相反侧倾斜的后退翼的形状。

还有，本发明的送风装置构成为，离叶片顶端留有间隔地形成环状壁，在该环状壁的与所述风扇的叶片顶端面对的部分上形成使环状壁的内周部与外周部连通的多条狭槽，所述风扇为将叶片的叶片顶端部向旋转方向弯曲，相对半径方向的叶片顶端部的翼前倾角的角度为  $-5 \sim 15^\circ$  的范围，且叶片顶端部附近向风吹

出的方向弯曲。

并且，作为送风装置，在电子设备上具有上述任一种的送风装置。

采用上述的结构，可顺利地获取从狭槽流入的气流，实现提高送风装置的 P-Q 特性及静音化。另外，在作为电子设备的、例如个人计算机等中具有上述送风装置的情况下，可确保作为电子设备的静音性，并可提高冷却效率和能量效率。

#### 附图的简单说明

图 1 是表示本发明实施形态的轴流型送风装置的主视图，

图 2 是表示该轴流型送风装置的侧视图，

图 3 是表示该轴流型送风装置的剖视图，

图 4 是一般的前进翼式轴流风扇的主视图，

图 5 是一般的半径翼式轴流风扇的主视图，

图 6 是一般的后退翼式轴流风扇的主视图，

图 7 是本发明实施形态的轴流风扇的等厚线图，

图 8 是该实施形态的轴流风扇的剖视图，

图 9 是该实施形态的轴流风扇的主视图，

图 10(a)-(e)是分别表示图 9 的轴流风扇叶片的各部分厚度的剖视图，

图 11 是表示该实施形态的其它例子的轴流风扇主视图，

图 12 是本发明另一实施形态的送风装置主视图，

图 13 是该另一实施形态送风装置的各翼弦的剖视图，

图 14 是该另一实施形态的其它例子的送风装置主视图，

图 15 是分别通过图 14 的送风装置各翼弦中心线并在通过轴线的纵向剖切的剖视图，

图 16 是用于解说翼理论的说明图，

图 17 是用于解说翼理论的说明图，

图 18 是以往的送风装置的主视图，

图 19(a)-(c)分别是图 18 送风装置各翼弦的剖视图，

图 20 是表示以往的送风装置的剖视图，

图 21 是表示现有技术的带狭槽送风装置的主视图，

图 22 是表示现有技术的带狭槽送风装置的侧视图，

图 23 是表示现有技术的带狭槽送风装置的剖视图，

图 24 是以往的轴流风扇的等厚线图，

图 25 是以往的轴流风扇的剖视图，

图 26 是以往的轴流风扇的主视图，

图 27(a)-(c)是分别表示以往的轴流风扇的叶片的各部分厚度的剖视图，  
图 28 是以往的叶片形状的说明图，  
图 29 是现有技术的叶片形状的说明图，  
图 30 是现有技术的轴流风扇的等厚线图，  
图 31 是现有技术的轴流风扇的剖视图，  
图 32 是现有技术的轴流风扇的主视图，  
图 33(a)-(e)是分别表示现有技术的轴流风扇的叶片的各部分厚度的剖视图。

### 发明的实施形态

以下结合附图说明本发明的实施形态。图 1-图 3 表示本实施形态的送风装置。对与前面所示构件相同的构件标上相同的符号并省略说明。如图 2 所示，将层叠的环状板 7a-7e 的宽度  $w$  设定成与轴流风扇 21 的轴向宽度相同或与轴流风扇 1 的轴向宽度大致相同。并且，将各狭槽 6 的间隙的宽度  $w$  作成使各部分的流入阻力大致相等那样连续地变化。通过轴流风扇 1 的旋转驱动，在叶片 28 的翼顶端背压侧产生负压力，而利用与狭槽 6 外部的气压差，产生通过各狭槽 6 向内侧混入的气流 5s。通过将狭槽 6 的间隙宽度  $w$  设定成适当的值，从各狭槽 6 流入的气流 5s 就成为层流，可抑制在叶片顶端上从正压侧向背压侧流动的漏损涡流，消除背压面上的气流的分离现象，具有提高 P-Q 特性及降低噪音的效果。

可是，轴流风扇一般是利用树脂注塑成型等进行成形，而对利用注塑成型等进行成形的情况，在模具结构上受到形状的制约，存在前进翼式的轴流风扇的叶片轴向投影面积变小的问题。图 4 表示叶片的翼弦方向中心位置向旋转方向倾斜的前进翼式(翼前进角为正)的轴流风扇，图 5 表示叶片的翼弦方向中心位置在半径上的半径翼式(翼前进角为零)的轴流风扇，图 6 表示叶片的翼弦方向中心位置向反转方向倾斜的后退翼式(翼前进角为负)的轴流风扇，这些叶片的外径都相同。这里，相邻的叶片间隔的尺寸  $c$  受到模具结构上的限制，无论哪种形状，尺寸均须一定。如图 4-图 6 所示，在将相邻叶片的间隔尺寸  $c$  设定为相等的情况下，前进翼式的轴流风扇和后退翼式的轴流风扇与半径翼式的轴流风扇相比叶片的轴向投影面积要小，因此为了要取得相同的性能，就需要增加每相同面积的叶片的作功量。为了增加叶片的作功量，需要加大叶片的安装角度(围绕半径方向轴线的叶片的扭转角度)，然而在增大叶片的安装角度时，在伴随叶片的空气阻力增大而导致轴流风扇驱动力增加的同时，容易产生伴随翼背压侧边界层的早期剥离的失速现象。

因此，在本实施形态中，将每相同面积的叶片的作功量最小、即叶片负荷最小的半径翼式的轴流风扇作为基础，即叶片负荷最小的半径翼式的轴流风扇作为

基础，对叶片顶端部的形状加以最优化。图7-图10中示出本实施形态的轴流风扇21。图7-图10中，叶片28的顶端部分的形状与前面图29-图33所示的日本专利特愿平9-260738号中的轴流风扇为大致相同形状，不同点在于，叶片顶端部分以外的形状为翼前进角为零的半径翼、轴流风扇尺寸相同而叶片的轴向投影面积变大。

