(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 214 393**
B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **13.12.89**

(51) Int. Cl.⁴: **F01D 5/22**, F01D 5/26

(21) Anmeldenummer: **86109040.5**

(22) Anmeldetag: **02.07.86**

(54) **Einrichtung zur Dämpfung von Schaufelschwingungen bei Turbomaschinen.**

(30) Priorität: **31.08.85 CH 3730/85**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **18.03.87 Patentblatt 87/12**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **13.12.89 Patentblatt 89/50**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **CH DE FR GB LI SE**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-B- 1 299 004
FR-A- 2 329 845
US-A- 3 752 599

(73) Patentinhaber: **BBC Brown Boveri AG, Haselstrasse, CH-5401 Baden(CH)**

(72) Erfinder: **Novacek, Peter, Dipl.-Ing., Oberriedenstrasse 30A, CH-5412 Gebenstorf(CH)**

EP 0 214 393 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Dämpfung von Schaufelschwingungen bei Turbomaschinen.

Bei Turbomaschinen werden die rotierenden Schaufeln unter anderem durch unregelmässige Anströmung erregt. Diese anregende Kraft verursacht oft unzulässige Wechselspannungen in den Schaufeln. Zur Bekämpfung dieser gefährlichen Schwingungen kann als naheliegende Massnahme die Verdickung des Schaufelprofiles in Betracht gezogen werden. Indessen verursacht diese Verstärkung eine wesentliche Verschlechterung des Wirkungsgrades, weshalb diese Massnahme in der Praxis eher nicht angewendet wird.

Eine häufige und seit langem praktizierte Vorkehrung zur Bekämpfung der auftretenden Schwingungen besteht darin, dass die Schaufelblätter innerhalb einer Schaufelreihe jeweils paketweise durch einen Dämpferdraht miteinander verbunden werden.

Diese konventionelle Vorkehrung weist indessen einige Nachteile auf:

- Der Dämpferdraht innerhalb des Strömungskanals verschlechtert den Wirkungsgrad der Turbomaschine.
- Der Dämpferdraht wird stark durch Biegespannungen und Mediumtemperatur beansprucht.
- Der Dämpferdraht ist der Korrosion und Erosion ausgesetzt.

Als jüngste Neuerung kann die Lösung mit Dämpferdrähten ausserhalb des Strömungskanals betrachtet werden, wie in der ASME-Publikation 81-DET-136 teilweise beschrieben ist. Diese Auslegungsart ermöglicht eine relative Bewegung zwischen Draht und Schaufeln. Indessen, wegen des gegenseitigen Ausgleichs der Kräfte am Dämpferdraht infolge Kopplung mehrerer Schaufeln, wird die Reibung nicht voll ausgenützt. Meistens verhält sich der Draht eher als ein nicht rutschendes Bindeglied statt als Dämpferdraht, und darum können auch nicht alle Erregungsordnungen unter Kontrolle gebracht werden. Um diese offensichtlichen Schwierigkeiten zu überwinden, ist deshalb in der obengenannten Publikation der Versuch unternommen worden, den Dämpferdraht durch kleine Drahtstücke zu ersetzen, welche irgendwie an der Rotorscheibe zu verankern wären. In der praktischen Ausführung lässt sich aber eine solche Lösung platzmässig nicht unterbringen.

Dort wo die Schaufeln mit Deckplatten ausgebildet sind, werden diese zur Dämpfung herangezogen: Die Flanken der Deckplatten werden so bearbeitet, dass sie zueinander Kontaktflächen verschiedener Ausgestaltung bilden. Diese Deckplattenkonstruktionen weisen aber verschiedene Nachteile auf:

- Teure Bearbeitung und Ausführung der Kontaktflächen.
- Aufwendige Montage.
- Unterschiedliche Kontaktflächenkräfte, je nach Betriebszustand.
- Mechanische Abnützung der Kontaktflächen, worauf die angestrebte Dämpfung sich fortlaufend verschlechtert.

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde bei einer Einrichtung der eingangs genannten Art eine Versteifung des Schaufelverbundes gegen auftretende Schwingungen verschiedenster Erregungsordnung zu erreichen.

