



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 19 672 T2 2005.08.18**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 016 790 B1**

(51) Int Cl.7: **F04D 29/54**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 19 672.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 126 070.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.12.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.07.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.08.2005**

(30) Unionspriorität:

**9864132            31.12.1998        KR**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT, SE**

(73) Patentinhaber:

**Halla Climate Control Corp., Taejon, KR**

(72) Erfinder:

**Min, Ok Ryul, Taejon-si 306-230, KR; Cho, Kyung Seok, Taejon-si 306-230, KR**

(74) Vertreter:

**Koepe & Partner Patentanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **Stator für Axiallüfter**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft hauptsächlich Axiallüfter und insbesondere eine Luft-Statorleitschaufel für einen Axiallüfter, die geeignet ist, Luft mit dimensional Geschwindigkeitskomponenten entlang der Axialrichtung zu leiten, und eine ummantelte Axiallüfteranordnung mit derartigen Luft-Statorleitschaufeln.

Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** Wie es dem Fachmann bekannt ist, ist ein Axiallüfter eine An Strömungsmaschine und dient dazu durch die Rotation von einer Mehrzahl von radial angeordneten Schaufeln Luft in Axialrichtung zu blasen. Im Allgemeinen wird der Axiallüfter in Verbindung mit einer Ummantelung verwendet, wobei die Ummantelung die Schaufeln umgibt und Luft in Axialrichtung leitet.

**[0003]** Eine derartige ummantelte Axiallüfteranordnung wird verwendet einen Raum zu ventilieren und die Wärmeabstrahlung von einem luftgekühlten Wärmeübertrager zu unterstützen, beispielsweise ein Radiator oder ein Kondensator eines Automobils. Die ummantelte Axiallüfteranordnung kann die Wärmeabstrahlung durch Blasen von Luft zu oder Ziehen von Luft von einem Wärmeübertrager unterstützen.

**[0004]** Der ummantelte Axiallüfter kann in eine Schub-Axiallüfteranordnung oder in eine Zug-Axiallüfteranordnung klassifiziert werden. Die Schub-Axiallüfteranordnung dient dazu, Luft von einer Position vor einem Wärmeübertrager in eine Position hinter dem Wärmeübertrager zu blasen. Da eine derartige Schub-Axiallüfteranordnung eine niedrige Blase-Effizienz hat, wird diese Schub-Axiallüfteranordnung nur verwendet, wenn der Platz deutlich begrenzt ist, der hinter dem Wärmeübertrager in einem Maschinenraum ausgebildet ist. Die Zug-Axiallüfteranordnung dient dazu, Luft durch den Wärmeübertrager passieren zu lassen durch Ziehen von Luft in eine Position vor dem Wärmeübertrager in eine Position hinter dem Wärmeübertrager. Eine derartige Zug-Axiallüfteranordnung hat eine hohe Blase-Effizienz, sie wird neuerdings in den meisten Automobilen verwendet.

**[0005]** Bei der ummantelten Axiallüfteranordnung kann zwischenzeitlich die Ummantelung der Lüfteranordnung eine Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln aufweisen, so dass die Blase-Effizienz verbessert wird. Die Luft-Statorleitschaufeln sind um einen zentralen Abschnitt mit dem Mittelpunkt des auf der zentralen Achse der Lüfteranordnung liegenden zentralen Abschnitts radial angeordnet. Die Luft-Statorleit-

schaufeln dienen dazu, den statischen Druck durch Umwandeln der kinetischen Energie der Luft, die durch die Schaufeln des Lüfters geblasen wird, in Druck-Energie der Luft zu verbessern, wodurch die Blase-Effizienz des Lüfters verbessert wird.

**[0006]** [Fig. 1](#) ist eine Hinteransicht, die eine herkömmliche ummantelte Zug-Axiallüfteranordnung zeigt, die mit Luft-Statorleitschaufeln versehen ist.

**[0007]** Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, weist die Axiallüfteranordnung einen Axiallüfter **10** und eine Ummantelung **30** auf.

**[0008]** Der Axiallüfter **10** besteht aus einer zentralen Nabe (nicht in der Zeichnung gezeigt), die mit einer Antriebswelle eines Motors (nicht gezeigt) und einer Mehrzahl von Schaufeln **12** verbunden ist, die radial nach außen von der Nabe sich erstrecken. Der Axiallüfter **10** ist in der Hinterseite eines Wärmeübertragers montiert und dient dazu, Luft von der Vorderseite des Wärmeübertragers zu ziehen, die Luft durch den Wärmeübertrager passieren und die Luft zu der Hinterseite des Axiallüfters **10** ausströmen zu lassen. Während des Prozesses der Luftbewegung wird dem Wärmeübertrager durch die gezogene Luft Wärme entzogen und er wird gekühlt. Der Axiallüfter ist im Allgemeinen aus Synthetik-Harz hergestellt und mit den Schaufeln **12** zu einem einzigen Körper integriert.

**[0009]** Die Ummantelung **30** umgibt die Schaufeln **12** und ist an dem Wärmeübertrager befestigt. Die Ummantelung **30** dient dazu, durch den Axiallüfter gezogene Luft zu der Hinterseite zu leiten und den Axiallüfter **10** und einen Motor **20** abzustützen. Die Ummantelung **30** besteht aus einem rechteckigen Gehäuse **31**, einer Motorabstützung **32**, die in dem zentralen Abschnitt einer Ebene positioniert ist, und einer Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln **33**, die radial zwischen dem Gehäuse **31** und der Motorabstützung **32** angeordnet sind.

**[0010]** Das Gehäuse **31** hat einen Einlaß, der in Richtung zu der Fläche des Wärmeübertragers geöffnet ist, und eine sich aufweitende Luftströmungs-Leitstruktur, die allmählich sich zu ihrem Auslass verkleinert. Ihre Luftströmungs-Leitstruktur ermöglicht, dass der Wärmeübertrager ausreichend gekühlt wird, und bläst Luft in Axialrichtung, wodurch die Effizienz des Lüfters verbessert wird.

**[0011]** Das Gehäuse **31** ist an ihren oberen und unteren Abschnitten mit Montageklammern **34** versehen, die verwendet werden, das Gehäuse **31** an den Wärmeübertrager durch Bolzen zu montieren.

**[0012]** Die Statorschaufeln **33** erstrecken sich radial von dem Gehäuse **31** zu der Motorabstützung **32** und verbinden die Motorabstützung **32** mit dem Gehäuse

31.

[0013] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist außerdem jede Statorschaufel in Rotationsrichtung gebogen und bildet eine Leitfläche **33a** mit einer bestimmten Breite, wodurch Luft geleitet wird, die durch den Axiallüfter **10** in Axialrichtung bewegt wird, und die Blase-Effizienz des Lüfters verbessert wird.

[0014] Die Motorabstützung **32** hält den Axiallüfter **10** und einen Motor **20** zum Antreiben des Axiallüfters **10**. Die Motorabstützung **32** ist kreisbandförmig und entsprechend der Form der Nabe des Axiallüfters **10** und der Form des Motors **20**.

[0015] In der ummantelten Axiallüfteranordnung, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, erstrecken sich die Statorschaufeln **33** gerade von dem Umfang der Motorabstützung **32** zu dem Gehäuse **31** und, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist die Luftströmungsleitoberfläche **33a** einer jeden Statorschaufel gebogen, so dass eine Endseite der Oberfläche **33a** einen Winkel  $\theta_t$  mit der Axiallinie A.L. bildet. Die Statorschaufeln **33** dienen dazu, die Geschwindigkeit in Axialrichtung zu erhöhen durch Umwandeln der Geschwindigkeitskomponente in Rotationsrichtung in die Geschwindigkeitskomponente in Axialrichtung, wodurch die Blase-Effizienz des Lüfters verbessert wird. Das heißt, da die Luftströmung, die durch den Axiallüfter **10** erzeugt wird, sowohl eine Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung als auch eine Geschwindigkeitskomponente  $U_z$  in Axialrichtung hat und da die Blase-Effizienz des Lüfters reduziert wird, wenn die Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung übrig gelassen wird, die Geschwindigkeitskomponente in Axialrichtung wird erhöht durch Umwandeln der Geschwindigkeitskomponente in Rotationsrichtung in die Geschwindigkeitskomponente in Axialrichtung, so dass die Blase-Effizienz des Lüfters verbessert wird.

[0016] Die Funktionsweise der Luftströmungsleitoberfläche **33a** der Luft-Statorleitschaufeln wird im Folgenden detaillierter beschrieben.

