

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-241732

(P2012-241732A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 1 5 D 1/12 (2006.01)	F 1 5 D 1/12 Z	
B 6 4 C 23/00 (2006.01)	B 6 4 C 23/00	
B 6 4 C 23/06 (2006.01)	B 6 4 C 23/06	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2011-109474 (P2011-109474)
 (22) 出願日 平成23年5月16日 (2011.5.16)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成22年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「省エネルギー革新技術開発事業/先導研究/動的流れ場に対するプラズマ気流制御最適化の研究開発」業務委託、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110001092
 特許業務法人サクラ国際特許事務所
 (72) 発明者 田中 元史
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 松田 寿
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 安井 祐之
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

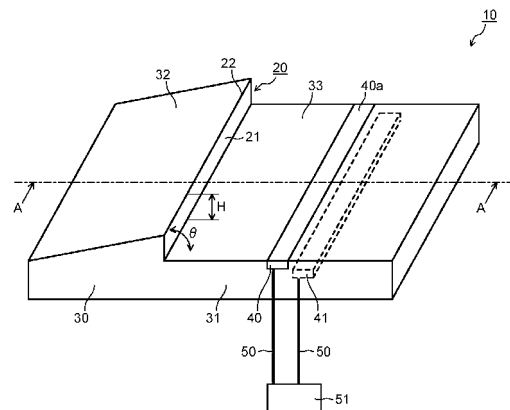
(54) 【発明の名称】 気流制御装置および気流制御方法

(57) 【要約】

【課題】 流体変動センサなどを備えることなく、変動する気流を容易かつ的確に制御することができる気流制御装置および気流制御方法を提供する。

【解決手段】 実施形態の気流制御装置10は、表面を流れる気流を流れ方向に渦流として放出する渦流放出構成部20と、渦流放出構成部20の下流側に誘電体を介して配置された、第1の電極40および第2の電極41とを備える。第1の電極40と第2の電極41との間に電圧を印加することで、渦流放出構成部20の下流側の気流の流れを制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

表面を流れる気流を流れ方向に渦流として放出する渦流放出構成部と、前記渦流放出構成部の下流側に誘電体を介して配置された一对の電極とを備え、

前記一对の電極間に電圧を印加することで、前記渦流放出構成部の下流側の気流の流れを制御することを特徴とする気流制御装置。

【請求項 2】

前記渦流放出構成部が、

気流が表面を流れ、気流の流れ方向に延設された上流側構造部と、表面が前記上流側構造部の表面からステップ状に窪んで気流の流れ方向に延設され、前記一对の電極を備える下流側構造部との境界に形成される段差部で構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の気流制御装置。

10

【請求項 3】

前記段差部と前記上流側構造部との境が、角部で構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の気流制御装置。

【請求項 4】

前記段差部と前記上流側構造部との境が、凸状の曲面で構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の気流制御装置。

【請求項 5】

前記渦流放出構成部が、気流が流れる構造部の表面から、気流の流れ方向と垂直な方向に、少なくとも上流側が曲面を有して突出する突出部で構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の気流制御装置。

20

【請求項 6】

前記一对の電極間に印加する電圧が交番電圧であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載の気流制御装置。

【請求項 7】

前記一对の電極間に、交番電圧の周期と異なる周期で、間歇的に電圧を増減または入切して印加可能であることを特徴とする請求項 6 記載の気流制御装置。

【請求項 8】

交番電圧の周波数が、前記渦流放出構成部から放出される渦流の卓越周波数であることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の気流制御装置。

30

【請求項 9】

前記一对の電極間に、間歇的に電圧を増減または入切して印加するパルス変調機能の周波数が、前記渦流放出構成部から放出される渦流の卓越周波数であることを特徴とする請求項 7 記載の気流制御装置。

【請求項 10】

前記渦流放出構成部が、誘電体を介して配置された一对の電極を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項記載の気流制御装置。

【請求項 11】

前記渦流放出構成部の一对の電極間に印加する電圧が交番電圧であることを特徴とする請求項 10 記載の気流制御装置。

40

【請求項 12】

前記渦流放出構成部の一对の電極間に、前記渦流放出構成部の一对の電極間の交番電圧の周期と異なる周期で、間歇的に電圧を増減または入切して印加可能であることを特徴とする請求項 11 記載の気流制御装置。

【請求項 13】

前記渦流放出構成部の下流側に配置された一对の電極間に印加される交番電圧の周波数と、前記渦流放出構成部に配置された一对の電極間に印加される交番電圧の周波数とが等しいことを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項記載の気流制御装置。

50

【請求項 14】

前記渦流放出構成部の下流側に配置された一对の電極間に、間歇的に電圧を増減または入切して印加するパルス変調機能の周波数と、前記渦流放出構成部に配置された一对の電極間に、間歇的に電圧を増減または入切して印加するパルス変調機能の周波数とが等しいことを特徴とする請求項 10 乃至 13 のいずれか 1 項記載の気流制御装置。

【請求項 15】

前記渦流放出構成部の下流側に配置された一对の電極間に印加される交番電圧と、前記渦流放出構成部に配置された一对の電極間に印加される交番電圧との間に位相差が設けられていることを特徴とする請求項 13 記載の気流制御装置。

【請求項 16】

前記渦流放出構成部の下流側に配置された一对の電極間に、間歇的に増減または入切して印加する電圧と、前記渦流放出構成部に配置された一对の電極間に、間歇的に増減または入切して印加する電圧との間に位相差が設けられていることを特徴とする請求項 14 記載の気流制御装置。

【請求項 17】

渦流放出構成部で表面を流れる気流を流れ方向に渦流として放出させ、
前記渦流放出構成部の下流側に誘電体を介して配置された一对の電極間に電圧を印加して、前記渦流放出構成部の下流側の気流の流れを制御することを特徴とする気流制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、気流制御装置および気流制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

流体機器などにおいて、流体機器内を流れる流体の流れを制御して、流体機器の効率向上や、振動および騒音の低減を図ることは重要である。

【0003】

流れ制御手段として、流体の一部をプラズマ化してプラズマ誘起流を発生させる技術が進められている。この気流発生装置によれば、平板上に薄い層状の流れを発生させることが可能であり、流れの境界層の速度分布を変化させることができる。そのため、層流から乱流への遷移を強制的に引き起こしたり、渦流を発生させたり、消滅させたりすることにより、流体機器内を流れる流体の流れを制御して、流体機器の空力特性などを改善することができる。

【0004】

また、2次元対称翼に、上記した気流発生装置を備え、気流発生装置に印加する電圧を間歇的に増減または入切させるパルス変調制御を行うことにより、効率的な気流制御が可能となる。特に、パルス変調の周波数を、翼後流で検出した流速変動の卓越周波数付近に設定した場合に、大規模剥離流れが翼面に引き寄せられる効果が現れることがわかっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007 - 317656 号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献 1】松田ら、日本機械学論文集 (B 編) 74 巻 744 号 p 1667

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

20

30

40

50

上記した卓越周波数は、機器の大きさや構造、物体に対する流体の相対速度、流体の粘性などによって変化する。そのため、円柱後流のカルマン渦列のような限られた場合を除いて、その卓越周波数を予測することは困難である。そこで、流体の流速や流入角が変化する動的な流れの場合には、パルス変調制御の周波数を決めるための流体変動センサの設置が必須となり、装置の製作コストを増大させる原因となっている。

【0008】

本発明が解決しようとする課題は、流体変動センサなどを備えることなく、変動する気流を容易かつ的確に制御することができる気流制御装置および気流制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【0009】

実施形態の気流制御装置は、表面を流れる気流を流れ方向に渦流として放出する渦流放出構成部と、前記渦流放出構成部の下流側に誘電体を介して配置された一对の電極とを備える。そして、前記一对の電極間に電圧を印加することで、前記渦流放出構成部の下流側の気流の流れを制御する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施の形態の気流制御装置の斜視図である。