Die wesentlichen Vorteile der Erfindung sind darin zu sehen, dass sobald die während des Betriebes auftretenden Schwingungskräfte die vorgegebene Magnetkraft übersteigen, löst sich die durch Magnetkraft zusammengehaltene Verbindung ziemlich schlagartig auf. Dieser Unterbruch in der Versteifung wirkt sich schwingungsunterdrückend aus, was sofort zu einer Beruhigung des Systems führt. Beim Abklingen der Schwingungen ziehen sich die Magnete bei ungleicher Polarität wieder an. Die beim Aufschlagen freiwerdende Energie wird voll in Wärme umgewandelt, da sich kein Rückprallen und keine elastische Ausschwingung einstellt, womit eine augenblickliche dämpfungswirksame Fixierung vonstatten geht. Die erneute Fixierung läuft somit ohne Nebeneffekte ab, das bedeutet, dass die remanenten Schwingungen im System abrupt neutralisiert werden, gleich der Berührung der Trommelfläche einer durch Schlag angeregten Trommel.

Bei gleicher Polarität der benachbarten Magnete findet an sich kein Aufschlagen der Magnetflächen gegeneinander im Sinne obiger Ausführungen bei ungleichpoligen Magnetflächen. Gleichwohl ist aber die potentielle Energie der Magnete, wenn auch in umgekehrter Richtung, vorhanden. Da es sich hier um ein geschlossenes System handelt (Schaufelverbund), erzeugt eine durch Schwingungen bedingte Abstossung zweier benachbarter Magnete (Spreizung) eine von der Versteifung des restlichen Schaufelverbundes ausgehende Gegenkraft.

Die einzelnen Magnete sind so einzustellen und zu fixieren, dass deren Stirnflächen im eingebauten Zustand nicht nur aneinander anliegen, sondern auch gegeneinander drücken. Dies kann durch ein Übermass gegenüber dem tatsächlichen Abstand zweier Schaufeln und/oder durch eine Vortorsion der Schaufeln vor deren Einbau geschehen.

Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind des weitern in den übrigen abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden sind anhand der Zeichnung Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes vereinfacht dargestellt und näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung unwesentlichen Elemente sind nicht dargestellt. Gleiche Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Teilansicht einer Schaufelreihe mit eingebauten Magneten,

Fig. 2 die Draufsicht auf eine Deckplattenausführung,

Fig. 3 eine weitere Deckplattenausführung mit eingebauten Magneten,

Fig. 4 eine weitere Deckplattenausführung mit ei-

ner weiteren Variante eines Magneteneinbaues und

Fig. 5 eine weitere Deckplattenausführung mit einer weiteren Variante eines Magneteneinbaues.

Fig. 1 zeigt einzelne Schaufeln 1, 2, n einer Schaufelreihe, wie sie üblicherweise auf einer hier nicht dargestellten Rotorscheibe angeordnet sind. Die Schaufeln 1, 2, n selbst bestehen aus Schaufelfuss 3, Uebergangsteil 4, Schaufelblatt 5 und Deckplatte 6. Die hier dargestellte Deckplattenkonfiguration wird dort vorgesehen, wo schlanke Schaufelblätter 5 zum Einsatz kommen. In erster Linie wird damit eine Verbesserung des Wirkungsgrades angestrebt, indem die Deckplatte 6 den Zwischenraum zwischen Ende Schaufelblattes 5 und dem ebenfalls nicht dargestellten Stator überbrückt, so dass die unterschiedlichen Wärmedehnungen des Schaufelblattes 5 in radialer Richtung zwischen Anströmungs- und Abströmungsseite der Schaufeln 1, 2, n für die Spaltbemessung des genannten Zwischenraumes keine relevante Rolle mehr spielen. Auch ist die Deckplatte 6 dergestalt ausgebildet, dass sie labyrinthartig in den Stator hineingreift, wodurch die dortigen Strömungsverluste minimiert werden können. Solche Deckplatten 6 eignen sich vorzüglich zur Aufnahme von Magneten 7, 8, die den individuell gestalteten Zwischenraum aus zwie benachbarten Schaufeln überbrücken. Die hier zur Anwendung gelangenden Magnete 7, 8 sind von runder Ausführungsart; andere geometrische Formen sind ebenso einsetzbar. Die aus den Deckplatten 6 herausragenden Magnetteilstücke weisen jeweils zum anderen benachbarten Teilstück eine wechselnde Polarität ⊕/⊖ auf, so dass die einzelnen Deckplatten 6 über die Anziehungskraft der einzelnen Paarmagneten 7, 8 zueinander haften. Etwa auf halber Schaufelblatthöhe ist eine weitere, durch vorzugsweise gleiche Magnete 7, 8 gebildete Zwischenstufe vorgesehen. Diese Vorkehrung soll sinnvollerweise nur bei weichen Schaufeln in Betracht gezogen werden, denn mithin handelt man sich Strömungsverluste ein. Selbstverständlich kann die Zwischenstufe im Bereich des Durchstosses des Magnetes 8 durch die Schaufeln 1, 2, n eine Verdickung aufweisen.

