

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5097730号
(P5097730)

(45) 発行日 平成24年12月12日 (2012. 12. 12)

(24) 登録日 平成24年9月28日 (2012. 9. 28)

(51) Int.Cl.
F 0 3 D 7 / 0 4 (2006. 01)

F 1
F 0 3 D 7 / 0 4 B

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-42378 (P2009-42378)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成21年2月25日 (2009. 2. 25)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2010-196591 (P2010-196591A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成22年9月9日 (2010. 9. 9)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成23年10月12日 (2011. 10. 12)		ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	吉田 茂雄
			東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士重工業株式会社内
		審査官	大谷 謙仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水平軸風車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ティータドロータと、
前記ティータドロータを軸支する主軸と
前記ティータドロータのロータ回転面に対して垂直な方向に移動可能に前記ティータドロータに取付けられたカウンタマスと、
前記ティータドロータのアジマス角を計測するアジマス角計測手段と、
前記ティータドロータのティータ角を計測するティータ角計測手段と、
前記アジマス角計測手段の計測値及び前記ティータ角計測手段の計測値に基づき前記カウンタマスの位置を制御して、前記カウンタマスの自重により生じるティータ軸回りのモーメントを増減させることにより前記ティータドロータのロータ回転面を傾動制御するティータ角制御手段とを備える水平軸風車。

【請求項 2】

前記ティータドロータに進入する風の吹上角を計測する吹上角計測手段と、
前記吹上角計測手段の計測値、前記主軸のティルト角、前記アジマス角計測手段の計測値及び前記ティータ角計測手段の計測値に基づき、風に対する前記ロータ回転面の上下角を算出する演算手段とを備え、
前記ティータ角制御手段は、前記演算手段の算出する上下角に基づき前記ロータ回転面を傾動制御する請求項 1 に記載の水平軸風車。

【請求項 3】

前記ティータ角制御手段は、前記演算手段の算出する上下角を減少させるように前記ロータ回転面を傾動制御する請求項2に記載の水平軸風車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ティータドロータを有した水平軸風車のティータ角制御に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、1枚翼又は2枚翼のロータにおいてロータ面外方向にシーソー運動を許すティータドロータを採用した水平軸風車が実用化されている。図11に示すのは2枚翼のティータドロータの例である。このティータドロータ91は、主軸92に取付けられるハブ93と、ハブ93に取付けられるブレード94、94とを備えて構成される。ハブ93、及びブレード94、94は主軸92とともに回転する。ハブ93は、主軸92の回転軸と略垂直に交わるとともにロータ回転面に存在するティータ軸A回りに主軸92に対し矢印Bのようにロータ91を回動自在にするヒンジを構成し、ダンパー95を有してティータ軸A回りにロータ91に加わる荷重に応じた角度の変位を許すものである。この変位をティータ角と呼ぶ。主軸92は略水平方向に延在してナセル（図示せず）に回転自在に支持される。一般に、主軸は水平に対する角度（ティルト角）を持って設置され、ナセルはタワーによってヨー回転自在に支持される。

【0003】

一方、ブレードのピッチ角を制御する手段を有した水平軸風車も利用されている。2枚翼以上の場合に、1枚のブレード毎独立してピッチ角を制御する技術も利用されている。特許文献1には、ブレードのアジマス角を検出してブレード毎にピッチ角を制御する技術が記載されている。

【0004】

特許文献2には、ブレードのピッチ制御装置と、ナセルのヨー角制御装置とを有した水平軸風車が記載されている。同文献記載の風車においては、風向風速計の検出値に基づきピッチ制御装置、ヨー角制御装置を制御する。

【0005】

特許文献3には、ロータの方位角に応じて主軸のティルト角を変化させる機構を有した水平軸風車が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2005-83308号公報