【図2】第1の実施の形態の気流制御装置における、図1のA-A断面を示す図である。

【図3】第1の実施の形態の気流制御装置の他の構成を示す図であり、図1のA-A断面に相当する断面を示す図である。

20

【図4】第1の実施の形態の気流制御装置を備えないときの翼における気流の流れを模式的に示した図である。

【図5】第1の実施の形態の気流制御装置を翼の前縁部に備えたときの気流が流れる状態を模式的に示した図である。

【図6】図5に示した状態における第1の実施の形態の気流制御装置の表面の気流の流れを拡大して示した図である。

【図7】第1の実施の形態の気流制御装置を備え、気流制御装置を作動させていないときの、翼における気流の流れを模式的に示した図である。

【図8】第1の実施の形態の気流制御装置を翼の前縁部に備え、気流制御装置を作動させていないときの、気流制御装置の表面の気流の流れを拡大して示した図である。

30

【図9】第1の実施の形態の気流制御装置を翼の前縁側の背側に備え、気流制御装置を作動させていないときの、気流制御装置の表面の気流の流れを拡大して示した図である。

【図10】第1の実施の形態の気流制御装置を備え、気流制御装置を作動させたときの、翼における気流の流れを模式的に示した図である。

【図11】第1の実施の形態の気流制御装置の他の構成の断面を示す図であり、翼に備えたときの状態を模式的に示している。

【図12】第1の実施の形態の気流制御装置のさらに他の構成の断面を示す図であり、図1のA-A断面に相当する断面を示す図である。

【図13】図12に示した第1の実施の形態の気流制御装置における、交縁部の近傍に設けられた第1の電極と第2の電極との間に印加される交番電圧の印加タイミングと、下流側構造部に設けられた第1の電極と第2の電極との間に印加される交番電圧の印加タイミングを示す図である。

40

【図14】第2の実施の形態の気流制御装置における、図1のA-A断面に相当する断面を示す図である。

【図15】第2の実施の形態の気流制御装置における、図1のA-A断面に相当する断面において、交縁部を拡大して示す図である。

【図16】第3の実施の形態の気流制御装置の斜視図である。

【図17】第3の実施の形態の気流制御装置における、図16のB-B断面を示す図である。

50

【図 18】第 3 の実施の形態の気流制御装置の他の構成の、図 16 の B - B 断面に相当する断面を示す図である。

【図 19】第 3 の実施の形態の気流制御装置における、図 16 の B - B 断面に相当する断面において、突出部を拡大して示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0012】

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、第 1 の実施の形態の気流制御装置 10 の斜視図である。図 2 は、第 1 の実施の形態の気流制御装置 10 における、図 1 の A - A 断面を示す図である。なお、以下の実施の形態において、同一の構成部分には同一の符号を付して、重複する説明は、省略または簡略する。

10

【0013】

第 1 の実施の形態の気流制御装置 10 は、表面を流れる気流を流れ方向に断続的に渦流として放出する渦流放出構成部 20 を備えている。この渦流放出構成部 20 は、図 1 および図 2 に示すように、気流が表面 32 を流れ、気流の流れ方向に延設された上流側構造部 30 と、表面 33 が上流側構造部 30 の表面 32 からステップ状に窪んで気流の流れ方向に延設される下流側構造部 31 との境界に形成される段差部 21 で構成されている。また、気流制御装置 10 は、渦流放出構成部 20 の下流側に、一对の電極である、第 1 の電極 40 と第 2 の電極 41 とを備えている。

20

【0014】

上流側構造部 30 は、気流の流れ方向に行くに伴い気流側に突出する表面 32 (傾斜面) を備えている。この傾斜面である表面 32 に沿って下流側 (下流側構造部 31 側) に気流が流れる。

【0015】

下流側構造部 31 は、表面 33 が上流側構造部 30 の表面 32 からステップ状に窪んで気流の流れ方向に延設するように構成されている。すなわち、下流側構造部 31 の表面 33 は、段差部 21 の端部から気流の流れ方向に延設されている。

【0016】

このように段差部 21 は、上流側構造部 30 と下流側構造部 31 との境界に形成される。段差部 21 と上流側構造部 30 との境、すなわち、上流側構造部 30 と段差部 21 との交わる交縁部 22 は、角部で構成されている。

30

【0017】

ここでは、段差部 21 の表面と下流側構造部 31 の表面 33 とのなす角 θ がほぼ 90 度となるように段差部 21 が構成されている一例を示しているが、この構成に限られるものではない。段差部 21 の表面と下流側構造部 31 の表面 33 とのなす角 θ が、例えば、30 ~ 90 度の範囲となるように、段差部 21 を構成してもよい。

【0018】

渦流放出構成部 20 において、上流側構造部 30 の表面を流れてきた気流が交縁部 22 を通過すると、交縁部 22 と平行な方向に軸を持った渦 (横渦) が、流れ方向に断続的に渦流として放出される。この渦流を放出する放出周波数は、卓越周波数 f_s を中心とするピークを有する分布となる。この卓越周波数 f_s は、次に示す式 (1) により、渦流放出構成部 20 の段差部 21 の高さ H 、気流制御装置 10 の表面を流れる気流の主流速度 U の関数で示すことができる。

40

【0019】

$$f_s = A \times U / H \quad \dots \text{式 (1)}$$

【0020】

ここで、 A は定数である。渦流放出構成部 20 の段差部 21 の高さ H は、交縁部 22 から表面 33 またはこれと同一平面上に引いた垂線の長さである。

50

【 0 0 2 1 】

段差部 2 1 の高さ H は、気流制御装置 1 0 が適用される流体现象の代表長（翼の前縁剥離の場合は翼弦長）の 0 . 1 % 以下、好ましくは 0 . 0 1 % 以下程度に設定されることが好ましい。または、段差部 2 1 の高さ H は、レイノルズ数が $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^7$ の範囲内で実際の寸法が $5 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 以下、または $10 \times U / \nu$ 以下（U は主流速、 ν は動粘度）に設定されることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

これらの範囲が好ましいのは、気流制御装置 1 0 の機能が不要でない場合に、その構造が流体抵抗の原因にならない程度の段差にする必要があり、摩擦抵抗を支配する乱流境界層の粘性低層の厚さ以下にする必要があるからである。

10

【 0 0 2 3 】

第 1 の電極 4 0 および第 2 の電極 4 1 は、下流側構造部 3 1 に配置されている。第 1 の電極 4 0 は、一方の表面 4 0 a が下流側構造部 3 1 の表面 3 3 と同一面となるように下流側構造部 3 1 に設置されている。なお、第 1 の電極 4 0 は、一方の表面 4 0 a を露出しないように、下流側構造部 3 1 内に埋設されてもよい。

【 0 0 2 4 】

第 2 の電極 4 1 は、第 1 の電極 4 0 から気流の流れ方向にずらして離間され、下流側構造部 3 1 内に埋設されている。第 2 の電極 4 1 は、第 1 の電極 4 0 よりも下流側構造部 3 1 の表面 3 3 から深く埋設されている。

【 0 0 2 5 】

第 1 の電極 4 0 および第 2 の電極 4 1 は、図 1 に示すように、ケーブル 5 0 を介して第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に電圧を印加する放電用電源 5 1 と接続されている。

20

【 0 0 2 6 】

放電用電源 5 1 は、第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に交番電圧を印加することができる。また、放電用電源 5 1 は、第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に、交番電圧の周期と異なる周期で、間歇的に電圧を増減または入切して印加するパルス変調機能を備えてもよい。