[0017] In dem Luftströmungsfeld innerhalb des Gehäuses **31** wird ein Luftpartikel in eine Richtung bewegt, die in Richtung der Rotation und in Radialrichtung gekrümmt ist. Das heißt, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, da das Luftpartikel, das durch die Position passiert, die im Abstand von der Axiallinie des Axiallüfters im Abstand  $r$  in Radialrichtung angeordnet ist, sowohl eine Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung hat, die durch die Rotation der Schaufeln **12** des Axiallüfters **10** erzeugt wird, als auch eine Geschwindigkeitskomponente  $U_z$  in Axialrichtung hat, wird das Luftpartikel in Richtung zur Vorderkante **33b** der Statorschaufel **33** in eine Richtung bewegt, die in Rotationsrichtung um  $\theta_T$  bezüglich der Axialrichtung gebogen ist. Unter Berücksichtigung der tatsächlichen

chen Axialströmungsrichtung ist die Luftströmungsleitoberfläche **33a** jeder Statorschaufel **33** gebogen, so dass die Vorderkantenseite einer jeden Leitoberfläche **33a** einen Neigungswinkel  $\theta_t$  ( $\theta_t \leq \theta_T$ ) mit der Axiallinie A.1. bildet. Deshalb reflektiert die Leitoberfläche **33a** die Luft, die eine geneigte Strömungsrichtung hat, in Richtung zur Axialrichtung, wodurch die Geschwindigkeit in Axialrichtung vergrößert wird. Folglich wird die Blase-Effizienz wegen der Erhöhung der Geschwindigkeit in Axialrichtung verbessert.

[0018] US 4,548,548 offenbart einen Lüfter und ein Gehäuse, wobei der Neigungswinkel der Luftströmungsleitoberfläche einer jeden Statorschaufel bezüglich der Axiallinie definiert ist, so dass die Blase-Effizienz des Lüfters verbessert wird. Der Geschwindigkeitsvektor  $A_D$  der Luft in der Position, die im Abstand von der Mittellinie der Rotation im Abstand  $r$  im Luftströmungsfeld angeordnet ist, hat sowohl eine Geschwindigkeitskomponente  $A$  in Axialrichtung als auch eine Geschwindigkeitskomponente  $R$  in Rotationsrichtung. Der Geschwindigkeitsvektor  $A_D$  bildet einen Neigungswinkel  $T$  als  $\tan^{-1}(R/A)$  mit der Axiallinie. Jede Schaufel des Lüfters ist so positioniert, dass der Tangens in Breitenrichtung im Mittelpunkt ihrer Breite einen Winkel  $T/2$  bildet mit einer Linie parallel zur Luftauslaßrichtung, wobei die Luftleit-Oberfläche einer jeden Schaufel des Lüfters in ihrem Querschnitt gebogen ist. Deshalb empfängt die Leitoberfläche die Luft in einem Neigungswinkel  $T/2$ , wonach die Luft axial bei einem Winkel von  $T/2$  reflektiert wird. Folglich ist die Geschwindigkeitskomponente in Axialrichtung in Proportion zur axial reflektierten Geschwindigkeit in Rotationsrichtung erhöht, wodurch der Luftdurchsatz des Lüfters in einem Ausmaß proportional zur axial reflektierten Geschwindigkeit in Rotationsrichtung verbessert wird.

[0019] In US 4,971,143 ist eine Lüfter-Stator-Anordnung für Wärmeaustauscher offenbart, wobei eine Mehrzahl von Schaufeln radial von einer Motorabstützung zu einem Gehäuse sich erstreckt, wobei die Vorderkantenseite jeder Statorschaufel parallel zur Richtung der eintretenden Luftströmung orientiert ist und die Hinterkantenseite einer jeden Statorschaufel parallel zur Axiallinie orientiert ist. Die Lüfter-Stator-Anordnung unterdrückt die Bildung von Wirbel an der Luftströmungsleitoberfläche der Schaufel, um die Luftströmung glatt zu krümmen, wodurch die Blase-Effizienz des Axiallüfters verbessert wird.

[0020] Da jedoch die herkömmlichen Axiallüfteranordnungen die ummantelte Axiallüfteranordnung, die in [Fig. 1](#) beschrieben ist, den Lüfter und das Gehäuse aufweisen, die in US 4,548,548 beschrieben sind, und die Lüfter-Stator-Anordnung für Wärmeübertrager, die in US 4,971,143 beschrieben ist, ohne Berücksichtigung der Luftkomponente in Radialrichtung konstruiert ist, haben sie eine Begrenzung hinsichtlich der Verbesserung der Blase-Effizienz. Wie in

**Fig. 7** gezeigt ist, da die herkömmlichen Axiallüfteranordnungen nur die Geschwindigkeitskomponente  $U_z$  in Axialrichtung und die Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung steuern außer der Geschwindigkeitskomponente  $U_r$  in Radialrichtung, obwohl die von dem Axiallüfter bewegte Luft eine Geschwindigkeitskomponente  $U_r$  in Radialrichtung als auch eine Geschwindigkeitskomponente  $U_z$  in Axialrichtung und eine Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung haben muß, wobei die Blase-Effizienz aufgrund der Existenz der Geschwindigkeitskomponente in Radialrichtung niedrig ist. Da der Axiallüfter der herkömmlichen ummantelten Axiallüfteranordnung bei hoher Drehzahl gedreht werden muss, um einen erforderlichen Luftdurchsatz zu erreichen, ist deshalb ein Motor mit hoher Leistung in der Lüfteranordnung erforderlich. Folglich haben die herkömmlichen Axiallüfteranordnungen einen Mangel dahingehend, dass die verbrauchte Leistung pro erforderlichem Luftdurchsatz und der Lärm der Lüfteranordnungen erhöht sind.

**[0021]** Das Dokument DE-A 199 48 074 offenbart einen Axiallüfter zum Übertragen von Luft durch einen Kühler eines Kraftfahrzeugs. Der Lüfter weist einen Rotor, einen Elektromotor und ein Schaufelelement mit einer Mehrzahl von radial, senkrecht zur erzeugten Luftströmung sich erstreckenden Schaufeln auf.

**[0022]** Das Dokument US-A 5,246,339 betrifft eine Leitschaufel für einen Axiallüfter, die in dem Endabschnitt ausgebildet ist, die dem Lüfter mit einem Steg zwischen den radial äußeren und inneren Abschnitten der Leitschaufel zugewandt ist.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0023]** Dementsprechend wurde die vorliegende Erfindung unter Berücksichtigung der vorhergehenden, beim Stand der Technik auftretenden Probleme gemacht und ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine Luft-Statorleitschaufel für Axiallüfter und eine ummantelte Axiallüfteranordnung mit derartigen Luft-Statorleitschaufeln bereitzustellen, die geeignet sind, die Blase-Effizienz durch Umwandeln sowohl der Geschwindigkeitskomponenten in Radialrichtung als auch der Geschwindigkeitskomponenten in Rotationsrichtung der durch einen Axiallüfter erzeugten Luftströmung in Geschwindigkeitskomponenten in Axialrichtung mittels der Luftströmungsleitoberfläche der Luft-Statorleitschaufeln zu verbessern, wodurch es ermöglicht ist, einen Motor mit geringerer Leistung für den Lüfter zu verwenden und den Leistungsverbrauch zum Antreiben des Axiallüfters und den durch den Antrieb des Axiallüfters erzeugten Lärm zu reduzieren.

**[0024]** Um das vorhergenannte Ziel zu erreichen, stellt die vorliegende Erfindung bereit eine Luft-Sta-

torleitschaufel mit einer Vorderkantenlinie, einer Hinterkantenlinie und einer Luftströmungsleitoberfläche, die sich von der Vorderkantenlinie zu der Hinterkantenlinie erstreckt, wobei die Statorleitschaufel in einem Axiallüfter radial angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorleitschaufel gekrümmt ist, so dass ihre Vorderkantenlinie senkrecht zu geneigten Geschwindigkeitskomponenten der Luftströmung ist, wobei jede Geschwindigkeitskomponente ein Summenvektor aus einer Geschwindigkeitskomponente in Rotationsrichtung und einer Geschwindigkeitskomponente in Radialrichtung eines Luftpartikels der Luftströmung ist.

**[0025]** Außerdem stellt die vorliegende Erfindung bereit eine Axiallüfteranordnung mit einem Axiallüfter, der aus einer kreisförmigen zentralen Nabe, die mit einer Antriebswelle eines Motors verbunden ist, und einer Mehrzahl von Schaufeln besteht, die radial entlang des Umfangs der Nabe angeordnet sind; und einer Ummantelung, die aus einem Gehäuse besteht, das die Umfangsenden des Axiallüfters umgibt und eine Luftpassage bildet, einer Motorabstützung, die an ihrem zentralen Abschnitt angeordnet ist und einen Motor zum Antreiben des Axiallüfters hält, und eine Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln, die radial zwischen dem Gehäuse und der Motorabstützung angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln gekrümmt ist, so dass ihre Vorderkantenlinie senkrecht zu geneigten Geschwindigkeitskomponenten der Luftströmung ist, wobei jede Geschwindigkeitskomponente ein Summenvektor aus einer Geschwindigkeitskomponente in Rotationsrichtung und einer Komponente in Radialrichtung eines Luftpartikels der Luftströmung ist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0026]** Die hervorgehenden und andere Ziele, Merkmale und andere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden mittels der folgenden detaillierten Beschreibung besser verstanden, die in Verbindung mit der anhängenden Zeichnung zu sehen sind, in der:

**[0027]** **Fig. 1** eine Hinteransicht ist, die eine herkömmliche ummantelte Zug-Axiallüfteranordnung zeigt, die mit einer Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln versehen ist;