Fig. 2 zeigt die Draufsicht auf eine Deckplattenausführung, bei der mindestens die gegenliegenden Stirnflächen 9a der Deckplatten 9 magnetisch sind. Die hier zur Verfügung stehende Anziehungskraft ist besonders gross. Eine solche Ausführungsart kommt demnach vorzugsweise bei stark schwingungsanfälligen Schaufeln zum Einsatz. Allerdings steht die Anziehungskraft nur dann voll zur Verfügung, wenn die geforderte Herstellungsgenauigkeit der Schaufeln allgemein und der Deckplatten 9 insbesondere genau eingehalten wird.

Demgegenüber steht die Herstellungsgenäuigkeit bei den in Fig. 3 ersichtlichen Deckplatten 10 nicht mehr so im Vordergrunde. Die einzelnen Deckplatten 10 tragen Magneteinsätze 11, 12 die allein gegeneinander anliegen. In diesem Bereich sind die Deckplatten 10 auch zurückversetzt. Es kann vorgesehen werden, dass die einzelnen Magneteinsätze 11, 12 verstellt werden können, so dass deren Positionierung erst nach der Montage der Schaufeln 1, 2, n vorgenommen werden kann.

Aehnliche Ziele verfolgt die Ausführungsform nach Fig. 4. Auch hier können die einzelnen Magneteinsätze 14, 15 gegeneinander so verstellt werden, dass ihre magnetischen Kopfpartien aufeinanderstossen. Die rhomboide Form der Deckplatten 13 bietet Vorteile bei der Montage der Schaufeln 1, 2, n: Indem die Fluchtebene der Deckplattenflanken mit derjenigen des Schaufelfusses übereinstimmt, lassen sich die Schaufeln 1, 2, n ohne nachträgliches Ausrichten in die Rotorscheibe einschieben.

Bei allen vorangegangenen Beispielen ist es möglich, die beschriebenen Ausführungsformen durch folgende Vorkehrungen funktionsmässig zu erweitern:

- Die Magnetkräfte können mit anderen Vorspannkräften kombiniert werden. In Frage kommt beispielsweise eine Vortorsion der Schaufeln 1, 2, n vor deren Einbau.
- Die Magneteinsätze erfassen die Schaufeln einer Reihe paketweise von beispielsweise 5-7 Einheiten. Paketweise kann die Polaritätsrichtung der Magnete auch gewechselt werden. Der daraus resultierende Verstimmeffekt kann zusätzlich verstärkt werden, indem die Stärke der Magneten von Paket zu Paket oder in Umfangsrichtung variiert wird.
- Magnetbestückte Schaufeln können mit mechanisch starr verbundenen Schaufeln abwechseln. Auch bei dieser Konfiguration geht es darum, den Verstimmeffekt zu verstärken.
- Anstelle von Permanentmagneten können Elektromagnete vorgesehen werden. Ihre Steuerung wird vorzugsweise von aussen, induktiv oder über Schleifringe bewerkstelligt.

Die in Fig. 5 dargestellte Variante zeichnet sich dadurch aus, dass die Deckplatten 16 an ihren Randzonen mit je zwei Magneteinsätzen 17, 19 resp. 18, 20 bestückt sind. Während im Bereich der Schaufelanströmung die Magneteinsätze 19, 20 nach der konventionellen Polaritätsrichtung ⊕ / ⊖ angeordnet sind, weist die andere Randzone Magneteinsätze 17, 18 auf, die mit gleichnamigen Pole ⊕ /⊕ oder ⊖ / ⊖ aufeinanderstossen. Auch durch diese Anordnung lässt sich eine Umfangsverspannung erreichen, die in Kombination mit der auf der anderen Seite der Deckplatten 16 umgekehrt wirkenden Kraftrichtung der Magnetkräfte eine gute Elastizität gegen stossartig auftretende Schwingungen ergibt.

Selbstverständlich kann die gleichmässige Polarität ⊕ / ⊕ und/oder ⊖ / ⊖ bei allen vorgängig erläuterten Beispielen ebenfalls vorgesehen werden.

Falls Vibrationskräfte zum Abheben der Deckplatten führen, tragen die Magnetkräfte durch ihr Dämpfungsvermögen zur Schwingungstilgung bei.