【 0 0 2 7 】

放電用電源 5 1 によって印加される交番電圧の周波数、またはパルス変調周波数は、渦流放出構成部 2 0 から断続的に放出される渦流の卓越周波数 f_s に近い周波数とすることが好ましい。具体的には、これらの周波数は、卓越周波数 f_s の $\pm 10\%$ に制御されることが好ましい。この範囲が好ましいのは、後述するように、この範囲内であれば放電のエネルギーで効率的に渦流の放出現象を共鳴させ、渦流を強化することができるからである。

30

【 0 0 2 8 】

ここでは、第 1 の電極 4 0 および第 2 の電極 4 1 が下流側構造部 3 1 に直接備えられた構成を示している。そのため、下流側構造部 3 1 は、誘電材料で構成される。誘電材料は、特に限定されるものではなく、公知な固体の誘電材料で構成される。例えば、電氣的絶縁材料である、アルミナやガラス、マイカなどの無機絶縁物、ポリイミド、ガラスエポキシ、ゴムなどの有機絶縁物などが挙げられ、用途に応じて最適な誘電材料を選択して使用する。

40

【 0 0 2 9 】

ここでは、上流側構造部 3 0 と下流側構造部 3 1 とを一体的に形成した一例を示しているため、上流側構造部 3 0 も下流側構造部 3 1 と同じ材料で構成されている。なお、上流側構造部 3 0 と下流側構造部 3 1 は、それぞれ別個に形成されてもよい。この場合、上流側構造部 3 0 は、誘電材料で構成される必要はなく、下流側構造部 3 1 と異なる材料で構成することができる。別個に形成された上流側構造部 3 0 と下流側構造部 3 1 は、例えば、双方の接合部に接合構造を備えることで接合されたり、接着材料などにより接合される。

【 0 0 3 0 】

50

なお、第1の電極40および第2の電極41は、下流側構造部31に直接備えられる構成に限られるものではない。図3は、第1の実施の形態の気流制御装置10の他の構成を示す図であり、図1のA-A断面に相当する断面を示す図である。

【0031】

図3に示すように、一对の電極は、誘電材料で構成される誘電構造体61に第1の電極40および第2の電極41を備えた、取り外し可能な電極ユニット60として構成されてもよい。この場合には、下流側構造部31を誘電材料で構成する必要はなく、用途に応じた任意の材料で構成することができる。

【0032】

次に、第1の実施の形態の気流制御装置10の動作について説明する。

10

【0033】

ここでは、翼70の前縁部に気流制御装置10を備えたときの気流が流れる状態について説明するが、比較のため、まず、気流制御装置10を備えないときの翼70における気流の流れについて説明する。

【0034】

図4は、第1の実施の形態の気流制御装置10を備えないときの翼70における気流の流れを模式的に示した図である。なお、図4には、翼70の前縁部の表面における流れを拡大して示している。

【0035】

図4に示すように、翼70の前縁付近のよどみ点70a付近において、境界層が不安定により、微細な横渦が発生する。これらは下流に流下するにつれ、合体、成長し、剥離点Sにおいて大規模な剥離泡として放出される。このときの大規模な剥離渦の放出周波数は、主に、翼型および主流速度に依存するが、剥離渦の種ともいえる微細な横渦の放出周波数は、主流の乱れ状態や翼表面の状態によって依存され、正確に予測することが難しい。

20

【0036】

気流制御装置10において発生させるプラズマをパルス変調で制御する場合は、パルス変調周波数をこの微細な横渦に同調させることが必要であるが、その周波数の予測が難しい。そのため、表面圧力センサなどのセンサによって周波数を検出する必要が生じ、装置のコストを増加させる。

【0037】

次に、第1の実施の形態の気流制御装置10を翼70の前縁側の背側に備えたときの動作について説明する。

30

【0038】

まず、翼70の迎角が小さいときの流れについて説明する。

【0039】

図5は、第1の実施の形態の気流制御装置10を翼70の前縁側の背側に備えたときの気流が流れる状態を模式的に示した図である。図6は、図5に示した状態における第1の実施の形態の気流制御装置10の表面の気流の流れを拡大して示した図である。

【0040】

ここで、気流制御装置10は、例えば、図5に示すように、上流側構造部30の傾斜する表面32を構成する部分のみが、翼70の表面から突出した状態となるように、翼70に設置される。すなわち、翼70の表面を流れてきた気流が、段差などを通過することなくスムーズに上流側構造部30の表面32上を流れるように構成されている。

40

【0041】

図5および図6に示すように、翼70の迎角が小さいときには、気流は、翼70の表面に沿って流れる。翼70の前縁から背側に流れる気流は、気流制御装置10上を通過して、後縁側に流れる。この際、大規模な剥離は生じない。

【0042】

図5に示すように、気流が渦流放出構成部20の交縁部22を通過する際、小規模な剥離とその下流側での再付着が生じる。このように、渦流放出構成部20から剥離に伴うス

50

ケールの小さな、交縁部 22 に並行な軸を持った渦流（横渦）が流れ方向に断続的に放出される。この渦流の放出周波数は、卓越周波数 f_s を中心とするピークを有する分布となり、上記した式（1）に示したように、渦流放出構成部 20 の段差部 21 の高さ H および気流制御装置 10 の表面を流れる気流の主流速度 U の関数で示される。翼厚や翼弦長に対して、段差部 21 の高さ H を小さくすることで、渦流放出構成部 20 を通過する際に生じる剥離や再付着の翼の揚力特性に及ぼす影響は無視できる程度となる。

【0043】

次に、翼 70 の迎角が大きいときの流れについて説明する。

【0044】

図 7 は、第 1 の実施の形態の気流制御装置 10 を備え、気流制御装置 10 を作動させていないときの、翼 70 における気流の流れを模式的に示した図である。なお、図 7 には、翼 70 の前縁部の背側の表面における流れを拡大して示している。図 8 および図 9 は、第 1 の実施の形態の気流制御装置 10 を翼 70 の前縁側の背側に備え、気流制御装置 10 を作動させていないときの、気流制御装置 10 の表面の気流の流れを拡大して示した図である。

10

【0045】

図 10 は、第 1 の実施の形態の気流制御装置 10 を備え、気流制御装置 10 を作動させたときの、翼 70 における気流の流れを模式的に示した図である。なお、図 10 には、翼 70 の前縁部の表面における流れを拡大して示している。

【0046】

図 7 に示すように、翼 70 の迎角を大きくすると、気流が渦流放出構成部 20 の交縁部 22 を通過する際に横渦が発生し、この横渦が流れ方向に断続的に放出される。この横渦は、交縁部 22 の下流側において、図 8 に示した付着した状態と、図 9 に示した剥離した状態を交互に繰り返す、非定常な状態となっている。

20

【0047】

そして、この横渦が、下流に流下するにつれ、合体、成長し、境界層厚さが厚くなり、剥離点 S において大規模な剥離泡として放出され、流れが大規模に剥離する。剥離点 S の位置は、翼 70 の形状や主流速度などによって定まる。

【0048】

この大規模な剥離を生じる場合に、気流制御装置 10 を作動させる。第 1 の電極 40 と第 2 の電極 41 との間放電用電源 51 によって交番電圧を印加して、表面上にプラズマを生じさせる。プラズマ中のイオンが電界から受ける力が気体に伝達されることで、プラズマ誘起流が発生する。

30

【0049】

なお、プラズマ誘起流は、気流の流れ方向に流れるように発生させることが好ましい。プラズマ誘起流が発生すると、プラズマ誘起流により気流の境界層の低速度部分が加速され、速度分布に有効な影を与える。

【0050】

例えば、交番電圧を印加した場合、プラズマは交番電圧の周波数によって断続的に発生するため、プラズマ誘起流は交番電圧の周期に合わせて断続的に発生する。また、交番電圧を印加する際、電圧の印加を断続的に制御するパルス変調制御を行った場合、プラズマ誘起流は、このパルス変調制御の周波数に対応して断続的に発生する。