**[0028]** **Fig. 2** ein Querschnitt ist, der die Leitschaufel und die Schaufel der herkömmlichen Luftanordnung zeigt;

**[0029]** **Fig. 3** eine Hinteransicht ist, die eine ummantelte Axiallüfteranordnung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0030]** **Fig. 4** der Seitenquerschnitt aus **Fig. 3** ist;

[0031] [Fig. 5](#) ein Querschnitt ist, der die Leitschaukel und die Schaufel der ummantelten Axiallüfteranordnung gemäß der ersten Ausführungsform zeigt;

[0032] [Fig. 6](#) ein Graph ist, der Variationen von Geschwindigkeitsrichtungs-Komponenten bezüglich der Positionen eines Luftpartikels auf der Radiallinie zeigt;

[0033] [Fig. 7](#) eine perspektivische Ansicht ist, die die Geschwindigkeitsrichtungs-Komponenten eines Luftpartikels zeigt, das in der Position im Abstand von der zentralen Achse der Lüfteranordnung im Abstand  $r$  angeordnet ist;

[0034] [Fig. 8](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht, die die Formen der Statorschaufeln der Lüfteranordnung der ersten Ausführungsform zeigt;

[0035] [Fig. 9a](#) eine vergrößerte Ansicht ist, die die Statorschaufel der vorliegenden Erfindung und der Geschwindigkeit eines Luftpartikels zeigt;

[0036] [Fig. 9b](#) eine vergrößerte Ansicht ist, die die herkömmliche Statorschaufel und die Geschwindigkeit eines Luftpartikels zeigt;

[0037] [Fig. 10](#) ein Graph ist, der Variationen des Anstellwinkels und des Neigungswinkels der Vorderkantenseite in Bezug auf Positionen einer jeden Schaufel in Radialrichtung zeigt;

[0038] [Fig. 11](#) ein Graph ist, der Leistungsverbrauchvariationen der Lüfteranordnungen des Standes der Technik und der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Luftdurchsätze vergleicht;

[0039] [Fig. 12](#) ein Graph ist, der Lärmvariationen der Lüfteranordnungen des Standes der Technik und der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Luftdurchsätze vergleicht;

[0040] [Fig. 13](#) ein Lärmspektrum ist, das Lärmvariationen der Lüfteranordnungen des Standes der Technik und der vorliegenden Erfindung bezüglich Frequenzen vergleicht;

[0041] [Fig. 14](#) eine Vorderansicht ist, die eine ummantelte Axiallüfteranordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0042] [Fig. 15](#) eine Teilexplosionsdarstellung des Querschnitts ist, die die zweite Ausführungsform zeigt; und

[0043] [Fig. 16](#) eine Hinteransicht ist, die eine ummantelte Axiallüfteranordnung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0044] Zur Vereinfachung der Beschreibung ist die Beschreibung der Elemente, die die selben im Stand der Technik sind, weggelassen und die Elemente, die die selben im Stand der Technik sind, sind durch die selben Bezugszeichen bezeichnet wie die Bezugszeichen im Stand der Technik.

[0045] Außerdem ist die Strömung eines Luftpartikels, das ein Basisdatum für die Konstruktion von Statorschaufeln gemäß der vorliegenden Erfindung ist, in Positionen in einer Luftpassage variiert aufgrund des Widerstands eines ummantelten Gehäuses, eines Wärmeübertragers, der Form einer Automobilkarosserie, etc., die die Luftströmung beeinträchtigen.

[0046] In der praktischen Konstruktion der Statorschaufeln gemäß der vorliegenden Erfindung ist es jedoch üblich anzunehmen, dass die mittlere Geschwindigkeit entlang der Radialrichtung gleichförmig fortgesetzt ist, wobei die mittleren Geschwindigkeiten bezüglich der Radialabstände berechnet werden aus den in Windkanaltests, etc., erhaltenen Luftgeschwindigkeiten in verschiedenen Positionen, die in gleichen Abständen von der zentralen Achse eines Windkanals angeordnet sind. Das heißt, bei der praktischen Konstruktion wird angenommen, dass trotz des Unterschieds im Widerstand, der durch Faktoren erzeugt wird, die das ummantelte Gehäuse, den Wärmeübertrager, die Form der Autokarosserie, etc., umfassen, die Luft, die von einem Axiallüfter bewegt wird, bei derselben Relativgeschwindigkeit in Positionen strömt, die auf dem konzentrischen Kreis innerhalb der Luftpassage angeordnet ist, von dem Ursprung des polaren Koordinatensystems gesehen, das seinen Ursprung in der zentralen Achse der Luftpassage hat.

[Ausführungsform 1]

[0047] Wie in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt ist, weist eine Axiallüfteranordnung gemäß Ausführungsform 1 einen Axiallüfter **10** und eine Ummantelung **30** auf.

[0048] In dieser Ausführungsform besteht der Axiallüfter **10** aus einer kreisförmigen zentralen Nabe **11**, die in seinem zentralen Abschnitt angeordnet ist, und einer Mehrzahl von Schaufeln **12**, die radial entlang des Umfangs der Nabe **11** angeordnet sind. Die Ummantelung **30** besteht aus einer Motorabstützung **32**, die den Axiallüfter **10** und einen Motor **20** zum Antreiben des Axiallüfters **10** hält, einer Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln **33**, die radial entlang des Umfangs der Motorabstützung **32** angeordnet sind, und ein rechteckiges Gehäuse **31**, das die Umfangsenden des Axiallüfters **10** und der Statorschaufeln **33** umgibt.

[0049] In dem Axiallüfter **10** dieser Ausführungsform ist die zentrale Nabe **11** mit der Antriebswelle eines Motors **20** verbunden. Die Schaufeln **12** sind radial entlang des Umfangs der Nabe **11** angeordnet, werden zusammen mit der Nabe **11** gedreht und erzeugen eine Luftströmung. Es kann der Axiallüfter **10** mit einem Außenband **13** versehen werden, an dem die Umfangsenden der Schaufeln **12** befestigt sind und das die Blase-Effizienz des Lüfters durch Unterdrücken der Erzeugung von Wirbeln an den Umfangsenden der Schaufeln **12** verbessert. Der Axiallüfter ist hauptsächlich aus Synthetik-Harz hergestellt und als ein einzelner Körper geformt. Jedoch ist der Axiallüfter manchmal aus leichtgewichtigem Aluminium gemacht. Das in [Fig. 4](#) gezeigte Außenband **13** hat eine sich aufweitende Mündung wie eine glockenförmige Mündung und umhüllt einen Luftleitabschnitt **31b**, der sich von dem stromabseitigen Ende des Gehäuses **31** in Stromaufrichtung erstreckt, so dass seine Funktion maximiert ist.

[0050] In der Ummantelung **30** dieser Ausführungsform hat das Gehäuse **31** eine rechteckige Form entsprechend der Form eines Wärmeübertragers, so dass die gesamte Fläche des Wärmeübertragers bedeckt ist, wobei das Gehäuse **31** an seinem stromaufseitigen Ende in Stromaufrichtung vorsteht, so dass der Platz für die Luftströmung sichergestellt ist, und einen glockenförmigen Mündungsquerschnitt hat, der in Abströmrichtung kleiner wird und schließlich einen zylindrischen Auslaß **31a** bildet.

[0051] Die Motorabstützung **32** ist in dem zentralen Abschnitt des Auslaßes **31a** positioniert und hält den Axiallüfter **10** und den Motor **20** zum Antreiben des Axiallüfters **10**. Die Motorabstützung **32** ist kreisbandförmig gemäß der Form der Nabe **11** des Axiallüfters **10** und der Form des Motors **20**.

[0052] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, sind die Statorschaufeln **35** radial zwischen der Motorabstützung **32** und dem Gehäuse **31** angeordnet und verbinden die Motorabstützung **32** mit dem Gehäuse **31**. Die Statorschaufeln **35** dienen dazu, die dreidimensionale Luftströmung, die von dem Axiallüfter **10** in Axialrichtung erzeugt wird, zu leiten, wodurch die Blase-Effizienz des Lüfters verbessert wird und der Blase-Lärm reduziert wird.

[0053] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, ist der Querschnitt einer jeden Statorschaufel **35**, die sich von einer Vorderkante **35b** zu einer Hinterkante **35c** erstreckt, bezüglich der Axialrichtung gekrümmt, wodurch es ermöglicht ist, dass Luftströmung entlang der Luftströmungsleitoberfläche **35a** einer jeden Statorschaufel **35** gebogen wird. Außerdem, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, sind die Statorschaufeln **35** bezüglich der Radialrichtung gekrümmt, um dreidimensionale Luftströmung effektiv eintreten zu lassen und die Luftströmung in Axialrichtung zu leiten, wodurch die Blase-Effizienz

des Lüfters verbessert und der Lärm reduziert wird.

[0054] Die Struktur und die Funktion der Statorschaufeln **35** werden im Folgenden detaillierter beschrieben.

[0055] (1) Erstens, die Statorschaufeln **35** sind bezüglich der Radialrichtung gekrümmt, um die Zug-Luftströmung einzuleiten. Deshalb ist die Vorderkantenlinie, die durch die Linie definiert ist, die durch die Vorderkanten einer jeden Schaufel verläuft, bezüglich der Radiallinie gekrümmt, die durch die radial sich erstreckende Linie definiert ist.