Die beschriebene Technik findet Anwendung bei Leit- und Laufschaufeln.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Dämpfung von Schaufelschwingungen bei Turbomaschinen, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufeln (1, 2, n) Magneteinsätze (7, 8, 9a, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20) tragen,

welche durch ein Übermass gegenüber dem Abstand zweier Schaufeln und/oder durch Vortorsion der Schaufeln im Schaufelverbund auf dem Rotor kraftschlüssig aufeinander stossen.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magneteinsätze (7, 8, 9a, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20) in die Deckplatten (6, 9, 10, 12, 16) der Schaufeln (1, 2, n) integriert sind.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Magneteinsätze (7/8, 11/12, 19/20) ungleicher Polarität sind.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Magneteinsätze (17/18) gleicher Polarität sind.

5. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Deckplatten (16) im Bereich der Anströmung durch Magneteinsätze (19/20) mit ungleicher Polarität, im Bereich der Abströmung durch Magneteinsätze (17/18) mit gleicher Polarität bestückt sind.

Claims

1. Device for damping blade vibrations in turbomachines, characterized in that the blades (1, 2, n) carry magnet inserts (7, 8, 9a, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20), which butt together non-positively on the rotor through a positive allowance with respect to the separation of the two blades and/or through pretorsion of the blades in the blade combination.

2. Device according to Claim 1, characterized in that the magnet inserts (7, 8, 9a, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20) are integrated in the shroud plates (6, 9, 10, 12, 16) of the blades (1, 2, n).

3. Device according to Claim 1, characterized in that neighbouring magnet inserts (7/8, 11/12, 19/20) are of opposite polarity.

4. Device according to Claim 1, characterized in that neighbouring magnet inserts (17/18) are of the same polarity.

5. Device according to Claim 2, characterized in that neighbouring shroud plates (16) are equipped in the region of the inlet flow with magnet inserts (19/20) of opposite polarity, and in the region of the outlet flow with magnet inserts (17/18) of the same polarity.

Revendications

1. Dispositif pour amortir les vibrations des aubes dans des turbomachines, caractérisé en ce que les aubes (1, 2, n) portent des inserts magnétiques (7, 8, 9a, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20) qui se touchent avec transfert de force grâce à un surdimensionnement par rapport à l'écart entre deux aubes et/ou à une prétorsion des aubes dans l'aubage combiné sur le rotor.

2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les inserts magnétiques (7, 8, 9a, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20) sont intégrés dans les plaques de recouvrement (6, 9, 10, 12, 16) des aubes (1, 2, n).

3. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les inserts magnétiques voisins (7/8, 11/12, 19/20) sont de polarités différentes.

4. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que des inserts magnétiques voisins (17/18) sont de polarités semblables.

5. Dispositif suivant la revendication 2, caractérisé en ce que des plaques de recouvrement (16) voisines sont garnies, dans la zone des bords d'attaque d'inserts magnétiques (19/20) de polarités différentes et dans la zone des bords de fuite d'inserts magnétiques (17/18) de polarités semblables.