40

【0051】

交縁部 22 の下流側における横渦の状態は、前述したように非定常な状態ではあるが、例えば、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調の周波数 f_c 、つまり断続的に発生するプラズマ誘起流の周波数を、渦流放出構成部 20 から放出される渦流の卓越周波数 f_s に同調させると、交縁部 22 から放出されていた横渦が共鳴してエネルギーが注入され、横渦が強化される。

【0052】

そして、強化されて断続的に放出された横渦どうしの干渉で縦渦が生じ、その縦渦構造によって境界層内の高速部分と低速部分の運動量の交換が進み、境界層の低速部分が顕著

50

に加速される。

【0053】

そのため、図10に示すように、大規模な剥離が抑えられ、気流の流れは翼表面に沿って付着するように流れる。これにより翼の場合、揚力が向上するなどの効果が得られる。なお、大規模な剥離が完全に抑えられない場合でも、気流の流れが翼側に引き寄せられることで圧力分布が改善され、揚力が向上するなどの効果が得られる。

【0054】

ここで、上記した交番電圧を印加する周波数またはパルス変調の周波数 f_c は、前述した式(1)の関係式から算出された、渦流の放出周波数における卓越周波数 f_s に基づいて設定される。なお、周波数 f_c は、卓越周波数 f_s と完全に等しくなくとも、卓越周波数 f_s に対して $\pm 10\%$ の範囲の値であれば気流制御の十分な効果が得られる。渦流の卓越周波数 f_s と、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調の周波数 f_c とが等しくない場合には、卓越周波数 f_s が周波数 f_c に収斂する。

10

【0055】

渦流の放出周波数における卓越周波数 f_s は、前述した式(1)の関係式から、渦流放出構成部20の段差部21の高さ H 、気流制御装置10の表面を流れる気流の主流速度 U に基づいて算出することができる。そのため、例えば、段差部21の高さ H 、気流の主流速度 U の様々な組み合わせに基づく卓越周波数 f_s をデータベース化しておくことで、運用時には主流速度のみを定めることで卓越周波数 f_s を決めることができる。そのため、交番電圧の周波数制御を容易に行うことができる。

20

【0056】

上記したように、第1の実施の形態の気流制御装置10によれば、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調の周波数 f_c を制御することで、流体変動センサなどを備えることなく、変動する気流を容易かつ的確に制御することができる。また、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調の周波数 f_c は、渦流の放出周波数における卓越周波数 f_s に基づいて設定することができる。また、この卓越周波数 f_s は、渦流放出構成部20の幾何学的形状などで定めることができるため、気流の乱れ度や気流が流れる物体表面の状態などを考慮することなく、卓越周波数 f_s を容易に設定することができる。

【0057】

ここで、第1の実施の形態の気流制御装置10の構成は、上記した構成に限られるものではない。図11は、第1の実施の形態の気流制御装置10の他の構成の断面を示す図であり、翼70に備えたときの状態を模式的に示している。

30

【0058】

図11に示すように、上流側構造部30の表面32を気流の流れに平行に沿う平面としてもよい。この場合には、翼70の表面を流れてきた気流が、翼70の表面から突出する部分を有さないように、気流制御装置10全体が翼70に埋設されている。これによって、気流が、段差などを通過することなくスムーズに上流側構造部30の表面32上を流れる。

【0059】

翼70の表面に繋がる下流側構造部31の端部側の表面は、下流側構造部31の表面上を通過した気流が、段差などを通過することなくスムーズに翼70の表面上を流れるように構成されている。

40

【0060】

なお、上流側構造部30の表面32は、気流の流れに平行に沿う平面以外にも、例えば、気流の流れ方向に下方に傾斜する傾斜面で構成されてもよい。

【0061】

このように上流側構造部30を構成した場合においても、上記した、上流側構造部30の表面32が、気流の流れ方向に行くに伴い気流側に突出する傾斜面で構成された場合と同様の作用効果を得ることができる。なお、いずれの場合においても、渦流放出構成部20の段差部21の高さ H は、前述した範囲に設定される。

50

【 0 0 6 2 】

また、ここでは、下流側構造部 3 1 のみに、プラズマ誘起流を発生させるための第 1 の電極 4 0 および第 2 の電極 4 1 を備えた一例を示したが、この構成に限れるものではない。図 1 2 は、第 1 の実施の形態の気流制御装置 1 0 のさらに他の構成の断面を示す図であり、図 1 の A - A 断面に相当する断面を示す図である。

【 0 0 6 3 】

図 1 2 に示すように、例えば、交縁部 2 2 の直上流側の上流側構造部 3 0 に、さらに第 1 の電極 4 0 および第 2 の電極 4 1 を備えてもよい。これによって、交縁部 2 2 の直上流側の上流側構造部 3 0 の表面 3 2 に、プラズマ誘起流を発生させることができる。なお、第 1 の電極 4 0 を交縁部 2 2 の直上流側の上流側構造部 3 0 の表面に設け、第 2 の電極 4 1 を交縁部 2 2 の直下流側の段差部 2 1 の表面に近い位置に埋設してもよい。

10

【 0 0 6 4 】

交縁部 2 2 の近傍に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に交番電圧を印加する電源は、放電用電源 5 1 と別個に設けてもよいし、放電用電源 5 1 を併用してもよく、第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に、交番電圧の周期と異なる周期で、間歇的に電圧を増減または入切して印加するパルス変調機能を備えてもよい。

【 0 0 6 5 】

このように、交縁部 2 2 の近傍にもプラズマ誘起流を発生させることで、渦流放出構成部 2 0 における渦流を放出する卓越周波数 f_s の調整機能を高めることができる。

【 0 0 6 6 】

卓越周波数 f_s は、前述したとおり、基本的には、主流速度 U および段差部 2 1 の高さ H の関数となるが、翼表面の汚損や雨滴などの影響を受けてずれる場合がある。交縁部 2 2 の近傍に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加する交番電圧の周波数を f_{cu} とすると、周波数 f_{cu} が卓越周波数 f_s にほぼ等しい場合、渦流の卓越周波数 f_s は f_{cu} の影響を受けて f_{cu} に収斂する。そのため、汚損や雨滴の影響を受けずに、周波数 f_{cu} で渦を放出することができる。

20

【 0 0 6 7 】

この渦放出に対して、これより下流にある下流側構造部 3 1 に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加される交番電圧の周波数 f_{cd} を同調させることで、上記したような剥離抑制効果が得られる。すなわち、周波数 f_{cd} は、周波数 f_{cu} と同じ

30

【 0 0 6 8 】

、または、周波数 f_{cu} の $\pm 10\%$ の範囲にすることが好ましい。

また、この効果は、断続的に発生するプラズマ誘起流の周波数を制御した結果得られるものである。そのため、パルス変調制御によってプラズマ誘起流を断続的に発生させる場合には、パルス変調周波数も同様に、交縁部 2 2 の近傍に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加されるパルス変調周波数を、下流側構造部 3 1 に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加されるパルス変調周波数に近い周波数とすることが好ましい。具体的には、交縁部 2 2 の近傍に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加されるパルス変調周波数を、下流側構造部 3 1 に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加されるパルス変調周波数の $\pm 10\%$ の範囲に制御

40

【 0 0 6 9 】

図 1 3 は、図 1 2 に示した第 1 の実施の形態の気流制御装置 1 0 における、交縁部 2 2 の近傍に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加される交番電圧の印加タイミングと、下流側構造部 3 1 に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加される交番電圧の印加タイミングを示す図である。

【 0 0 7 0 】

図 1 3 に示すように、交縁部 2 2 の近傍に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加される交番電圧の印加タイミングと、下流側構造部 3 1 に設けられた第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に印加される交番電圧の印加タイミングとに、位相差を