[0056] Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, wird das Luftpartikel, das durch die Position P passiert, die im Abstand von der Axiallinie des Axiallüfters im Abstand  $r$  entlang der Radialrichtung angeordnet ist, von dem Axiallüfter **10** bewegt und das Luftpartikel hat eine Geschwindigkeitskomponente  $U_z$  in Axialrichtung, eine Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung und eine Geschwindigkeitskomponente  $U_r$  in Radialrichtung. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, hängen die Größen der Geschwindigkeitskomponenten von der Konstruktion der Schaufeln des Axiallüfters ab.

[0057] Wie vorhergehend beschrieben ist, da die Luftströmung, die von dem Axiallüfter **10** bewegt wird, sowohl die Geschwindigkeitskomponente  $U_r$  in Radialrichtung als auch die Geschwindigkeitskomponente  $U_z$  in Axialrichtung und die Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung haben soll, ist der Geschwindigkeitsvektor  $U$  des Luftpartikels der Luftströmung in der Position P der Summenvektor der Geschwindigkeitskomponente  $U_z$  in Axialrichtung, der Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung und der Geschwindigkeitskomponente  $U_r$  in Radialrichtung ist, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Wenn der Summenvektor der Geschwindigkeitskomponente  $U_r$  in Radialrichtung und der Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in Rotationsrichtung  $U_s$  ist, bildet der Geschwindigkeitsvektor  $U$  des Luftpartikels den Winkel  $B$  des  $\tan^{-1}(U_s/U_z)$  mit der Axiallinie A.L.. Das heißt, da das Luftpartikel in der Position P die Geschwindigkeitskomponente  $U_s$  hat, wird das Luftpartikel in die Richtung bewegt, die zur Rotationsrichtung und zur Radialrichtung bezüglich der Axiallinie A.L. geneigt ist.

[0058] Um dieser Situation gerecht zu werden, ist jede Statorschaufel **35** gekrümmt, so dass ihre individuelle Hinterkante senkrecht zu der geneigten Geschwindigkeitskomponente  $U_s$  ist, um eine geneigte Luftströmung effektiv aufzunehmen. Das heißt, wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, jede Statorschaufel **35** ist gekrümmt, so dass eine Tangentiallinie in jeder Position in der Hinterkantenlinie den Winkel  $\theta_s$  als  $\tan^{-1}(U_r/U_{th})$  mit der Radiallinie R.L. bildet, wobei die geneigte Geschwindigkeitskomponente  $U_s$  den Winkel  $\theta_s$  als  $\tan^{-1}(U_r/U_{th})$  mit der Geschwindigkeitskomponente  $U_{th}$  in

Rotationsrichtung bildet. Insgesamt sind die Statorschaufeln **35** gekrümmt, wobei ihr zentraler Abschnitt in Rotationsrichtung vorsteht. Wie in [Fig. 9a](#) gezeigt ist, da die Statorschaufeln **35** derart gekrümmt sind, können die Schaufeln **35** Luftpartikel in jeder Position der Hinterkantenlinie effektiv aufnehmen, wodurch die Blase-Effizienz des Axiallüfters verbessert wird. Dieser Effekt wird gut mit [Fig. 9b](#) verstanden, in der die geneigte Geschwindigkeitskomponente  $U_s$  des Luftpartikels mit der Hinterkante der herkömmlichen Schaufel **33** keinen rechten Winkel bildet, weil jede herkömmliche Statorschaufel **33** entlang der Radialrichtung gerade sich erstreckt.

**[0059]** Der Winkel  $\theta_s$ , der von einer Tangente an einer Hinterkante und einer Radiallinie gebildet wird, die durch die Hinterkante passiert, kann sich auf einen Hinterkantenneigungswinkel beziehen.

**[0060]** Andererseits, unterschiedlich von dieser Ausführungsform kann die Schaufel **12** des Axiallüfters **10** eine Vorwärtskrümmung oder eine Rückwärtskrümmung haben, wodurch die Geschwindigkeitskomponente in Radialrichtung als Minus-Wert verursacht wird, das heißt, eine Luftströmung wird erzeugt, die in Richtung radial nach innen bewegt wird. In einem derartigen Fall soll die Statorschaufel **35** so konstruiert sein, dass die Vorderkantenlinie L.E.L. den Vorderkantenneigungswinkel  $\theta_s$  mit einem negativen Wert bildet, so dass die Leit-Statorschaufel eine Rückwärtskrümmung hat.

**[0061]** Zwischenzeitlich ist der Abschnitt der Statorschaufel **35** nicht gekrümmt, der innerhalb eines vorherbestimmten radialen Bereichs um die zentralen Achse angeordnet ist, jedoch erstreckt er sich gerade in Radialrichtung. In dem vorherbestimmten radialen Bereich um die zentralen Achse ist die Geschwindigkeit der Luftströmung klein und folglich ist der Neigungswinkel  $\theta_s$  der Hinterkante klein. Deshalb, da das Erreichen einer einfachen Form für eine einfache Herstellung hilfreicher ist als das Erreichen einer trivialen Verbesserung der Blase-Effizienz, ist der Abschnitt der Schaufel nicht perfekt gekrümmt. Jedoch, wenn die Geschwindigkeitskomponente in Radialrichtung nicht unbeachtlich sein soll, soll der Abschnitt der Statorschaufel in dem Bereich nicht gekrümmt konstruiert sein.

**[0062]** (2) Als nächstes wird die Luftströmungsleitoberfläche **35a** der erfindungsgemäßen Statorschaufel, die in ihrem Querschnitt gekrümmt ist, im Folgenden beschrieben:

Wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, dient die Luftströmungsleitoberfläche **35a** der Statorschaufel **35** dieser Erfindung dazu, die eintretende Luft zu krümmen, die eine geneigte Geschwindigkeitskomponente in Richtung zur Axialrichtung hat. Zu diesem Zweck ist die Luftströmungsleitoberfläche **35a** gekrümmt konstruiert, so dass der Anstellwinkel  $A_{in}$  der Leitoberfläche **35a**

gleich dem Austrittswinkel  $B_{out}$  der Luftströmung von der Lüfterschaufel **12** ist und der Projektionswinkel  $A_{out}$  der Leitoberfläche **35a** Null ist (das heißt,  $A_{out} = 0$ ). Die Luftströmungsleitoberfläche **35a** jeder Statorschaufel **35** ist kreisförmig gekrümmt von der Vorderkante **35b** zu der Hinterkante **35c** in ihrem Querschnitt.

**[0063]** Beispielsweise, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, tritt Luftströmung, die von dem Axiallüfter **10** austritt, an der Vorderkante **35b** der Statorschaufel **35** ein, wobei die Vorderkante **35b** im Abstand von der zentralen Achse im Abstand  $r$  angeordnet ist, bei einem Austrittswinkel  $B_{out}$  als  $\tan^{-1}(U_s/U_z)$ , den der Geschwindigkeitsvektor der austretenden Luft mit der Axiallinie A.L. bildet. Deshalb ist die Vorderkantenseite der Statorschaufel **35** orientiert, um einen Winkel  $A_{in}$  zu bilden, der mit dem Austrittswinkel  $B_{out}$  mit der Axiallinie A.L. gleich ist, während die Hinterkantenseite der Statorschaufel **35** orientiert ist, um parallel mit der Axiallinie A.L. zu sein. Die Luftströmungsleitoberfläche **35a** zwischen der Vorderkante **35b** und der Hinterkante **35c** hat die gleiche Krümmung als der Kreis, wobei der Kreis seinen Mittelpunkt in einem Punkt P hat, in dem die Normalen der Vorderkante **35b** und der Hinterkante **35c** sich treffen, und einen Radius hat, der der Abstand zwischen dem Punkt P und der Vorderkante **35b** ist. Diese Krümmung der Leitoberfläche **35a** minimiert die Erzeugung von Wirbeln, wodurch es ermöglicht ist, dass Luft glatt entlang der Leitoberfläche **35a** strömt. Kurz gesagt, die Luftströmungsleitoberfläche **35a** der Statorschaufeln gemäß der vorliegenden Erfindung empfangen die Luft parallel, krümmen sie glatt und strömen sie in Axialrichtung ab.

**[0064]** Wie vorhergehend beschrieben ist, gemäß der vorhergehend beschriebenen Struktur der Statorschaufeln **35** wird die Luft, die von dem Axiallüfter **10** erzeugt wird, parallel zu der Luftströmungsleitoberfläche **35a** eingeführt, glatt in Richtung zur Axialrichtung entlang der Luftströmungsleitoberfläche **35a** gekrümmt und von der Hinterkante **35c** geblasen. Da die Luftströmung, die von dem Axiallüfter **10** erzeugt wird, kommen kann, um in Axialrichtung aufgrund der Umwandlung von ihrer Geschwindigkeitskomponenten  $U_{th}$  in Rotationsrichtung und ihrer Geschwindigkeitskomponenten  $U_r$  in Radialrichtung in die Geschwindigkeitskomponenten in Axialrichtung mittels der Statorschaufeln **35** zu strömen, wird der Luftdurchsatz in Axialrichtung verbessert und folglich die Blase-Effizienz des Lüfters verbessert. Insbesondere, hinsichtlich eines Druck-Lüfters, der vor dem Wärmeübertrager angeordnet ist, ist der Luftdurchsatz bezüglich der Strahlungsrippen des Wärmeübertragers hoch, wodurch die Blase-Effizienz stärker verbessert wird.