【特許文献2】特開2007-285214号公報

【特許文献3】特開2003-35249号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ティータドロータを採用する場合において、風車が大型化しブレードの撓みが大きくなると、重量バランスが崩れティータ角が大きく変化し、ロータが風下側に傾倒する傾向がある。この場合、吹上風に対するロータのミスアラインメント（風に対する正対からの上下のずれ）が大きくなりロータ回転の効率の低下がもたれされるとともに、翼などの変動荷重の増大をもたらしロータの耐久性が問題となる。

本発明は以上の従来技術に鑑みてなされたものであって、主軸（ナセル）のティルト角制御装置、ブレードのピッチ制御装置を用いることなく、一定の範囲においてロータ回転面の上下角を制御でき、風向の上下角変化に対応することができるティータドロータを有した水平軸風車を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

以上の課題を解決するための請求項1記載の発明は、ティータドロータと、
前記ティータドロータを軸支する主軸と
前記ティータドロータのロータ回転面に対して垂直な方向に移動可能に前記ティータドロータに取付けられたカウンタマスと、
前記ティータドロータのアジマス角を計測するアジマス角計測手段と、
前記ティータドロータのティータ角を計測するティータ角計測手段と、
前記アジマス角計測手段の計測値及び前記ティータ角計測手段の計測値に基づき前記カウンタマスの位置を制御して、前記カウンタマスの自重により生じるティータ軸回りのモーメントを増減させることにより前記ティータドロータのロータ回転面を傾動制御するティータ角制御手段とを備える水平軸風車である。

10

【0009】

請求項2記載の発明は、前記ティータドロータに進入する風の吹上角を計測する吹上角計測手段と、
前記吹上角計測手段の計測値、前記主軸のティルト角、前記アジマス角計測手段の計測値及び前記ティータ角計測手段の計測値に基づき、風に対する前記ロータ回転面の上下角を算出する演算手段とを備え、
前記ティータ角制御手段は、前記演算手段の算出する上下角に基づき前記ロータ回転面を傾動制御する請求項1に記載の水平軸風車である。

20

【0010】

請求項3記載の発明は、前記ティータ角制御手段は、前記演算手段の算出する上下角を減少させるように前記ロータ回転面を傾動制御する請求項2に記載の水平軸風車である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、アジマス角計測値及びティータ角計測値に基づきカウンタマスの位置を制御してカウンタマスの自重により生じるティータ軸回りのモーメントを増減させることによりティータドロータのロータ回転面を傾動制御するので、主軸（ナセル）のティルト角制御装置、ブレードのピッチ制御装置を用いることなく、ロータ回転面が主軸に対して傾動可能な範囲においてロータ回転面の上下角を制御できるという効果がある。これにより傾倒したロータを起すことができる。

30

【0012】

風に対するロータ回転面の上下角を検知する構成を搭載することにより、ロータ回転面が主軸に対して傾動可能な範囲において、上下の風向変化にロータ回転面を追従制御することも可能となる。すなわち、主軸（ナセル）のティルト角制御装置を設けなくとも、一定範囲の上下の風向変化であれば、ロータ回転面を主軸に対して上下に傾動させることで、例えば複雑地形における吹上角変化や浮体式洋上風車における風車全体のピッチ角変化に対応してロータ回転面を風に対して正対するように又は正対に近づくように制御することができ、これによりロータの回転効率の向上と疲労荷重の低減を図ることができる。なお、風車全体のピッチ角変化は、風車に搭載される吹上角計測手段の傾き変化を伴うから、吹上角計測手段の計測値に反映される。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明一実施形態に係る一例の1枚翼式水平軸風車の模式図であって、(a)は全体側面図、(b)は部分詳細側面図、(c)は部分詳細正面図である。

【図2】本発明一実施形態に係る他の例の1枚翼式水平軸風車の模式図であって、(a)は全体側面図、(b)は部分詳細側面図、(c)は部分詳細正面図である。

【図3】本発明一実施形態に係る一例の2枚翼式水平軸風車の模式図であって、ロータ垂直時における(a)は全体側面図、(b)は部分詳細側面図、(c)は部分詳細正面図である。