50

設けることが好ましい。

【0071】

このように、交番電圧の印加タイミングをずらすことで、同時に印加する場合に比べて電源回路の最大電流を小さく抑えることができ、電源の小型化や使用コストの低減を図ることができる。電圧の印加を断続的に制御するパルス変調制御においても印加のタイミングをずらすことで、同様の効果が得られる。

【0072】

(第2の実施の形態)

第2の実施の形態の気流制御装置11は、渦流放出構成部20の交縁部22の形状が異なる以外は第1の実施の形態の気流制御装置10の構成と同じである。ここでは、この異なる渦流放出構成部20の交縁部22の構成について主に説明する。

10

【0073】

図14は、第2の実施の形態の気流制御装置11における、図1のA-A断面に相当する断面を示す図である。

【0074】

第2の実施の形態の気流制御装置11は、表面を流れる気流を流れ方向に断続的に渦流として放出する渦流放出構成部20を備えている。この渦流放出構成部20は、図14に示すように、気流が表面32を流れ、気流の流れ方向に延設された上流側構造部30と、表面33が上流側構造部30の表面32からステップ状に窪んで気流の流れ方向に延設される下流側構造部31との境界に形成される段差部21で構成されている。

20

【0075】

このように段差部21は、上流側構造部30と下流側構造部31との境界に形成される。段差部21と上流側構造部30との境、すなわち、上流側構造部30と段差部21との交わる交縁部22は、凸状の曲面で構成されている。

【0076】

ここで、段差部21は、図14に示すように、交縁部22を構成する曲面と、この曲面の端部から下流側構造部31の表面33に至る平面とで構成されている。なお、段差部21は、平面部を有さず、交縁部22を構成する曲面で構成されてもよい。

【0077】

なお、渦流放出構成部20の段差部21の高さHは、図13に示すように、交縁部22の最も上方に突出する点から表面33またはこれと同一平面上に引いた垂線の長さである。

30

【0078】

段差部21の高さHは、気流制御装置11が適用される流体现象の代表長(翼の前縁剥離の場合は翼弦長)の0.1%以下、好ましくは0.01%以下程度に設定されることが好ましい。または、段差部21の高さHは、レイノルズ数が $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^7$ の範囲内で実際の寸法が $5 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 以下、または $10 \times U / \nu$ 以下(U は主流速、 ν は動粘度)に設定されることが好ましい。

【0079】

これらの範囲が好ましいのは、気流制御装置11の機能が不要でない場合に、その構造が流体抵抗の原因にならない程度の段差にする必要があり、摩擦抵抗を支配する乱流境界層の粘性低層の厚さ以下にする必要があるからである。

40

【0080】

渦流放出構成部20において、上流側構造部30の表面を流れてきた気流が交縁部22を通過すると、流れ方向に断続的に渦流として放出される。この渦流を放出する放出周波数は、卓越周波数 f_s を中心とするピークを有する分布となる。この卓越周波数 f_s は、後述する式(2)により、渦流放出構成部20における剥離点S1における境界層厚さを s 、気流制御装置11の表面を流れる気流の主流速度 U の関数で示すことができる。

【0081】

第2の実施の形態の気流制御装置11の動作は、第1の実施の形態の気流制御装置10

50

の動作と基本的に同様であるので、図 7 ~ 図 10 を参照して説明する。

【 0 0 8 2 】

図 7 に示すように、翼 7 0 の迎角を大きくすると、気流が渦流放出構成部 2 0 の交縁部 2 2 を通過する際に横渦が発生し、この横渦が流れ方向に断続的に放出される。この横渦は、交縁部 2 2 の下流側において、図 8 に示したような付着した状態と、図 9 に示したような剥離した状態を交互に繰り返す、非定常な状態となっている。

【 0 0 8 3 】

そして、この横渦が、下流に流下するにつれ、合体、成長し、境界層厚さが厚くなり、翼面上の剥離点 S において大規模な剥離泡として放出され、流れが大規模に剥離する。剥離点 S の位置は、翼 7 0 の形状や主流速度などによって定まる。

【 0 0 8 4 】

この大規模な剥離を生じる場合に、気流制御装置 1 1 を作動させる。第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 との間に放電用電源 5 1 によって交番電圧を印加して、表面上にプラズマを生じさせる。プラズマ中のイオンが電界から受ける力が気体に伝達されることで、プラズマ誘起流が発生する。

【 0 0 8 5 】

なお、プラズマ誘起流は、気流の流れ方向に流れるように発生させることが好ましい。プラズマ誘起流が発生すると、プラズマ誘起流により気流の境界層の低速度部分が加速され、速度分布に有効な影響を与える。

【 0 0 8 6 】

例えば、交番電圧を印加する際、電圧の印加を断続的に制御するパルス変調制御を行った場合、プラズマ誘起流は、この制御に対応して断続的に発生する。交縁部 2 2 の下流側における横渦の状態は、前述したように非定常な状態ではあるが、例えば、交番電圧を印加する周波数 f_c を、渦流放出構成部 2 0 から放出される渦流の卓越周波数 f_s に同調させると、交縁部 2 2 から放出されていた横渦が共鳴してエネルギーが注入され、横渦が強化される。

【 0 0 8 7 】

そして、強化されて断続的に放出された横渦どうしの干渉で縦渦が生じ、その縦渦構造によって境界層内の高速部分と低速部分の運動量の交換が進み、境界層の低速部分が顕著に加速される。

【 0 0 8 8 】

そのため、図 10 に示すように、大規模な剥離が抑えられ、気流の流れは翼表面に沿って付着するように流れる。これにより翼の場合、揚力が向上するなどの効果が得られる。なお、大規模な剥離が完全に抑えられない場合でも、気流の流れが翼側に引き寄せられることで圧力分布が改善され、揚力が向上するなどの効果が得られる。

【 0 0 8 9 】

図 15 は、第 2 の実施の形態の気流制御装置 1 1 における、図 1 の A - A 断面に相当する断面において、交縁部 2 2 を拡大して示す図である。なお、図 15 では、流れに対して気流制御装置 1 1 が負の傾斜角（図 15 では、左下方に傾いて傾斜する角度）を有するように設置された場合を示している。

【 0 0 9 0 】

図 15 に示すように、気流制御装置 1 1 が負の傾斜角（図 15 では、左下方に傾いて傾斜する角度）を有するように設置された場合、流れが交縁部 2 2 の曲面部分を流下するとともに境界層が厚くなり、ある境界層厚さになった時点で剥離して微細な横渦が放出される（剥離点 S 1）。

【 0 0 9 1 】

このように、気流制御装置 1 1 が負の傾斜角（図 15 では、左下方に傾いて傾斜する角度）を有するように設置された場合、剥離点 S 1 が渦流放出構成部 2 0 における下流部に位置する。そのため、渦流放出構成部 2 0 における下流部を曲面で構成された本実施の形態の気流制御装置 1 1 の適用が有効となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

このときの境界層厚さを s とすると、気流制御装置部分から微細な横渦の放出周波数は、卓越周波数 f_s を中心とするピークを有する分布となる。この卓越周波数 f_s は、次に示す式 (2) により、境界層厚さを s 、気流制御装置 1 0 の表面を流れる気流の主流速度 U の関数で示すことができる。

【 0 0 9 3 】

$$f_s = B \times U / s \quad \dots \text{式 (2)}$$

【 0 0 9 4 】

ここで、 B は定数である。

【 0 0 9 5 】

迎角がさらに負に大きくなり、気流制御装置 1 1 の負の傾斜角が大きくなった場合においても、剥離は境界層厚さが s に達した時点で発生するが、剥離点 S_1 の位置は、図 1 5 に示した位置とは異なる位置となる。しかし、剥離時の境界層厚さが s となるので、渦の放出周波数は、上記した式 (2) で示される卓越周波数 f_s となり、迎角が変化しても渦放出周波数は変化しない。