**[0065]** Gemäß den Ergebnissen von Experimenten, wie in [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) gezeigt ist, ist die ver-

brauchte elektrische Leistung pro Luftdurchsatz um 12 bis 15 % reduziert und das Lärmaufkommen pro Luftdurchsatz ist um 1 bis 1,5 dB reduziert, verglichen mit der herkömmlichen Ummantelung. Unter Bezugnahme auf die experimentellen Daten aus [Fig. 13](#), in der das Lärmspektrum betrachtet wird, ist zusätzlich der Lärm bezüglich jeder Frequenz kleiner verglichen mit der herkömmlichen ummantelten Axiallüfteranordnung.

**[0066]** Kurz gesagt, gemäß der ummantelten Axiallüfteranordnung kann die verbrauchte elektrische Leistung pro Durchsatz stark reduziert sein und der Lärm auch reduziert sein.

[Ausführungsform 2]

**[0067]** [Fig. 14](#) zeigt eine ummantelte Axiallüfteranordnung gemäß Ausführungsform 2. Die ummantelte Axiallüfteranordnung ist mit einem abnehmbaren Stator **40** versehen. Die abnehmbaren Statorschaufeln **40** und andere Teile sind in der ummantelten Axiallüfteranordnung zusammengebaut, wie in [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) gezeigt ist.

**[0068]** Der ummantelte Axiallüfter dieser Ausführungsform ist wie der der vorhergehenden Ausführungsform, außer dass die ummantelte Axiallüfteranordnung mit dem abnehmbaren Stator **40** als ein separates Teil versehen ist. Das heißt, wie in [Fig. 16](#) gezeigt ist, dass der abnehmbare Stator **40** ein unterschiedliches Teil ist, das von der Ummantelung **40** separiert ist, mit den radialen inneren Enden der Schaufeln **41** des Stators **40**, der mit dem zentralen Ring **42** des Stators **40** befestigt ist, und den radial äußeren Enden der Schaufeln **41** des Stators **40** ist, die mit dem Außenrahmen **43** des Stators **40** befestigt sind. Der Stator **40** ist abnehmbar in eine Montage **31c** montiert, die in dem Gehäuse **31** einer Ummantelung **30** ausgebildet ist. In der Zwischenzeit ist jede Schaufel **41** des Stators **40** gekrümmt, so dass ihr zentraler Abschnitt in Umfangsrichtung vorsteht und eine Luftströmungsleitoberfläche hat, die von ihrer Vorderkante zu ihrer Hinterkante gekrümmt ist, in der gleichen Art und Weise als die der vorhergehenden Ausführungsform. Folglich hat die vorliegende Ausführungsform den gleichen Effekt als der der vorhergehenden Ausführungsform. Außerdem kann der Stator **40** an die Ummantelung **30** befestigt und von der Ummantelung **30** abgetrennt nach Gelegenheitserfordernissen werden.

**[0069]** Wie vorhergehend beschrieben, stellt die vorliegende Erfindung eine Luft-Statorleitschaufel für Axiallüfter und eine ummantelte Axiallüfteranordnung bereit, die derartige Luft-Statorleitschaufeln verwendet, die geeignet sind, die Blase-Effizienz durch Umwandeln sowohl von Geschwindigkeitskomponenten in Radialrichtung als auch von Geschwindigkeitskomponenten in Rotationsrichtung einer Luftströ-

mung, die von einem Axiallüfter erzeugt wird, in Geschwindigkeitskomponenten in Axialrichtung durch ihre Luftströmungsleitoberfläche, wodurch es ermöglicht ist, dass eine niedrige Motorausstrittsleistung für den Lüfter verwendet wird und der Leistungsverbrauch zum Antreiben des Axiallüfters und der Lärm reduziert wird, der durch das Antreiben des Axiallüfters erzeugt wird.

**[0070]** Gemäß einer anderen Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung eine ummantelte Axiallüfteranordnung bereit, die abnehmbare Luft-Statorleitschaufeln hat, wobei es ermöglicht ist, dass ihr Stator mit ihrer Ummantelung befestigt und von ihrer Ummantelung abgetrennt gemäß den Gelegenheitserfordernissen wird und dass der gleiche Effekt wie der der Ein-Struktur-Ummantelung erzeugt wird.

**[0071]** Obwohl die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung für illustrative Zwecke offenbart wurden, werden Fachleute erkennen, dass verschiedene Modifikationen, Additionen und Substitutionen möglich sind, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen, wie sie in den anhängenden Ansprüchen offenbart ist.

## Patentansprüche

1. Luft-Statorleitschaufel (**35**) mit einer Vorderkantenlinie (**35b**), einer Hinterkantenlinie (**35c**) und einer Luftströmungsleitoberfläche (**35a**), die sich von der Vorderkantenlinie (**35b**) zu der Hinterkantenlinie (**35c**) erstreckt, wobei die Statorschaufel (**35**) in einem Axiallüfter (**10**) radial angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Statorschaufel (**35**) gekrümmt ist, so dass ihre Vorderkantenlinie (**35b**) senkrecht zu geneigten Geschwindigkeitskomponenten der Luftströmung ist, wobei jede Geschwindigkeitskomponente ein Summenvektor aus einer Geschwindigkeitskomponente in Rotationsrichtung und einer Geschwindigkeitskomponente in Radialrichtung eines Luftpartikels der Luftströmung ist.

2. Schaufel (**35**) gemäß Anspruch 1, wobei die Luftströmungsleitoberfläche (**35a**) gebogen ist, so dass der Anstellwinkel der Leitoberfläche (**35a**) gleich dem Austrittswinkel der Luftströmung von der Schaufel (**12**) und der Projektionswinkel der Leitoberfläche (**35a**) gleich Null ist.

3. Schaufel (**35**) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Luftströmungsleitoberfläche (**35a**) von ihrer Vorderkante (**35b**) zu ihrer Hinterkante (**35c**) kreisförmig kreisförmig gebogen ist.

4. Axiallüfteranordnung mit:  
einem Axiallüfter (**10**), der aus einer kreisförmigen zentralen Nabe (**11**), die mit einer Antriebswelle eines Motors (**20**) verbunden ist, und einer Mehrzahl von Schaufeln (**12**) besteht, die radial entlang des Um-



fangs der Nabe (11) angeordnet sind; und einer Ummantelung (30), die aus einem Gehäuse (31) besteht, das die Umfangsenden des Axiallüfters (10) umgibt und eine Luftpassage bildet, einer Motorabstützung (32), die an ihrem zentralen Abschnitt angeordnet ist und einen Motor (20) zum Antreiben des Axiallüfters (10) hält, und eine Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln (35), die radial zwischen dem Gehäuse (31) und der Motorabstützung (32) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Luft-Statorleitschaufeln gekrümmt ist, so dass ihre Vorderkantenlinie (35b) senkrecht zu geneigten Geschwindigkeitskomponenten der Luftströmung ist, wobei jede Geschwindigkeitskomponente ein Summenvektor aus einer Geschwindigkeitskomponente in Rotationsrichtung und einer Komponente in Radialrichtung eines Luftpartikels der Luftströmung ist.

5. Anordnung gemäß Anspruch 4, wobei die Luftströmungsleitoberfläche (35a) gebogen ist, so dass der Anstellwinkel der Leitoberfläche (35a) gleich dem Eintrittswinkel der Luftströmung und der Projektionswinkel der Leitoberfläche (35a) gleich Null ist.

6. Anordnung gemäß Anspruch 5, wobei die Luftströmungsleitoberfläche (35a) von ihrer Vorderkante zu ihrer Hinterkante kreisförmig gebogen ist.

7. Anordnung gemäß Anspruch 4 oder 5, wobei die Statorschaufeln (35) aus einem abnehmbaren Stator (40) zusammen mit einem Mittelring (42) und einem Außenrahmen (43) bestehen, wobei die radialen inneren Enden (41) der Schaufeln mit dem Mittelring (42) befestigt sind und die radialen äußeren Enden der Schaufeln mit dem Außenrahmen (43) befestigt sind.

8. Anordnung gemäß Anspruch 7, wobei das Gehäuse (31) an ihrem Hinterabschnitt mit einer Montage versehen ist.

9. Anordnung gemäß Anspruch 4, wobei der Axiallüfter (10) vor einem Wärmeübertrager angeordnet ist.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, wobei der Axiallüfter (10) hinter einen Wärmeübertrager angeordnet ist.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Fig. 1.