为了明确该轴流风扇21的形状而作以下的详细说明。在图7中，轴流风扇21的叶片顶端部s形成向旋转方向弯曲的形状。从狭槽6流入的气流为大致向半径方向的流动v，由于叶片顶端以周速u旋转，故从叶片28看到的情况为相对气流从w的方向流入的形态。通过将叶片顶端部向旋转方向弯曲，可促进该气流顺利地流入。要使该风的流动与轴流风扇叶片端部的前倾角相等，可将叶片顶端部的前进角 $\theta$ 设定成满足下式的条件：

$$\theta = \tan^{-1}(u/v)$$

通过这样的设定，使风成为最顺利地流入的形态，成为对P-Q特性和改善噪音都有利的条件。另外，在图7中，细实线h是表示叶片28厚度的等厚线，点划线i是用同心圆筒面将叶片28剖切的截面形状中的翼弦中心线，虚线k是表示用同心圆筒面剖切叶片28的截面形状中的最大厚度位置的线。图8表示用沿空气流动的双点划线a-a'表示的截面剖切叶片28的状态。另外，将叶片28沿图9所示的 $l_1-l_1'$ 线、 $l_2-l_2'$ 线、 $l_3-l_3'$ 线、 $m-m'$ 线、 $n-n'$ 线的各截面分别表示为图10的(a)-(e)。F表示壁厚的最大位置，如图10所示，在随着趋向叶片顶端部而壁厚逐渐变薄的同时，壁厚的最大位置F就变成向叶片后缘侧后退的形状。采用该形态，如图8所示，从环状壁外周方向流入的的空气的流动，也可使翼形的效果最大限度地发挥，在叶片顶端部从狭槽6流入的空气可顺利地流入，还有，从叶片顶端部流入的气流也可产生利用翼形效果的升力，或在翼后缘侧可获得抑制空气层剥离等的效果，由于可将狭槽6流入的空气有效地转变为风量，故送风装置的P-Q特性进一步提高。

另外，本发明的轴流风扇21由于将叶片顶端部以外的叶片形态作成半径翼式的，故叶片28的轴向投影面积变大，即使叶片28的每相同面积的作功量变小，也能确保与以往相同的性能。并且，由于可使叶片28的安装角度变小，故可抑制叶片28的驱动力而使其变小，同时还可抑制伴随叶片背压侧边界层早期剥离的失速，可提高相对驱动力的送风能力，换句话说，可提供能量效率高的送风装置。并且，在用电动机驱动该轴流风扇21的情况下，可抑制电动机的电力消耗，同时由于还可抑制电动机自身的发热，故可提高装入该送风装置的设备的冷却效率。

还有，如图11所示，在将后退翼式的轴流风扇的叶片顶端部的形状用与上

述同样的条件进行最优化的情况下，若在向送风装置施加某种程度的送风阻力的状态下使用，叶片背压面上的气流因翼面上压力分布的影响而如箭头所示，在稍向内周倾斜的方向上流动，通过这样的流动，叶片背压面上的气流由于成为通过最短距离而流动的形态，因可使容易产生边界层剥离的背压面上的流速变慢，即使该部分的安装角度较大，也难以导致边界层的剥离，可将从叶片顶端到轮毂部的安装角度取得较大，即使在以往的结构中几乎不能作功的轮毂附近的翼形也能作功，能提供如上述所示那样的，对不能期望改善能量效率等效果的部分也能产生高风量的送风装置。或者，在使轴流风扇高速旋转时那样的、容易产生边界层剥离的运转条件下，也能通过抑制边界层的剥离并使轴流风扇高速旋转，而可提供既小型又高风量的送风装置。

下面，对本发明的另一实施形态进行说明。对与前面说明过的构件相同的构件采用相同的标号并省略说明。在上述前面的实施形态中，主要是着眼于轴流风扇在轴向投影的形状并进行最优化，而在本实施形态中，着眼于从在各翼弦将轴流风扇剖切的截面看到的形状。

图 18-图 19 表示前面图 29-图 33 所示的日本专利特愿平 9-260738 号中记载的送风装置。如图 19 的(a)、(b)、(c)所示，该送风装置的轴流风扇在各翼弦剖切的截面形状为，叶片在翼前缘部、中间部、后缘部都大致向与轴垂直的方向延伸，将叶片顶端部分的前倾角设定成与狭槽的角度一致，采用该结构，成为将沿该截面方向流动的风的成分顺利地导入的结构，轴流风扇成为完全不作功的状态。

图 12 表示本实施形态的送风装置。如图 13 的(a)、(b)、(c)所示，该送风装置的轴流风扇 31 在各翼弦剖切的截面形状，成为叶片 38 的叶片顶端方向向风的吸入侧倾斜的所谓的前倾翼，叶片顶端部的前倾角相对狭槽 6 的角度，成为在风的吸入侧稍微前倾的形状，这与前面的实施形态不同。另外，叶片前端部的前倾角比其它部分小，叶片前端部形成向吹出风的方向弯曲的形状。这里，对照翼理论说明关于改变叶片 38 的前倾角的理由，图 16 表示具有翘曲的二维翼。在图 16 中，角度  $j$  被称作入射角，是翼前缘部的翘曲线与风的流入方向所构成的角。图 17 是表示使该叶片的风的入射角  $j$  改变而产生的升力与阻力的关系的图。作为叶片的性能，是升力越大、阻力越小则较好，而如图 17 所示，将叶片的升力作成最大的入射角与将叶片的阻力(空气阻力)作成最小的入射角是不同的。根据叶片的形状而不同，但一般升力最大的条件是入射角为正且角度为  $5 \sim 15^\circ$  附近，而阻力最小的条件是入射角为零附近的  $-5 \sim 5^\circ$  左右。

当考虑将上述的翼理论应用于沿在本实施形态的轴流风扇 31 的各翼弦剖切的截面的流动时，可将狭槽 6 的角度与叶片顶端的前倾角所构成的角  $j$ (图 13 所示的角  $j$ )看作上述的入射角。这里，通过叶片顶端部有某种程度的入射角，作成具

有使升力变大的条件即具有前倾角的形状，还可使从狭槽 6 吸入的风的所述截面方向的成分有效地转变成风量，使风量增大。当将使叶片顶端部的阻力变小即前倾角与狭槽 6 构成的角设定在零附近时，可减少在该部分的能量损失并提高作为轴流风扇整体的能量效率。本实施形态的叶片为前者某种程度上具有叶片顶端部的前倾角与狭槽 6 构成的角，并成为重视风量的设定。另外，为了发挥这样的特性，叶片顶端的前倾角与狭槽 6 角度的构成角一般在 $-5 \sim 5^\circ$ 的范围，并且，叶片顶端部必须呈向风吹出的方向弯曲的状态。当叶片顶端的前倾角与狭槽 6 角度的构成角过大时，会引起在叶片 38 的背压侧的边界层剥离，并使效率降低，且反而使风量减少，相反，当使构成角度过小时，不产生升力，使风量降低，同时引起在叶片 38 的正压侧的边界层剥离，并使效率也降低。另外，在叶片 38 的叶片顶端部向风吸入的方向弯曲时，由于叶片顶端的翘曲方向变成相反，故产生反方向的升力，风量反而降低。并且，在上述实施形态中，叶片顶端部以外的叶片的前倾角大致为一定，在这样构成的场合，由于轴流风扇 31 的轴向长度变长，故送风装置的风扇轴向尺寸变大。因此，如图 14-图 15 所示，象轴流风扇 41 的叶片 48 的断面形状呈 S 字形那样，叶片顶端部附近向风吹出的方向弯曲，相反，当叶片根部侧作成向风吸入的方向弯曲的形状时，如图 11 所示由于从叶片 48 的叶片顶端流入的空氣的流动，在到达叶片的根部之前从叶片后缘侧流出，故叶片根部附近的空氣的流动呈大致沿圆周的流动。因此，在半径方向的流动的影响较小的叶片 48 的根部附近，通过向与叶片顶端反向地吸入风的方向弯曲，可抑制并使轴流风扇 41 的风扇轴向长度变小，可抑制并使送风装置的大小尤其使轴向尺寸变小，同时通过将叶片顶端向风吹出的方向弯曲，可提供最大限度地发挥 P-Q 特性的送风装置。