【 0 0 9 6 】

例えば、気流制御装置 1 1 において、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c を、渦流放出構成部 2 0 から放出される渦流の卓越周波数 f_s に同調させると、第 1 の実施の形態で説明したように、渦流の卓越周波数 f_s が交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c に収斂する。

【 0 0 9 7 】

気流制御装置 1 1 の周波数は、運用時の主流速度 U に対応させてデータ化された卓越周波数 f_s を用いればよく、迎角の変化に対しての対応が良好である。

【 0 0 9 8 】

上記したように、第 2 の実施の形態の気流制御装置 1 1 によれば、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c を制御することで、流体変動センサなどを備えることなく、変動する気流を容易かつ的確に制御することができる。また、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c は、渦流の放出周波数における卓越周波数 f_s に基づいて設定することができる。また、この卓越周波数 f_s は、渦流放出構成部 2 0 の幾何学的形状などで定めることができるため、気流の乱れ度や気流が流れる物体表面の状態などを考慮することなく、卓越周波数 f_s を容易に設定することができる。

【 0 0 9 9 】

(第 3 の実施の形態)

図 1 6 は、第 3 の実施の形態の気流制御装置 1 2 の斜視図である。図 1 7 は、第 3 の実施の形態の気流制御装置 1 2 における、図 1 6 の B - B 断面を示す図である。

【 0 1 0 0 】

第 3 の実施の形態の気流制御装置 1 2 は、表面を流れる気流を流れ方向に断続的に渦流として放出する渦流放出構成部 2 0 を備えている。この渦流放出構成部 2 0 は、図 1 6 および図 1 7 に示すように、気流が流れる構造部 1 0 0 の表面から、気流の流れ方向と垂直な方向に半円状に突出する突出部 1 1 0 で構成されている。なお、突出部 1 1 0 の形状は、半楕円状に構成されてもよい。また、気流制御装置 1 2 は、渦流放出構成部 2 0 の下流側に、一对の電極である、第 1 の電極 4 0 と第 2 の電極 4 1 とを備えている。

【 0 1 0 1 】

構造部 1 0 0 は、例えば、直方体または立方体からなる構造体で構成されている。構造部 1 0 0 を構成する材料は、第 1 の電極 4 0 および第 2 の電極 4 1 が構造部 1 0 0 に直接備えられた場合には、前述した誘電材料で構成される。また、電極部は、前述した取り外し可能な電極ユニット 6 0 として構成されてもよい。この場合には、構造部 1 0 0 を誘電材料で構成する必要はなく、用途に応じた任意の材料で構成することができる。

【 0 1 0 2 】

なお、渦流放出構成部 2 0 は、気流が流れる構造部の表面から、気流の流れ方向と垂直

10

20

30

40

50

な方向に、少なくとも上流側が曲面を有して突出する突出部で構成されていればよく、図 17 に示した構成に限られるものではない。図 18 は、第 3 の実施の形態の気流制御装置 12 の他の構成の、図 16 の B - B 断面に相当する断面を示す図である。

【0103】

図 18 に示すように、渦流放出構成部 20 は、気流が流れる構造部 100 の表面から、気流の流れ方向と垂直な方向に、上流側が曲面 110 a で、下流側が平面 110 b となる突出部 110 で構成されてもよい。なお、流れが剥離して微細な横渦が放出される剥離点 B1 は、曲面 110 a 上に存在する。すなわち、少なくとも、流れの剥離点 B1 よりも上流側は、曲面 110 a で構成される。

【0104】

図 19 は、第 3 の実施の形態の気流制御装置 12 における、図 16 の B - B 断面に相当する断面において、突出部 110 を拡大して示す図である。なお、図 19 では、流れに対して気流制御装置 12 が正の傾斜角（図 19 では、右下方に傾いて傾斜する角度）を有するように設置された場合を示している。また、突出部 110 としては、図 18 に示したものを例示して説明する。

【0105】

図 19 に示すように、気流制御装置 12 が正の傾斜角（図 19 では、右下方に傾いて傾斜する角度）を有するように設置された場合、流れが突出部 110 の曲面 110 a を流下するとともに境界層が厚くなり、ある境界層厚さになった時点で剥離する（剥離点 S1）。

【0106】

このように、気流制御装置 12 が正の傾斜角（図 19 では、右下方に傾いて傾斜する角度）を有するように設置された場合、剥離点 S1 が突出部 110 における上流部に位置する。そのため、突出部 110 における上流部を曲面で構成された本実施の形態の気流制御装置 12 の適用が有効となる。

【0107】

このときの境界層厚さを s とすると、剥離時の渦の放出周波数は、卓越周波数 f_s を中心とするピークを有する分布となる。この卓越周波数 f_s は、次に示す式（3）により、境界層厚さを s 、気流制御装置 10 の表面を流れる気流の主流速度 U の関数で示すことができる。

【0108】

$$f_s = C \times U / s \quad \dots \text{式(3)}$$

【0109】

ここで、 C は定数である。

【0110】

迎角がさらに正に大きくなり、気流制御装置 12 の正の傾斜角が大きくなった場合においても、剥離は境界層厚さが s に達した時点で発生するが、剥離点 S1 の位置は、図 19 に示した位置とは異なる位置となる。しかし、剥離時の境界層厚さが s となるので、渦の放出周波数は、上記した式（3）で示される卓越周波数 f_s となり、迎角が変化しても渦放出周波数は変化しない。

【0111】

渦流放出構成部 20 の突出部 110 の高さ H は、突出部 110 の最も上方に突出する点から表面 33 またはこれと同一平面上に引いた垂線の長さである。突出部 110 の高さ H は、気流制御装置 12 が適用される流体现象の代表長（翼の前縁剥離の場合は翼弦長）の 0.1% 以下、好ましくは 0.01% 以下程度に設定されることが好ましい。または、突出部 110 の高さ H は、レイノルズ数が $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^7$ の範囲内で実際の寸法が $5 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 以下、または $10 \times U / \nu$ 以下（ U は主流速、 ν は動粘度）に設定されることが好ましい。

【0112】

これらの範囲が好ましいのは、気流制御装置 12 の機能が不要でない場合に、その構造

10

20

30

40

50

が流体抵抗の原因にならない程度の突出部にする必要があり、摩擦抵抗を支配する乱流境界層の粘性低層の厚さ以下にする必要があるからである。

【0113】

第1の電極40、第2の電極41、ケーブル50および放電用電源51については、第1の実施の形態の気流制御装置10のそれぞれの構成と同じである。

【0114】

次に、第3の実施の形態の気流制御装置12の動作について説明する。

【0115】

第3の実施の形態の気流制御装置12の動作は、第1の実施の形態の気流制御装置10の動作と基本的に同様であるので、図7～図10を参照して説明する。

10

【0116】

図7に示すように、翼70の迎角を大きくすると、気流が突出部110を通過する際に横渦が発生し、この横渦が流れ方向に断続的に放出される。この横渦は、突出部110の下流側において、図8に示したような付着した状態と、図9に示したような剥離した状態を交互に繰り返す、非定常な状態となっている。

【0117】

そして、この横渦が、下流に流下するにつれ、合体、成長し、境界層厚さが厚くなり、翼面上の剥離点Sにおいて大規模な剥離泡として放出され、流れが大規模に剥離する。剥離点Sの位置は、翼70の形状や主流速度などによって定まる。

【0118】

この大規模な剥離を生じたときに、気流制御装置12を作動させる。第1の電極40と第2の電極41との間に放電用電源51によって交番電圧を印加して、表面上にプラズマを生じさせる。プラズマ中のイオンが電界から受ける力が気体に伝達されることで、プラズマ誘起流が発生する。