【図4】本発明一実施形態に係る一例の2枚翼式水平軸風車の模式図であって、ロータ水平時における(a)は全体側面図、(b)は部分詳細側面図である。

50

【図 5】パラメータの定義のための回転軸方向から見たティータドロータの模式図である。

【図 6】パラメータの定義のためのティータ軸方向から見たティータドロータの模式図である。

【図 7】パラメータの定義のための横から見たティータドロータの模式図である。

【図 8】パラメータの定義のための横から見たティータドロータの模式図である。

【図 9】本発明一実施形態に係る水平軸風車に搭載される制御装置の演算・制御内容を示したブロックである。

【図 10】本発明第 2 実施形態に係る発明の作用を説明するための風車側面図である。

【図 11】2 枚翼のティータドロータの中心部の側面図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に本発明の一実施形態につき図面を参照して説明する。以下は本発明の一実施形態であって本発明を限定するものではない。

【0015】

〔第 1 実施形態〕

まず、第 1 実施形態について説明する。

図 1 に示すように本水平軸風車は、ブレード 1 がハブ 2 に取付けられてなるティータドロータと、ティータ軸 3 を介してハブに接続される主軸 4 と、主軸 4 によりティータドロータを回転自在に軸支するナセル 5 と、ナセル 5 をヨー回転自在に支持するタワー 6 と、カウタマス（重り）7 と、アクチュエータ 8 とを備えて構成される。カウタマス 7 は、アクチュエータ 8 を介してハブ 2 に取付けられている。カウタマス 7 は、アクチュエータ 8 によりティータドロータのロータ回転面に対して垂直な方向 B に移動する。

20

【0016】

本実施形態においては、ボールねじ式のアクチュエータ 8 を例示した。他の方式のリニアアクチュエータを適用してもよい。さらに他の例としては、図 2 に示すような回転式アクチュエータ 10 の回転する腕の端部にカウタマス 9 を固定し、カウタマス 9 を矢印 C のように振り子状に前後に移動する構成が挙げられる。

2 枚翼の場合は、図 3 及び図 4 に示すように、ブレード取付面から主軸 4 回りに 90 度異なった部位に相当する両側部にカウタマス 7、7 を、アクチュエータ 8、8 を介して取付けることで実施することができる。この場合も図 1 の一枚翼の例と同様、アクチュエータ 8、8 によりカウタマス 7、7 はティータドロータのロータ回転面に対して垂直な方向 B に移動する。なお、この両側部にカウタマス 7、7 を取付ける構成は、1 枚翼風車に対しても適用することができる。

30

【0017】

また本水平軸風車は、ティータドロータのアジマス角、ティータ角を計測する手段として、アブソリュートエンコーダやポテンションメータなどを備える。本水平軸風車は、ティータドロータに進入する風の吹上角を計測する吹上角計測手段として三次元超音波風速計などを備える。

さらに本水平軸風車は、各計測装置及びアクチュエータ 8 に接続される制御装置を備える。制御装置はティータ角制御手段及び演算手段を構成する。

40

【0018】

次に、図 5 から図 8 を参照して各パラメータにつき説明する。図 5 は、回転軸方向から見たティータドロータの模式図、図 6 は、ティータ軸方向から見たティータドロータの模式図、図 7 及び図 8 は、横から見たティータドロータの模式図である。

【0019】

図 5 ～図 8 において、TR はティータドロータ、D はティータドロータ TR の回転面を示す。図 7 及び図 8 において、WU は吹上風向を示す。図 5 に示すように ϕ はティータドロータ TR のアジマス角である。

図 6 に示すように β はティータドロータ TR のティータ角であり、MA は主軸、RA は

50

ティータドロータTRの垂直軸である。図7に示すように、ティータ角 β がゼロのとき、主軸MAとロータ垂直軸RAは一致する。

図7及び図8に示すように、水平基準線THは吹上角 γ がゼロとなる風向き方向を示す。水平基準線THは原則的に水平線に一致するが、浮体式洋上風車等の非固定式風車にあっては変動する。非固定式風車にあっては、水平基準線THの変動によっても計測上吹上角 γ が増減する。