另外，在本实施形态中，作为轴流风扇的形状表示了前进翼式的形状，然而，如前面的实施形态中所示的那样，即使应用于半径翼式或后退翼式的轴流风扇也具有同样的效果，在将它们组合的情况下，利用两者的相乘效果，可实现提高能量效率或更进一步提高 P-Q 特性。并且，在作为电子设备例如个人计算机等中具有上述的送风装置的情况下，可确保作为电子设备的静音性，同时可提高冷却效率和能量效率。

如上所述，根据本发明，通过形成使环状壁的内周部与外周部连通的多条狭槽、并将风扇的叶片的叶片顶端部向旋转方向弯曲，可顺利地获取从狭槽流入的气流，实现提高送风装置的 P-Q 特性及静音化，还能进一步提高送风装置的能量效率。

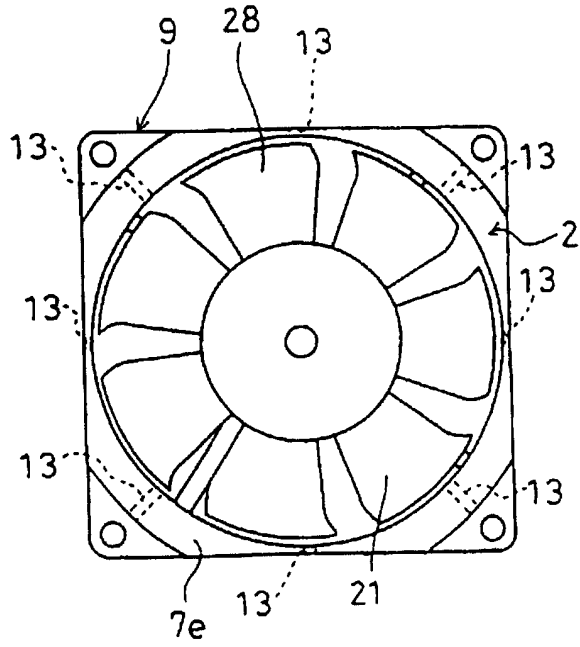


图 1

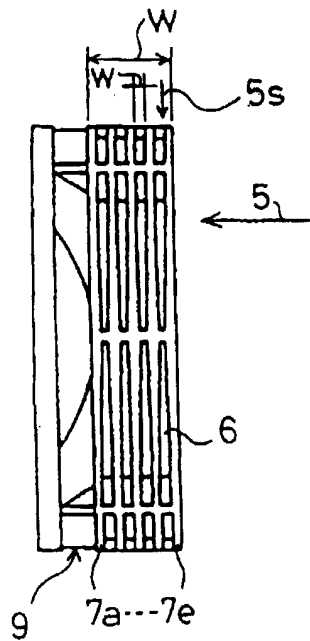


图 2

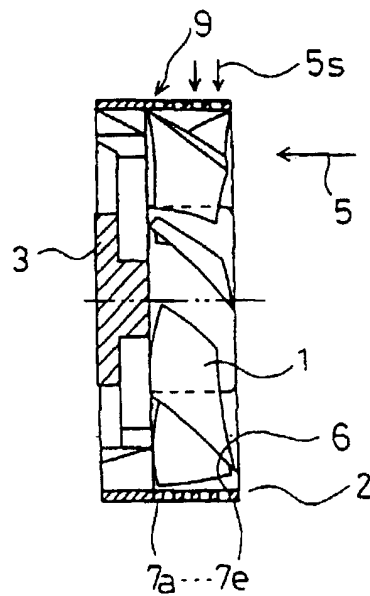


图 3

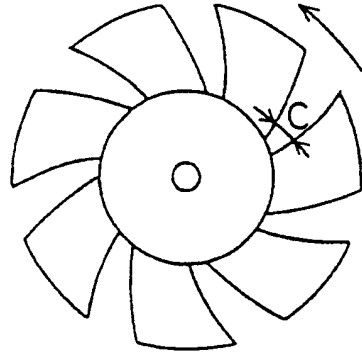


图 4

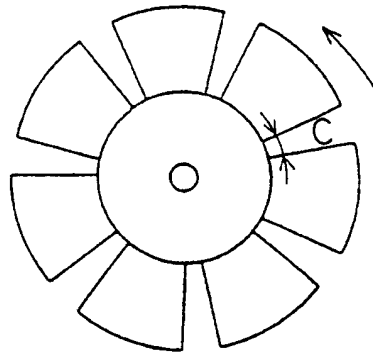


图 5

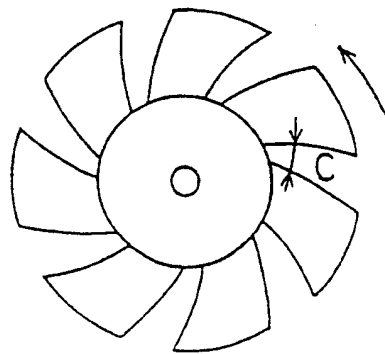


图 6

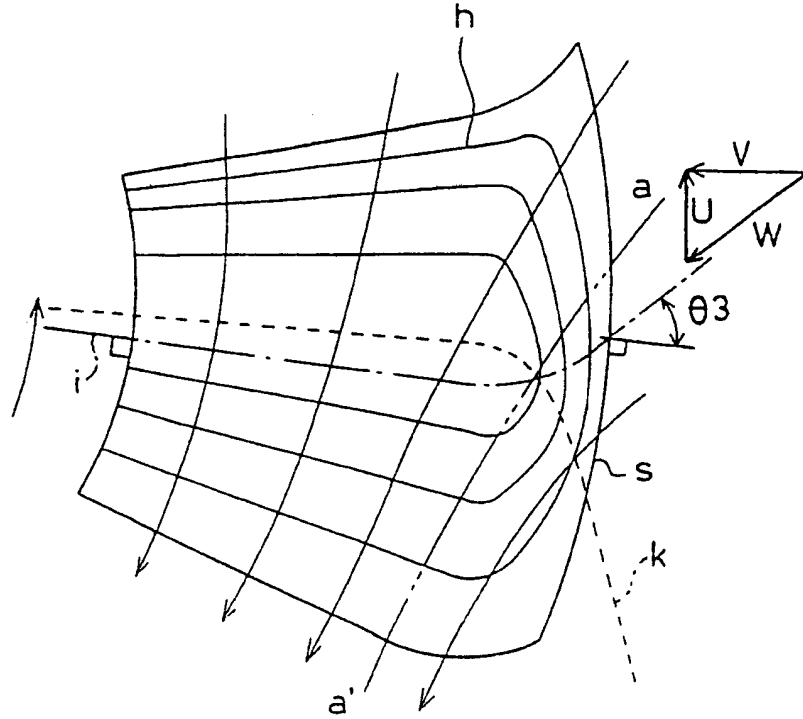


图 7