20

【0119】

なお、プラズマ誘起流は、気流の流れ方向に流れるように発生させることが好ましい。プラズマ誘起流が発生すると、プラズマ誘起流により気流の境界層の低速度部分が加速され、速度分布に有効な影を与える。

【0120】

例えば、交番電圧を印加する際、電圧の印加を断続的に制御するパルス変調制御を行った場合、プラズマ誘起流は、この制御に対応して断続的に発生する。突出部110の下流側における横渦の状態は、前述したように非定常な状態ではあるが、例えば、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c を、渦流放出構成部20から放出される渦流の卓越周波数 f_s に同調させると、突出部110から放出されていた横渦が共鳴してエネルギーが注入され、横渦が強化される。

30

【0121】

そして、強化されて断続的に放出された横渦どうしの干渉で縦渦が生じ、その縦渦構造によって境界層内の高速部分と低速部分の運動量の交換が進み、境界層の低速度部分が顕著に加速される。

【0122】

そのため、図10に示すように、大規模な剥離が抑えられ、気流の流れは翼表面に沿って付着するように流れる。これにより翼の場合、揚力が向上するなどの効果が得られる。なお、大規模な剥離が完全に抑えられない場合でも、気流の流れが翼側に引き寄せられることで圧力分布が改善され、揚力が向上するなどの効果が得られる。

40

【0123】

ここで、上記した交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c は、前述した式(3)の関係式から算出された、渦流の放出周波数における卓越周波数 f_s に基づいて設定される。なお、周波数 f_c は、卓越周波数 f_s と完全に等しくなくとも、卓越周波数 f_s に対して $\pm 10\%$ の範囲の値であれば気流制御の十分な効果が得られる。渦流の卓越周波数 f_s と、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c とが

50

等しくない場合には、卓越周波数 f_s が周波数 f_c に収斂する。

【0124】

気流制御装置 12 では、上記した形状の突出部 110 を備えることで、翼の迎角が変化しても、境界層の厚さがある一定値を超えたところで剥離するため、ほぼ一定の放出周波数で渦流を放出することができる。

【0125】

上記したように、第3の実施の形態の気流制御装置 12 によれば、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c を制御することで、流体変動センサなどを備えることなく、変動する気流を容易かつ的確に制御することができる。また、交番電圧を印加する周波数またはパルス変調制御の周波数 f_c は、渦流の放出周波数における卓越周波数 f_s に基づいて設定することができる。また、この卓越周波数 f_s は、渦流放出構成部 20 の幾何学的形状などで定めることができるため、気流の乱れ度や気流が流れる物体表面の状態などを考慮することなく、卓越周波数 f_s を容易に設定することができる。

10

【0126】

以上説明した実施形態によれば、流体変動センサなどを備えることなく、変動する気流を容易かつ的確に制御することが可能となる。

【0127】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

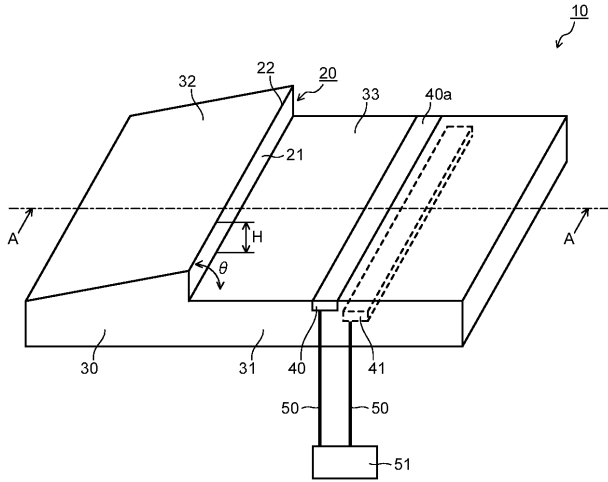
20

【符号の説明】

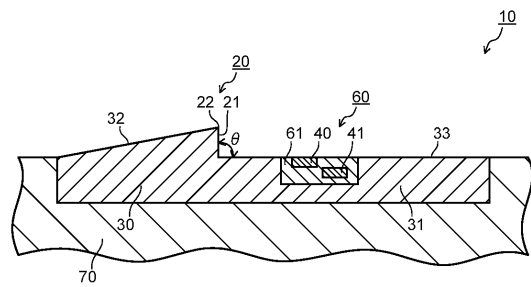
【0128】

10, 11, 12 ... 気流制御装置、20 ... 渦流放出構成部、21 ... 段差部、22 ... 交縁部、30 ... 上流側構造部、31 ... 下流側構造部、32, 33, 40a ... 表面、40 ... 第1の電極、41 ... 第2の電極、50 ... ケーブル、51 ... 放電用電源、60 ... 電極ユニット、61 ... 誘電構造体、70 ... 翼、100 ... 構造部、110 ... 突出部。