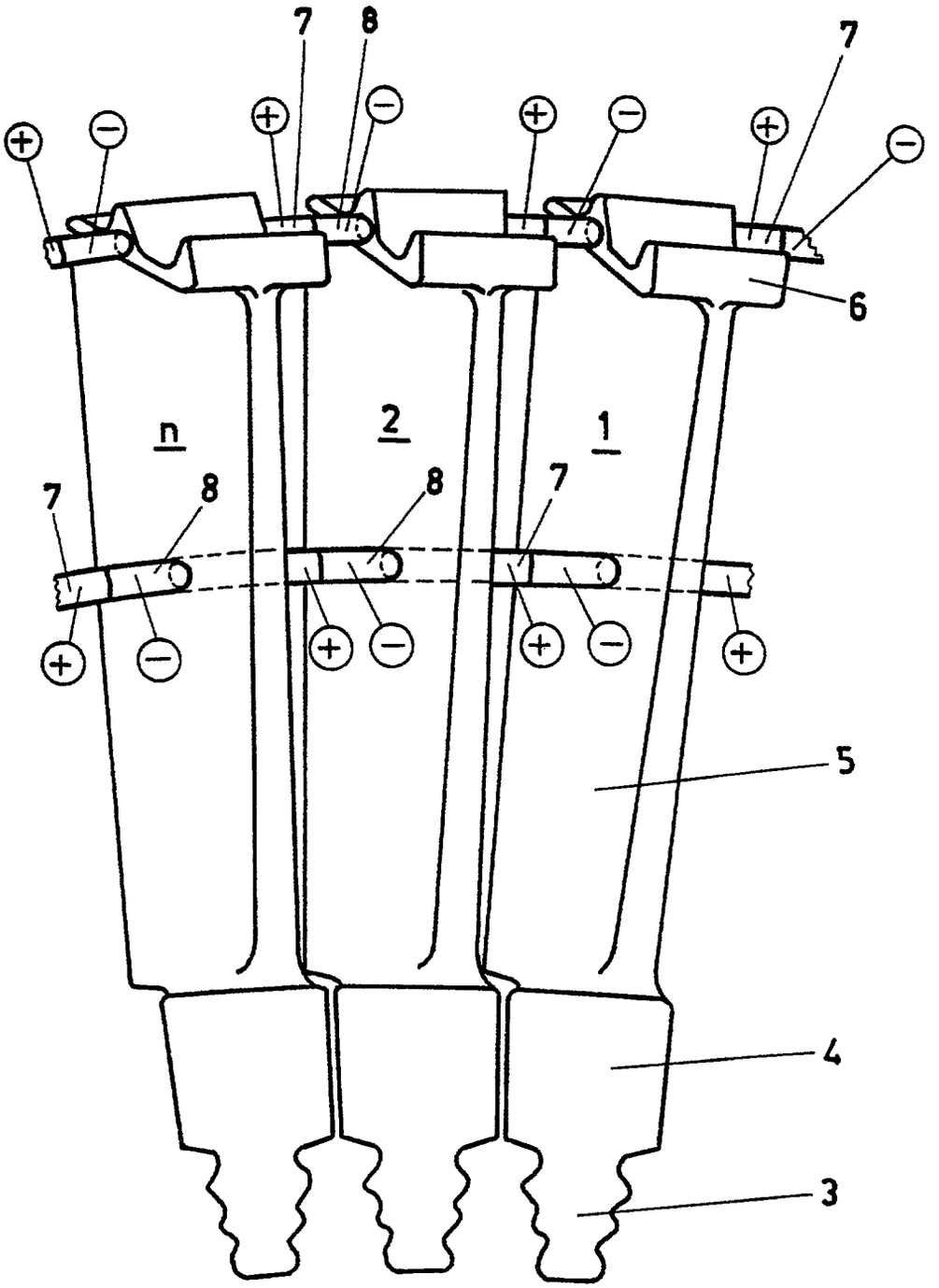


FIG.1

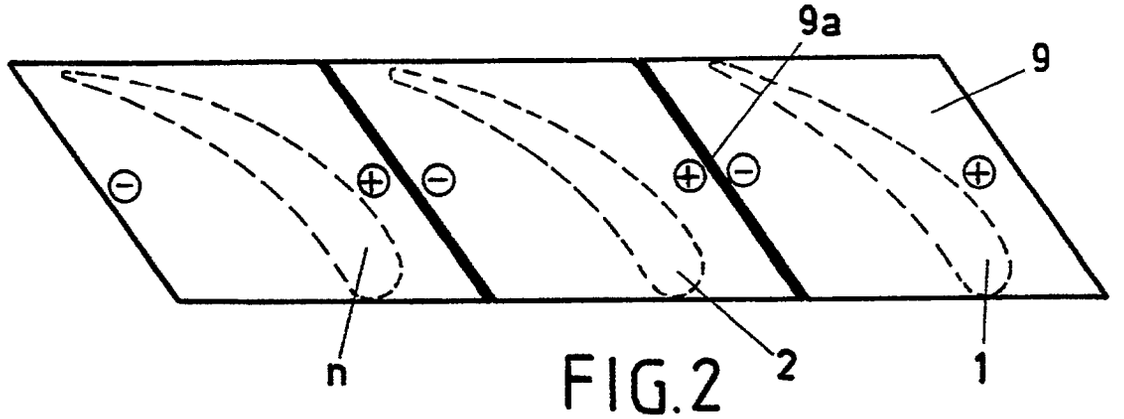


FIG.2

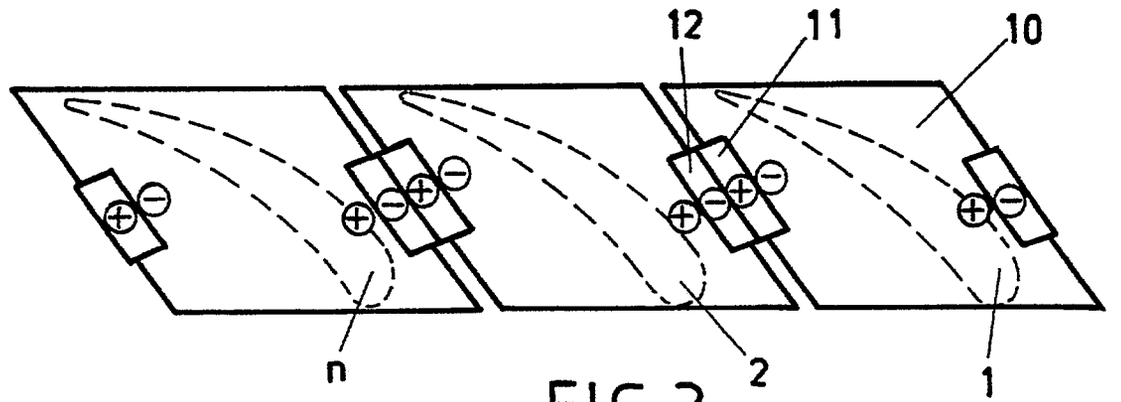