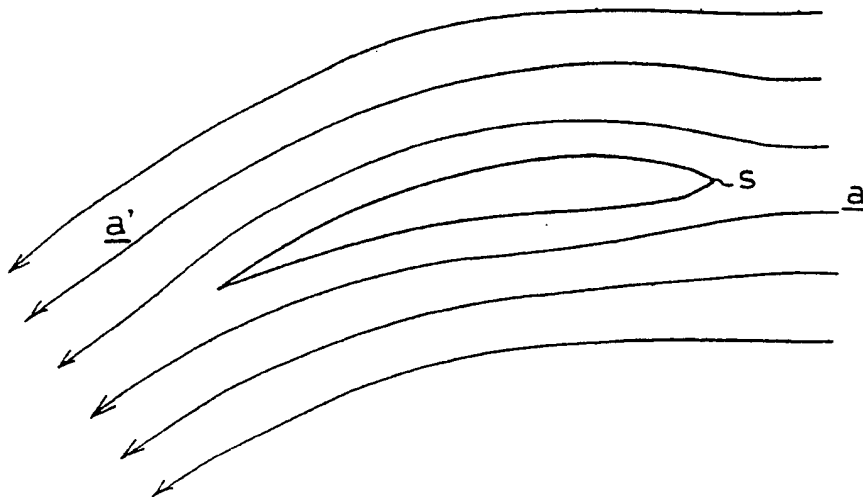


图 8

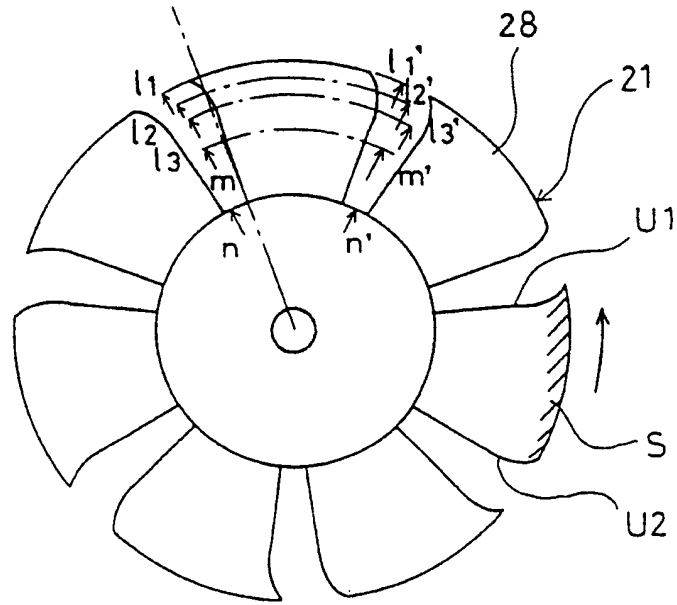


图 9

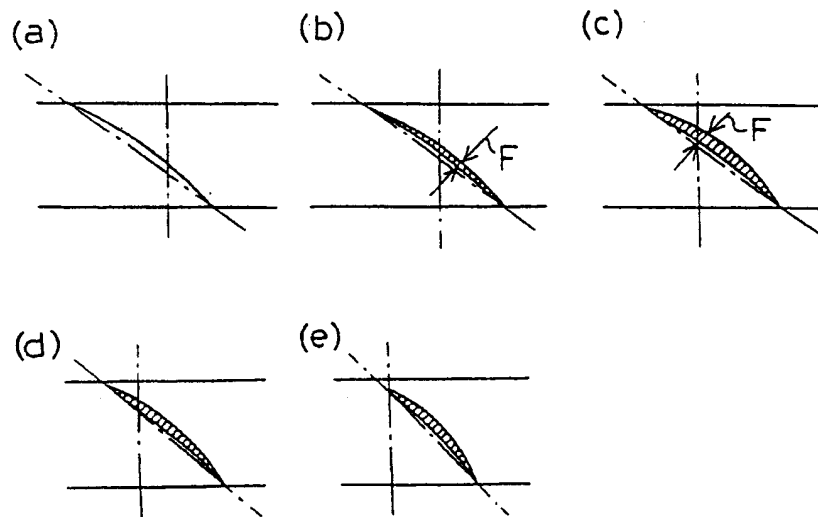


图 10

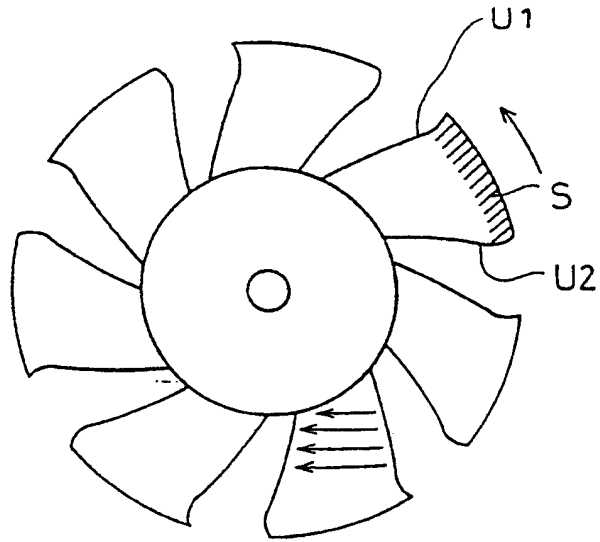


图 11

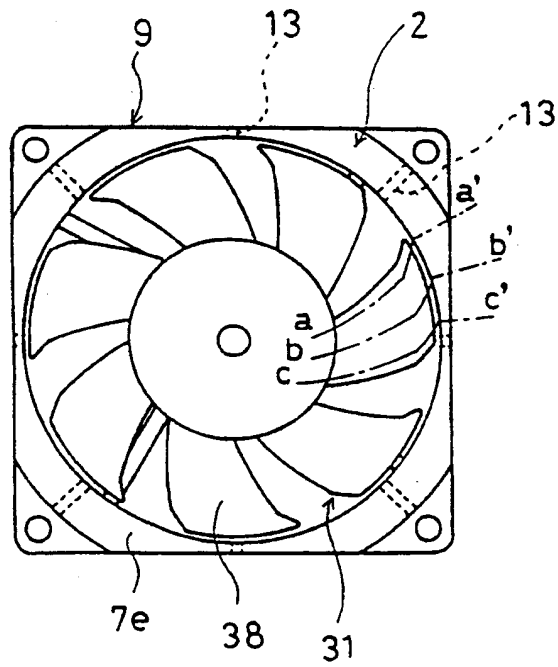


图 12

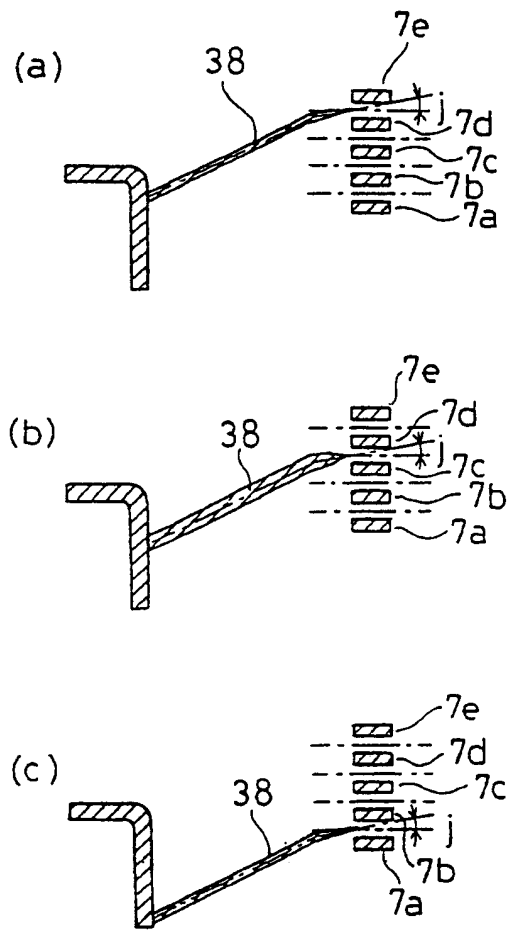


图 13

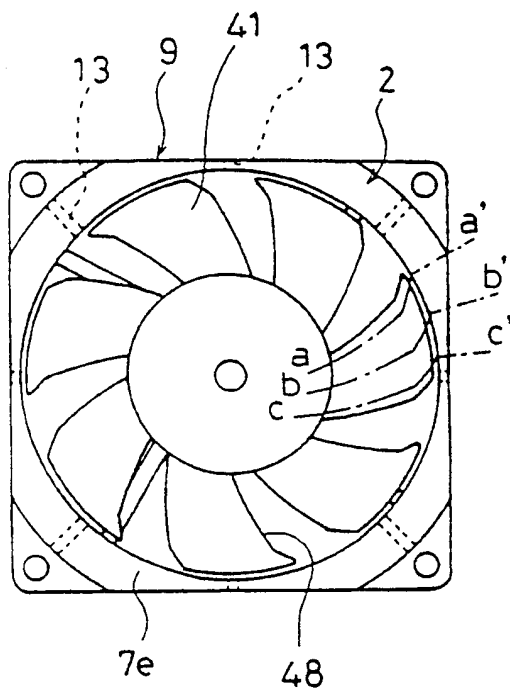