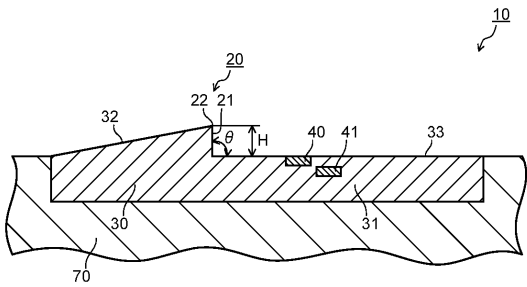
【 図 1 】



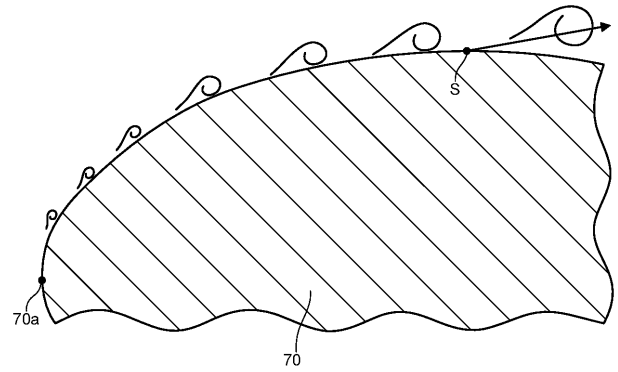
【 図 3 】



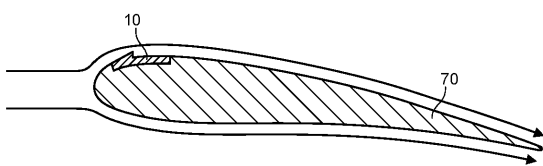
【 図 2 】



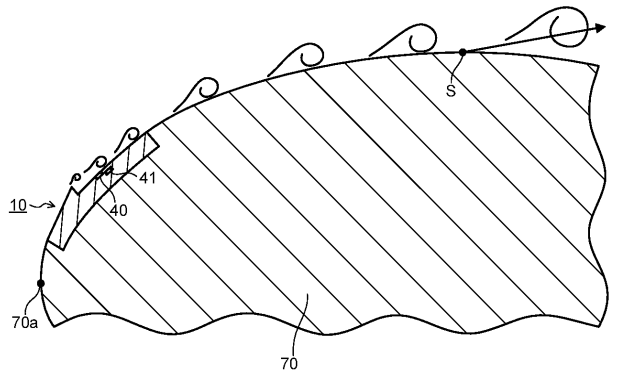
【 図 4 】



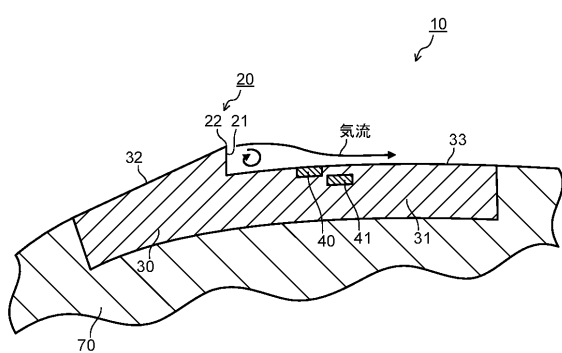
【 図 5 】



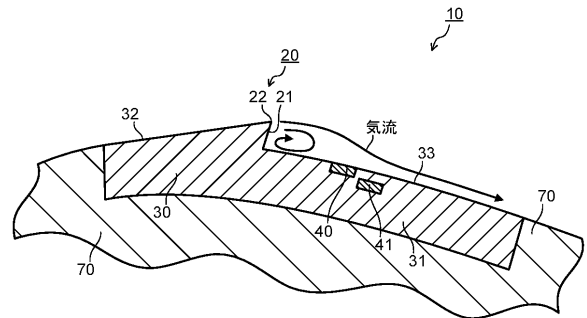
【 図 7 】



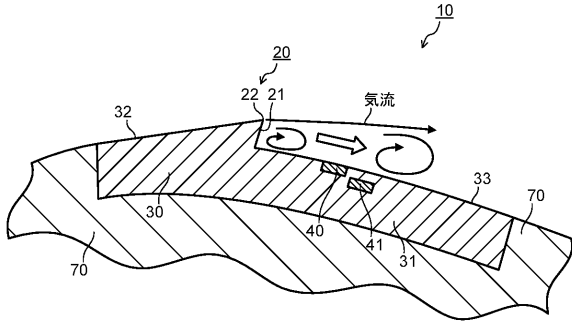
【 図 6 】



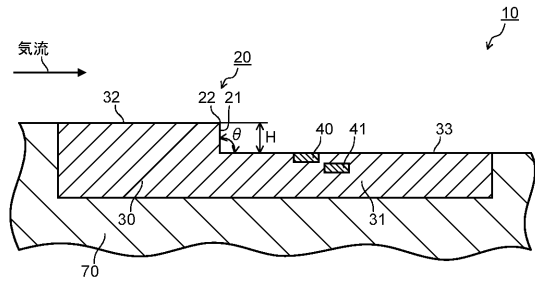
【 図 8 】



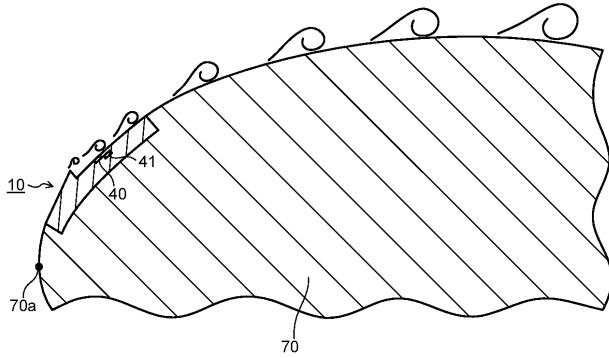
【図9】



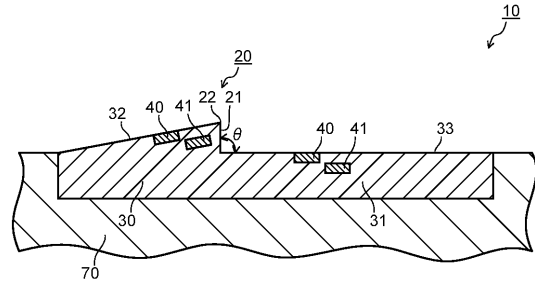
【図11】



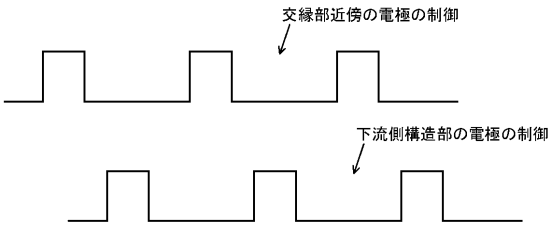
【図10】



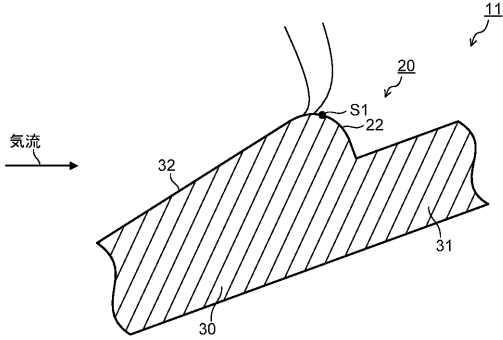
【図12】



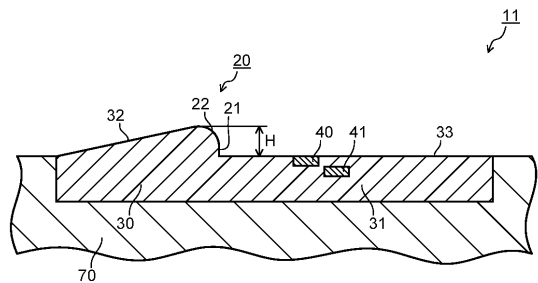
【図13】



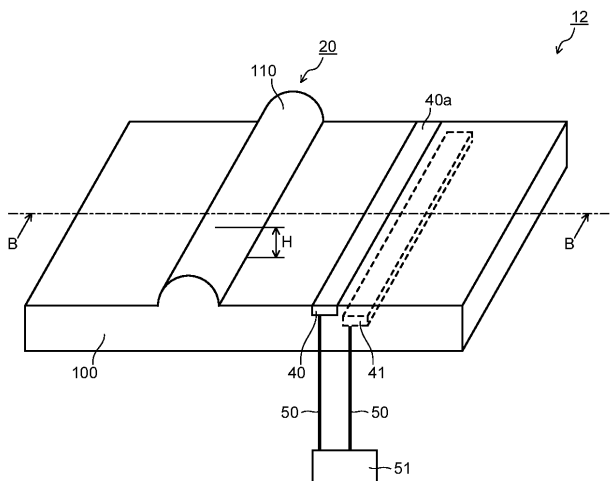
【図15】



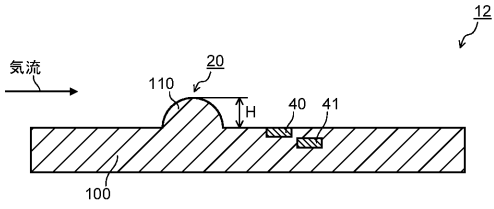
【図14】



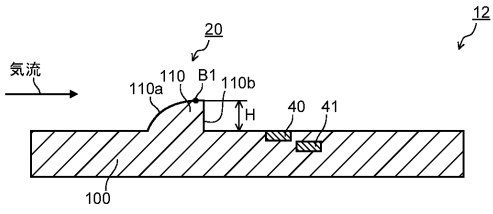
【図16】



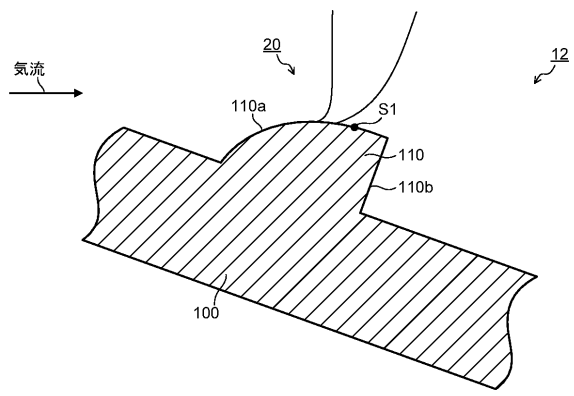
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 五嶋 祥平
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 志村 尚彦
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 和田 国彦
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 尾崎 多文
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 大迫 俊樹
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 浅山 雅弘
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 内田 裕
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内