FIG.3

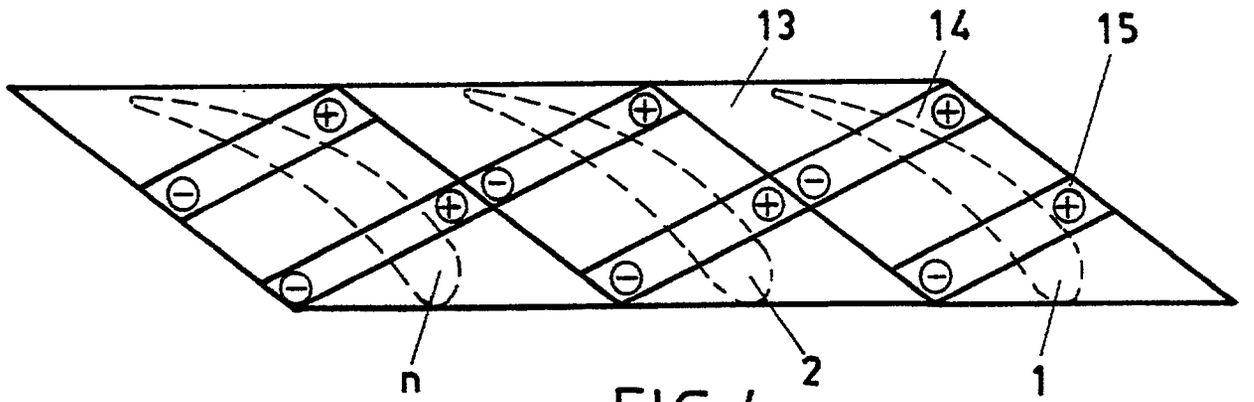


FIG.4

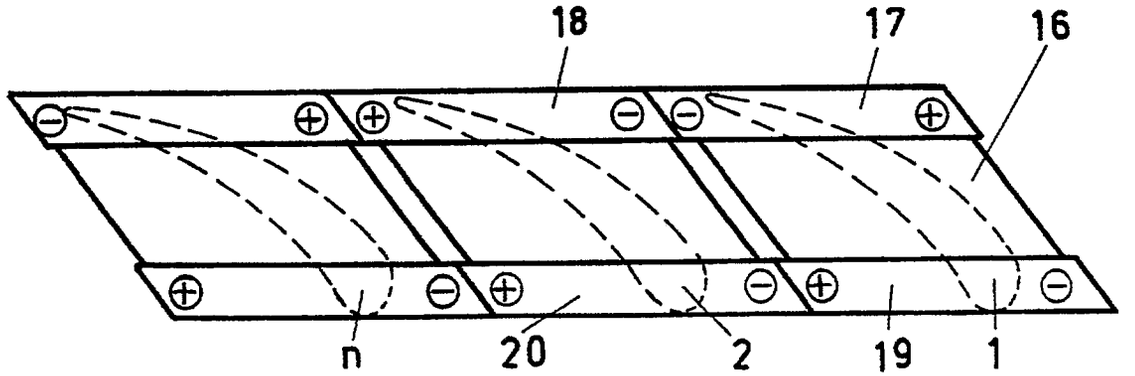


FIG.5