图 14

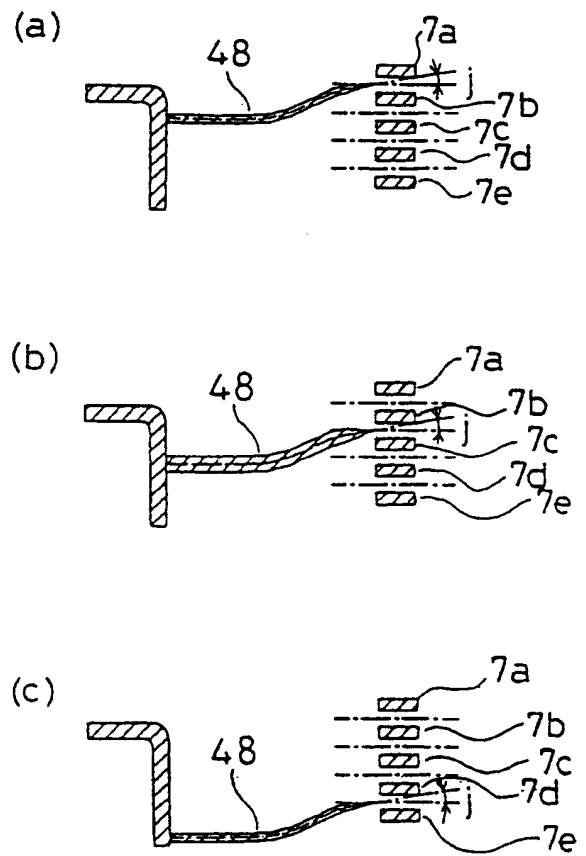


图 15

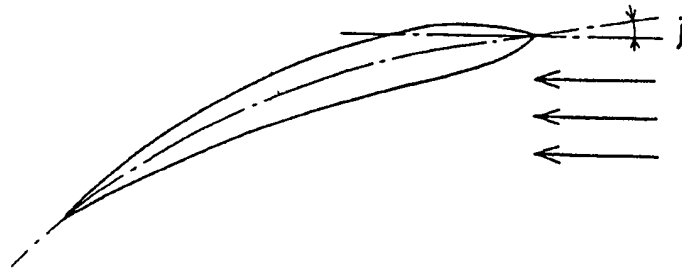


图 16

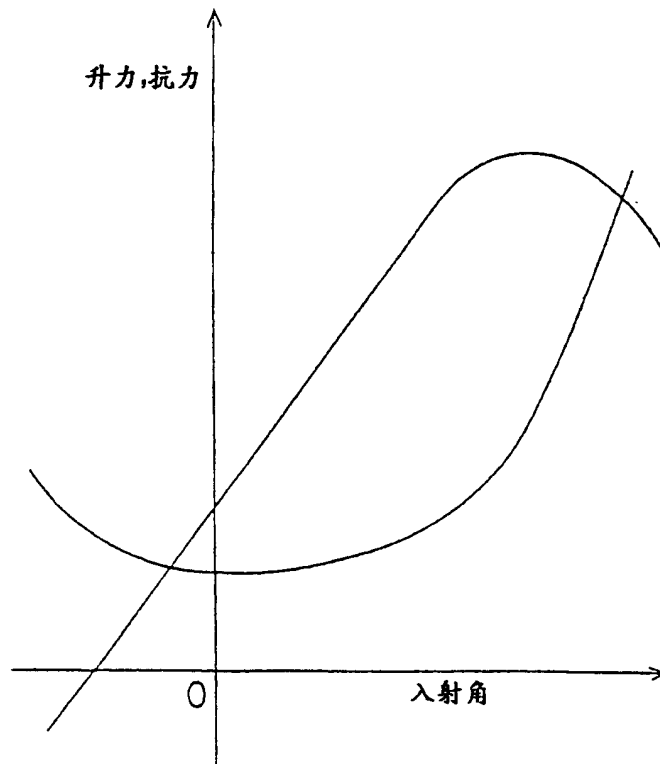


图 17

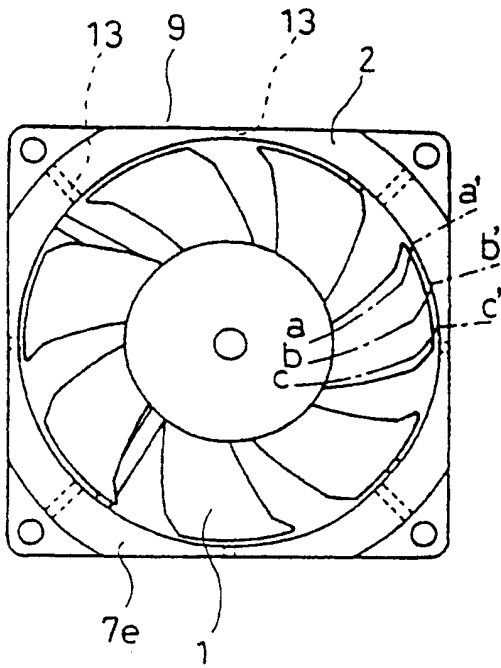


图 18

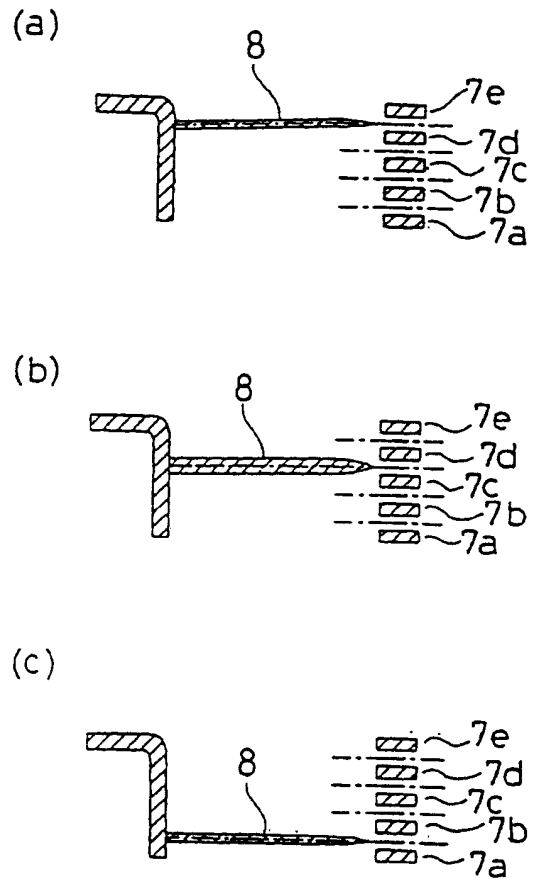


图 19

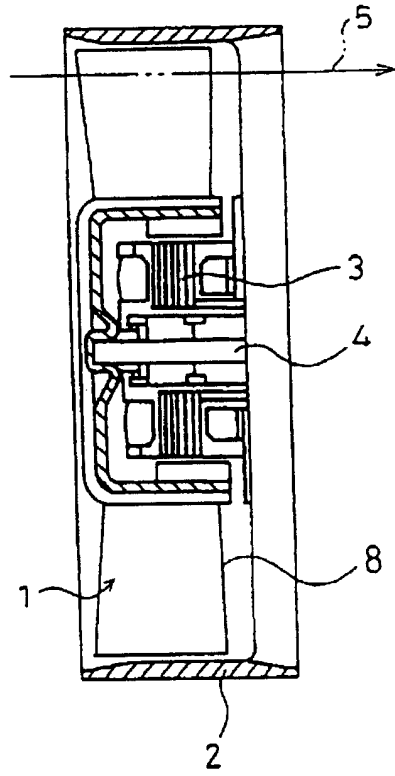


图 20