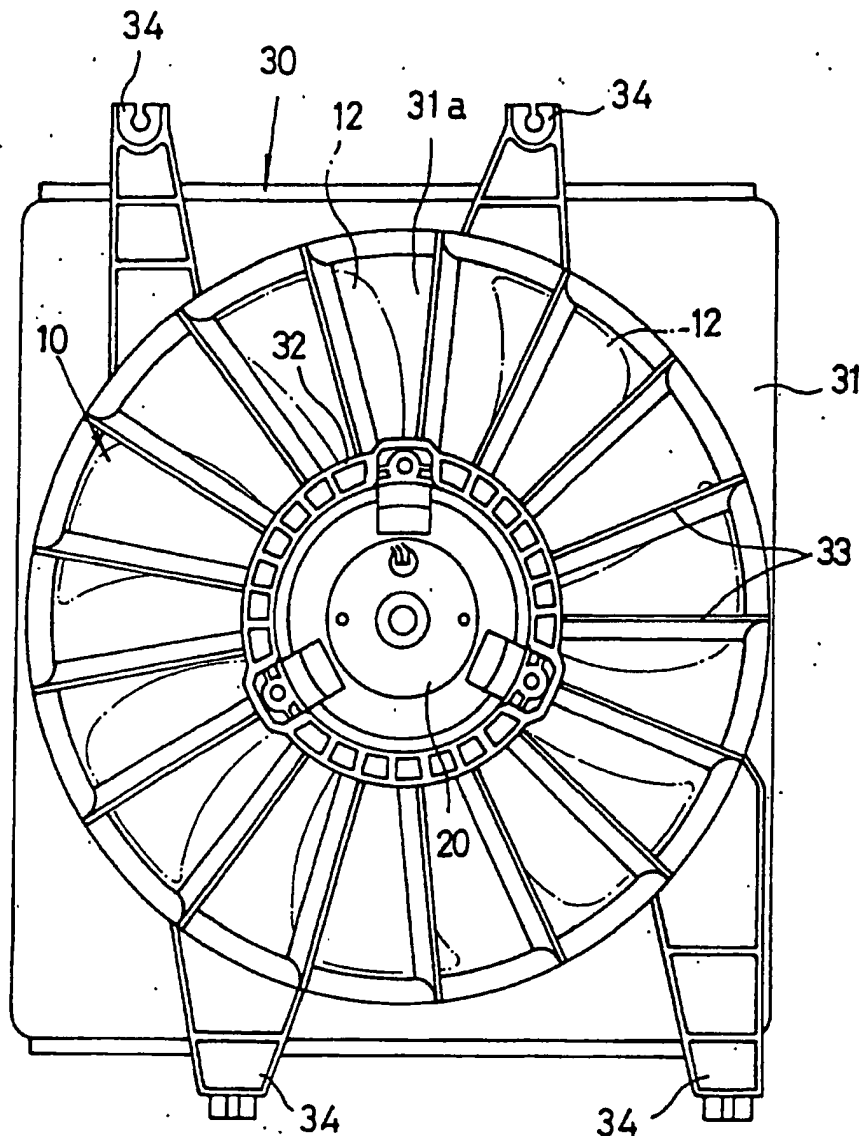


Fig. 2.

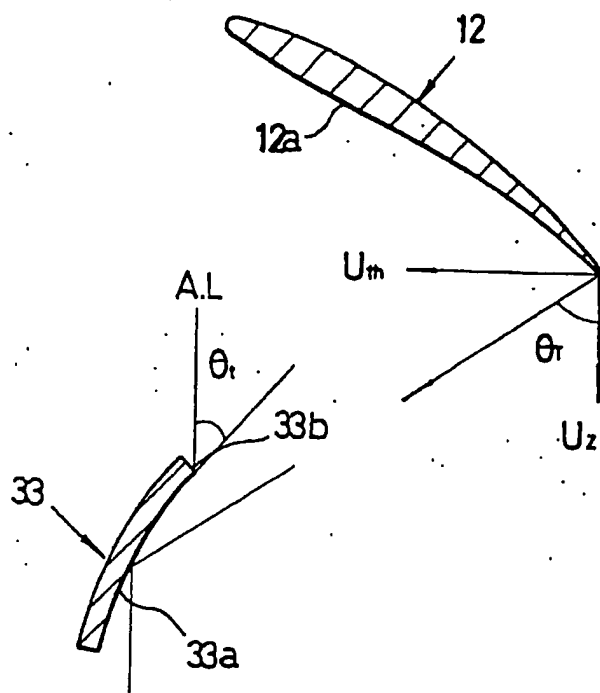


Fig. 3

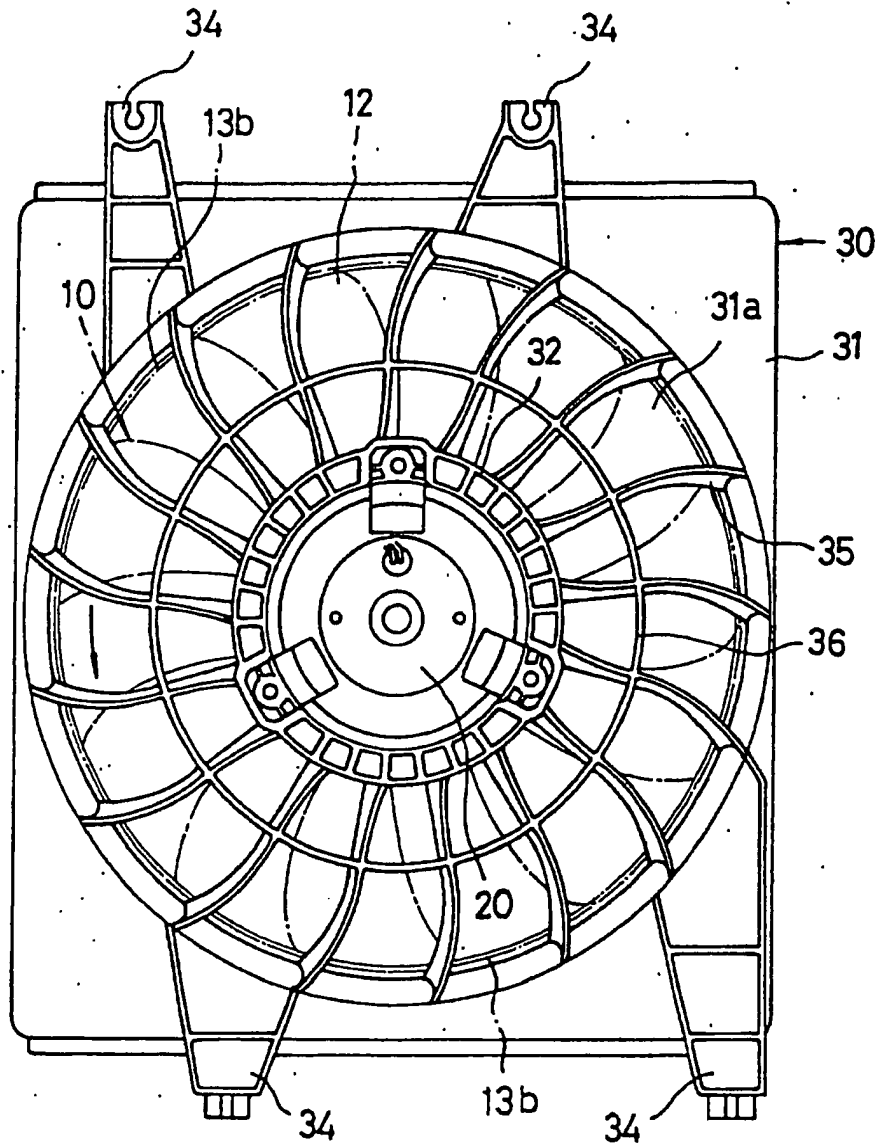


Fig. 4

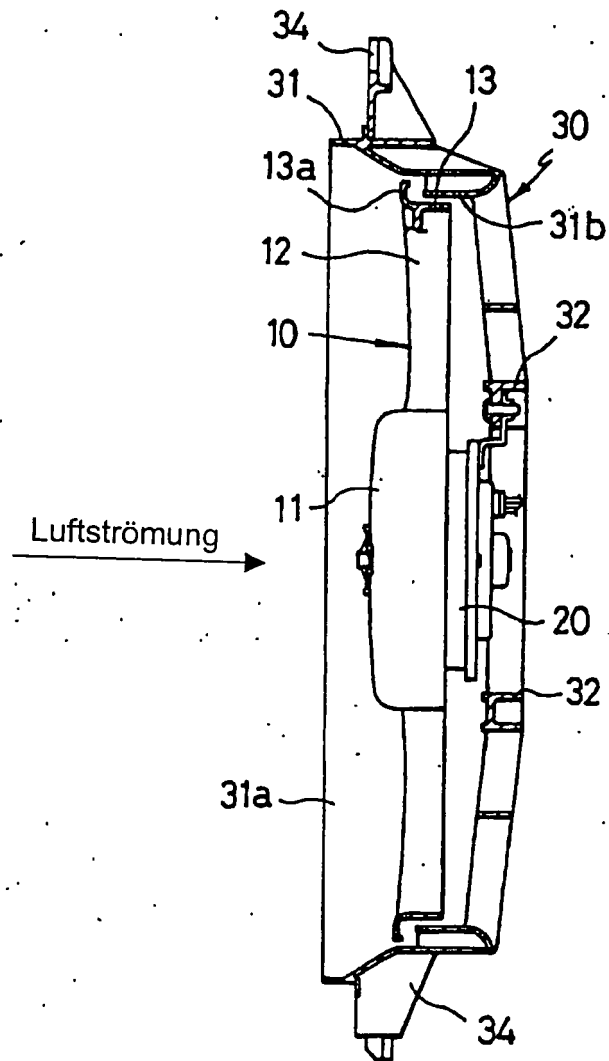


Fig. 5.