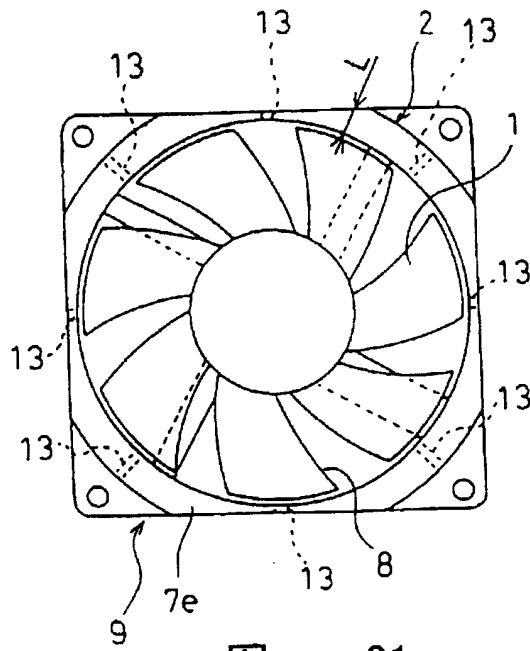


图 21

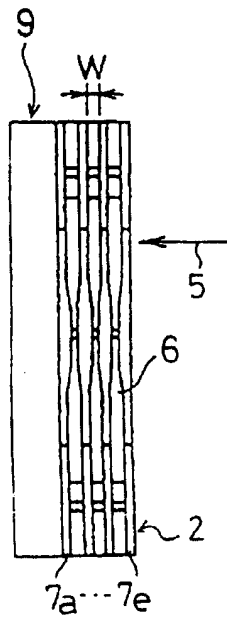


图 22

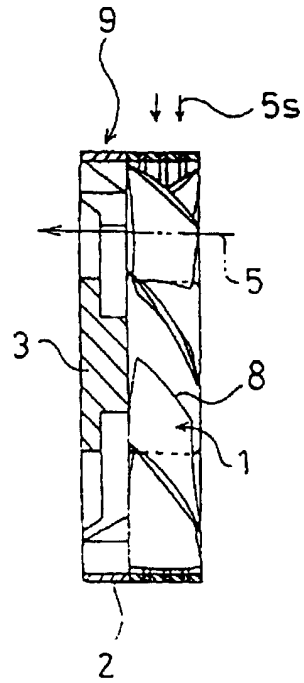


图 23

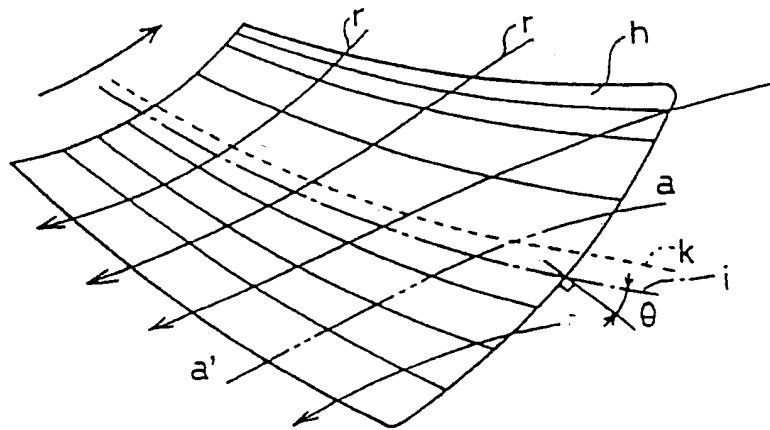


图 24

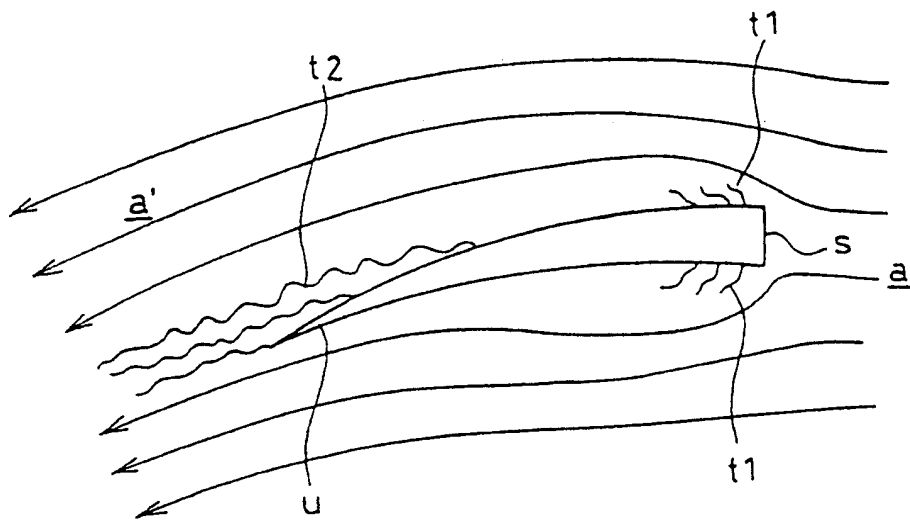


图 25

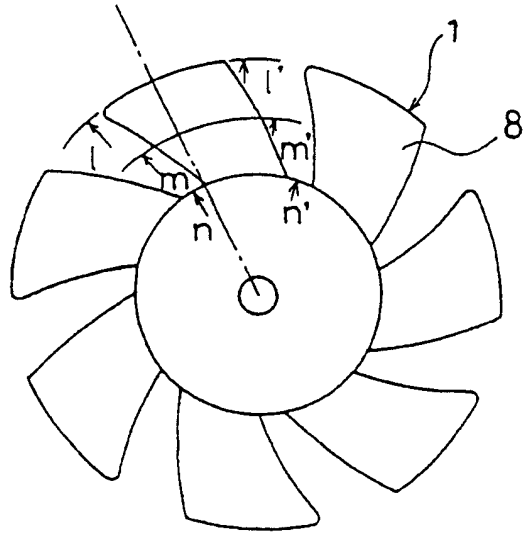


图 26

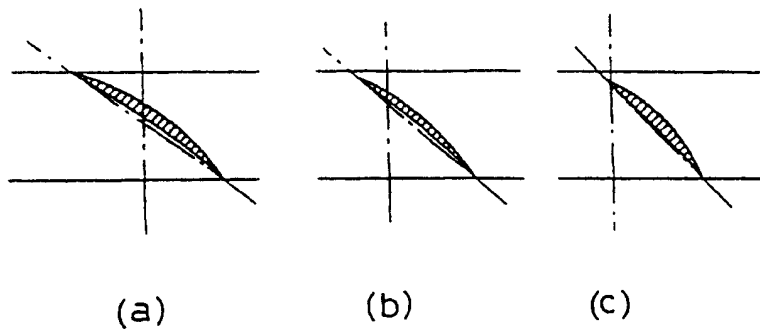