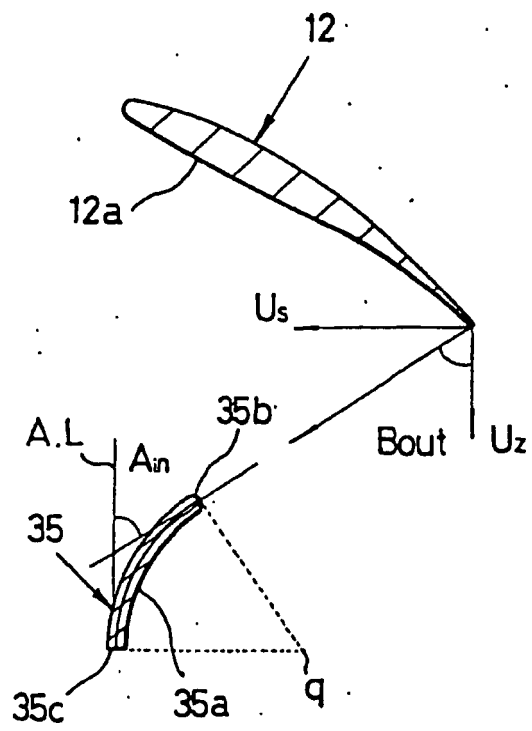


Fig. 6

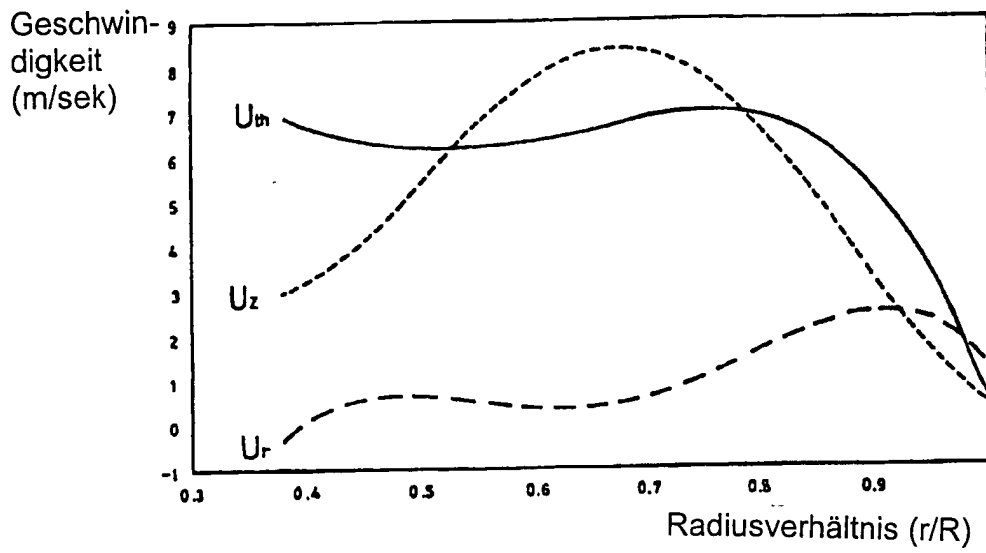


Fig. 7

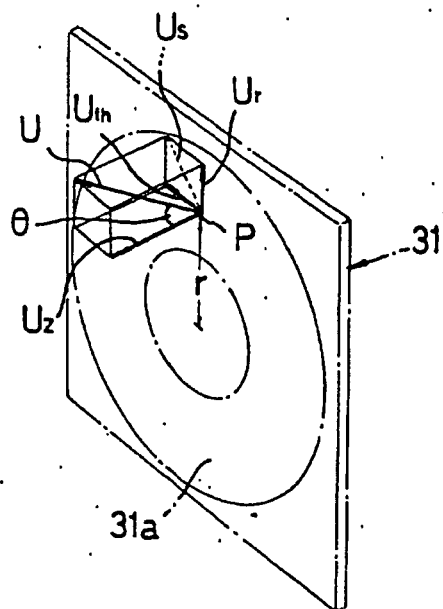




Fig. 8

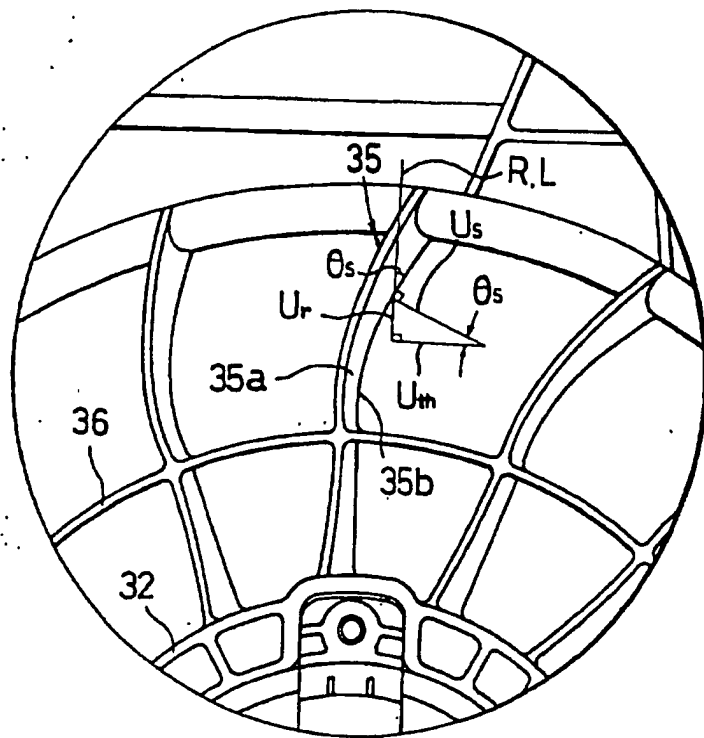


Fig. 9a

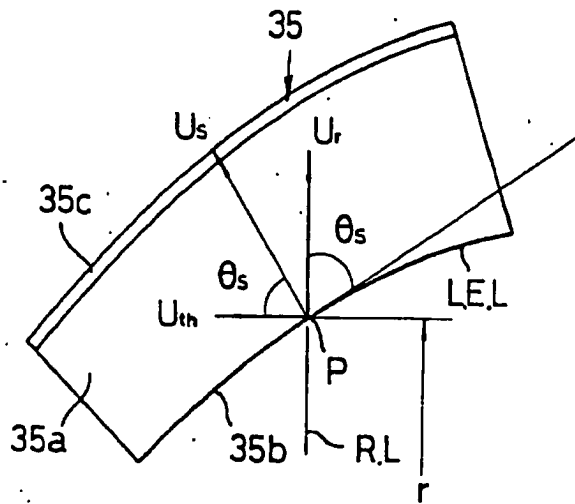


Fig. 9b

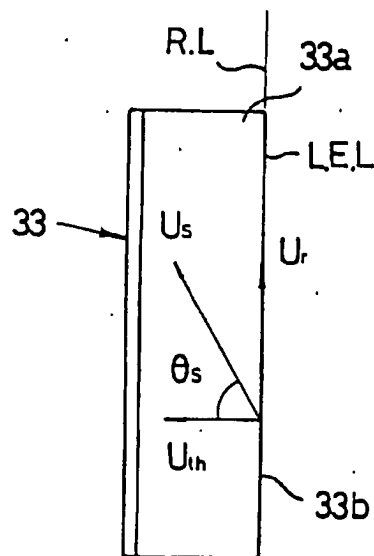


Fig. 10

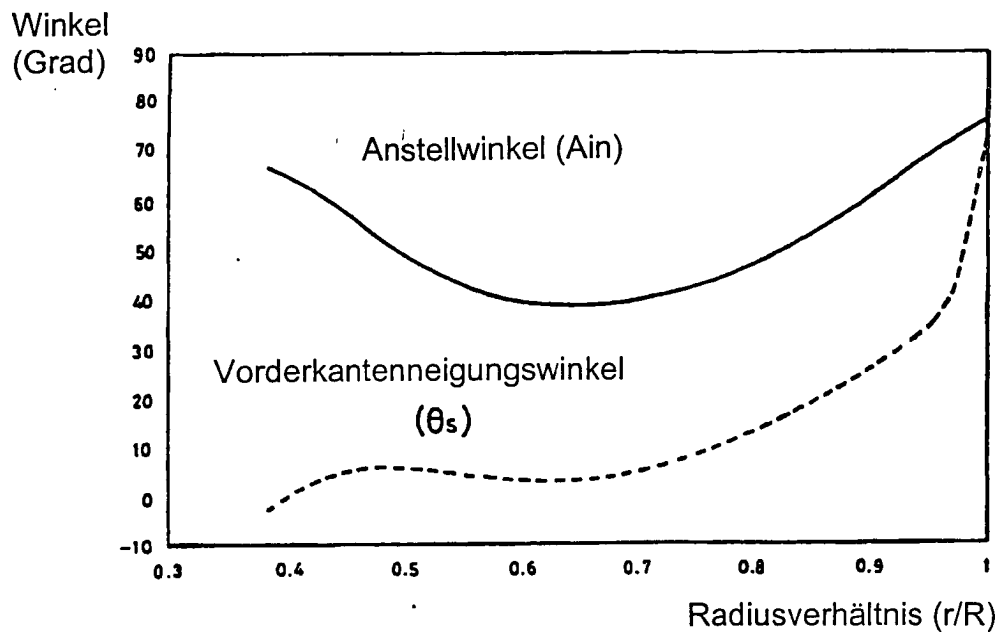
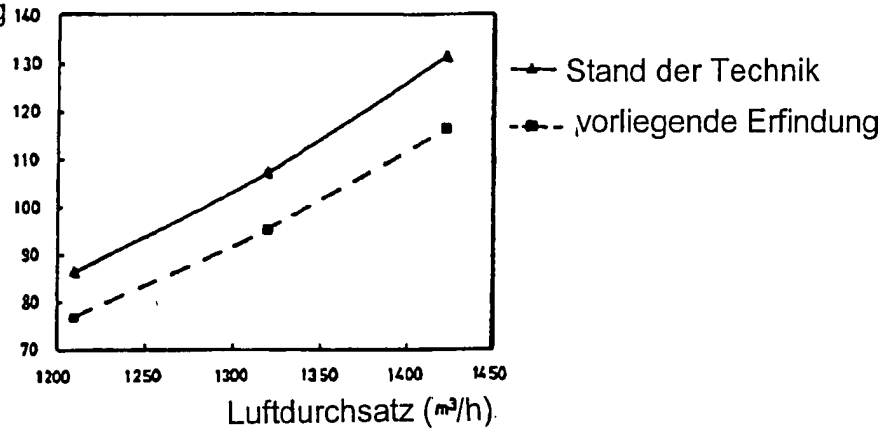


Fig. 11  
Elektrische  
Leistung (w)



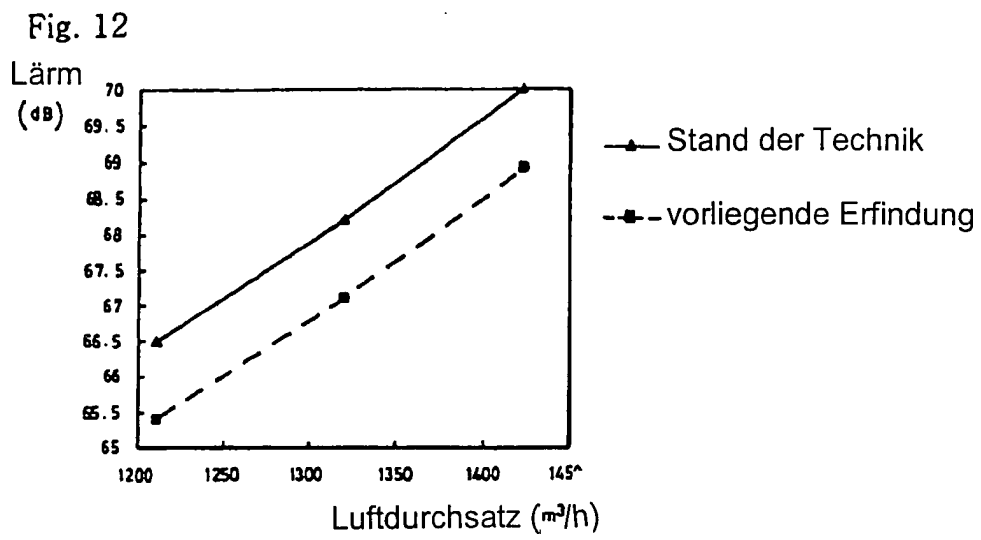


Fig. 13

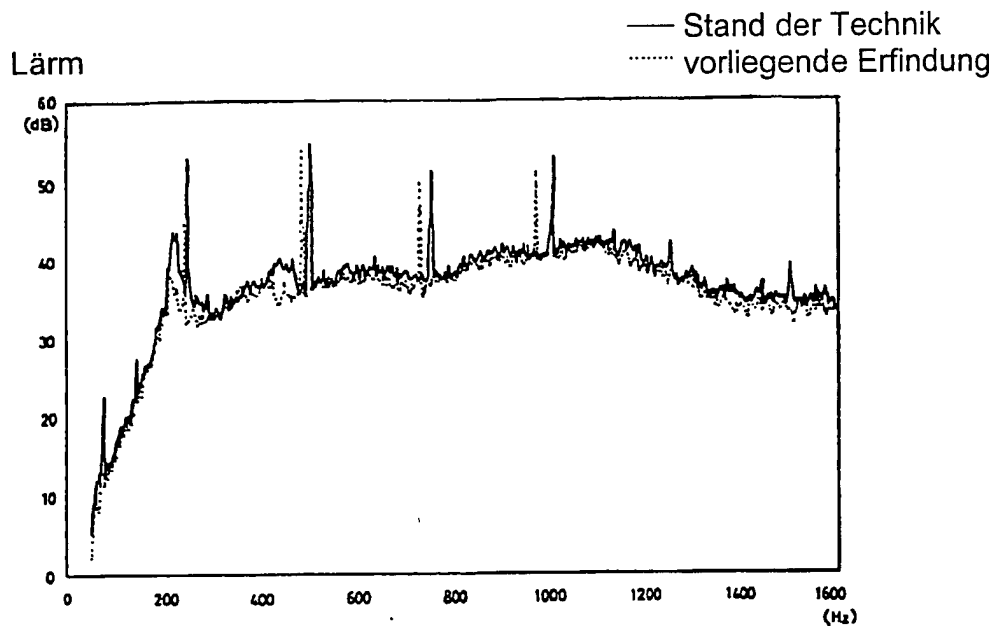


Fig. 14

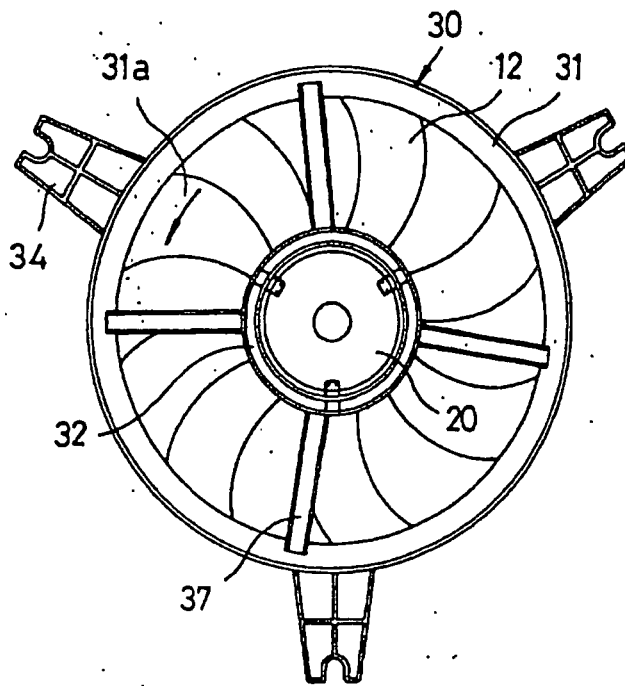
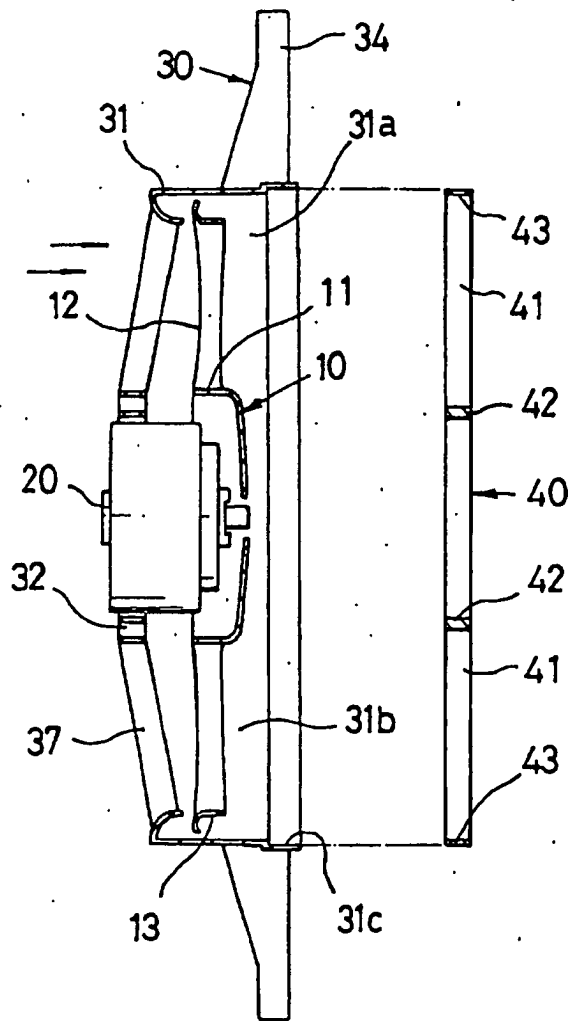


Fig. 15



acd



Fig. 16