图 27

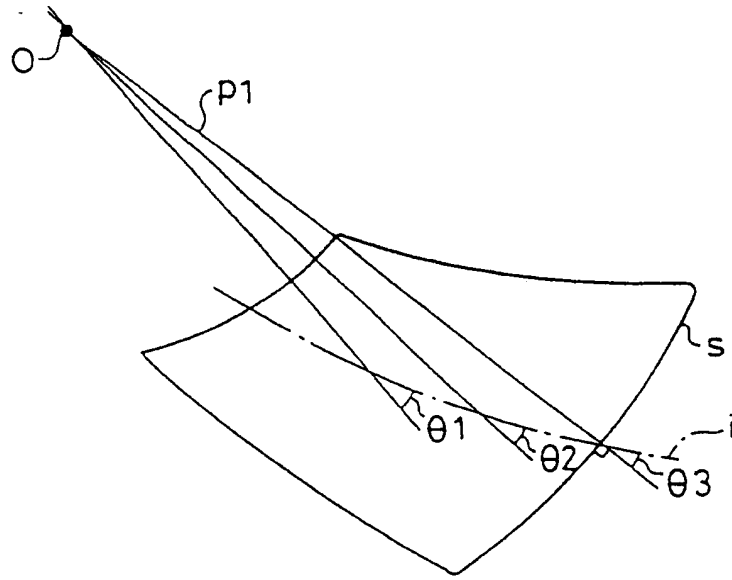


图 28

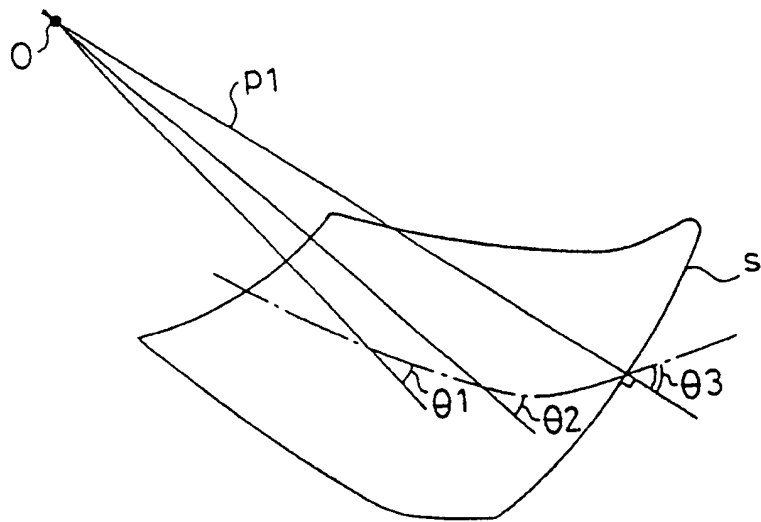


图 29

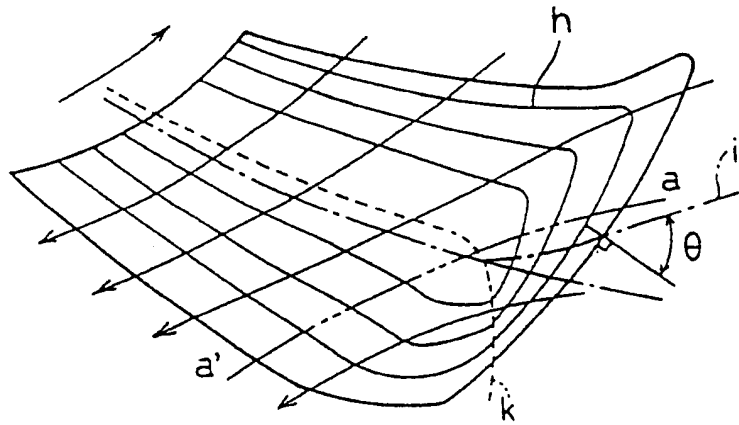


图 30

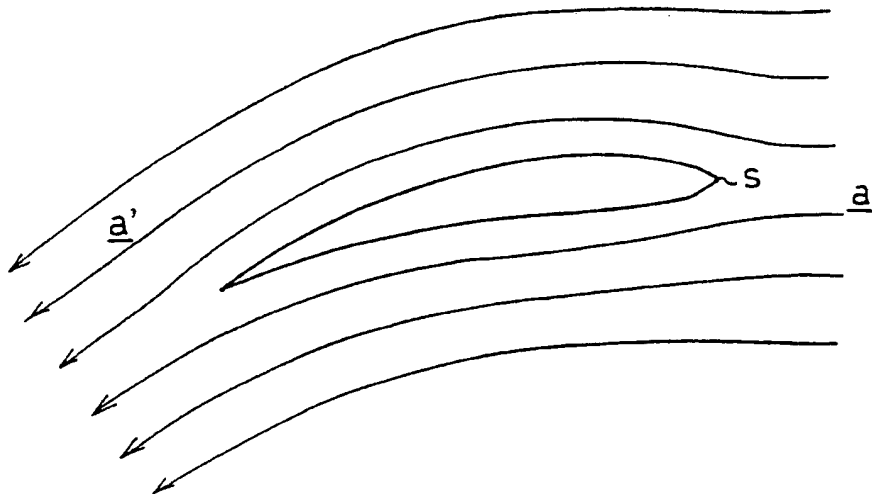


图 31

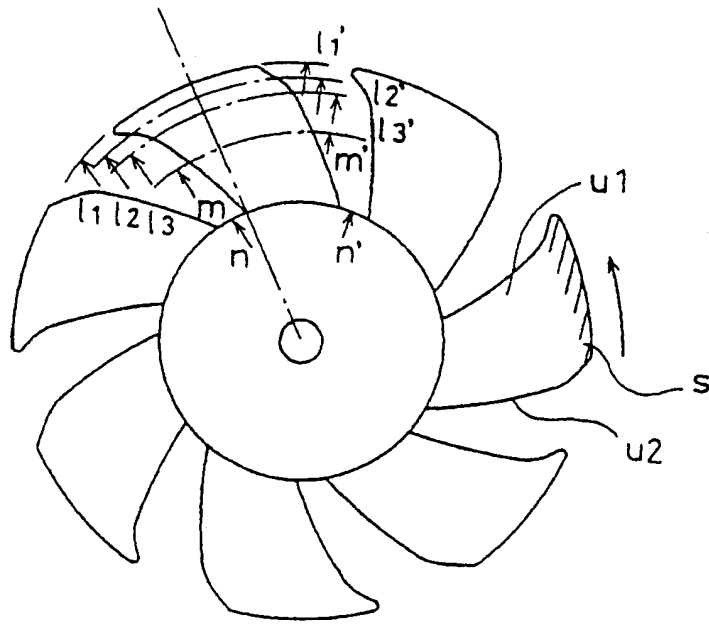


图 32

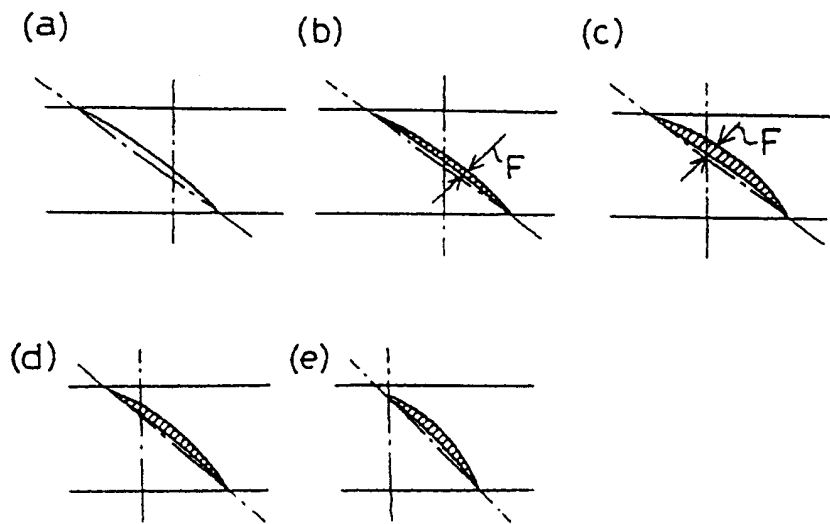


图 33