図7に示すように、 α_0 は主軸MAのティルト角である。

図8に示すように、 α は水平基準線THに対するロータ回転面Dの上下角であり、ロータ垂直軸RAが水平基準線THに一致するとき0と定義する。 α_0 、 α はロータの風を受ける面が下向きのとき負と定義する。 $\Delta\alpha$ は、吹上風向WUに対するロータ回転面Dの上下角であり、ロータ垂直軸RAが吹上風向WUに一致するとき0と定義する。

10

【0020】

図9は、本水平軸風車に搭載される制御装置の演算・制御内容を示したブロックである。図9においてWTGは、制御装置CTを除く風力発電機の全体を示すブロックであり、ティータドロータの水平軸風車、各計測装置及びアクチュエータ8が含まれる。制御装置CTのみ別ブロックで示す。制御装置CTは、風力発電機WTGに搭載された計測装置からアジマス角 ϕ 、ティータ角 β 、吹上角 γ を取得する。

【0021】

まず制御装置CTは、計測装置から入力された(ϕ , β)に基づきブロックB1内に示す数式の通りに計算して、 α を算出する。ここで、ティルト角 α_0 を有さないティータドロータの場合はティルト角 α_0 を0として計算する。

20

次に、制御装置CTは、ブロックB1で算出した α と、計測装置から入力された γ を用いて、ブロックB2内に示す数式の通りに計算して、 $\Delta\alpha$ を算出する。

制御装置CTは、ブロックB2で算出した $\Delta\alpha$ にローパスフィルタLPFを適用する。なお、必要に応じてローパスフィルタLPFに代えてバンドパスフィルタ等、他のタイプのフィルタを用いても良い。

制御装置CTは、ローパスフィルタLPFを通過した $\Delta\alpha_L$ を用いて、ブロックB3内に示す数式の通りに計算して、PI制御によりカウンタマス7の位置指令値 e を算出し、アクチュエータ8に出力する。なお、PI制御に限らず例えばPID制御を適用しても良い。

30

【0022】

以上のようにして制御装置CTは、カウンタマス7のアクチュエータ8に指令を与えてカウンタマス7の位置を制御し、カウンタマス7の自重により生じるティータ軸3回りのモーメントを増減させる。これによりティータドロータTRのティータ角はサイクリックに動作しロータ回転面Dが上下に傾動する。

すなわち、図1(a)においてカウンタマス7をナセル5側に移動させることによって図面上反時計回りのモーメントを発生、増大してロータ回転面Dを反時計回りに傾動させることができ、カウンタマス7を反対方向に移動させることによって図面上時計回りのモーメントを発生、増大してロータ回転面Dを時計回りに傾動させることができる。

上記位置指令値 e を、上記演算により算出された上下角 $\Delta\alpha$ を0とする又は減少させる位置指令として設定することにより、制御装置CTは、風向の上下角に対して正対するように又は正対に近づくようにロータ回転面Dを上下に傾動制御する。

40

【0023】

〔第2実施形態〕

次に、第2実施形態について説明する。

上記第1実施形態にあっては、吹上角を計測して風向の上下角に対して正対するようにロータ回転面Dを上下に傾動制御したが、本実施形態においては、吹上角計測手段を設けず、ロータの倒れを直す場合につき説明する。

【0024】

ハードウェア構成としては、上記第1実施形態と同じである。但し、吹上角計測手段を

50

使用しないので、これを設ける必要は無い。

制御処理内容としては、図 9 において $\gamma = 0$ とした制御を適用する。

以上により、制御装置 C T は、ロータ回転面 D が傾くことがあってもロータ回転面 D を垂直に直すように上下に傾動制御する。その作用を図 10 を参照して説明する。

【0025】

図 10 (a) に示すようにロータに風力荷重 F が負荷される。主軸 4 より上側の風力荷重と下側の風力荷重の不均衡があると、風力荷重 F を受けてロータがティータ軸 3 回りに傾く。そのためティータ角 β が増大する。図 10 (b) に示すように風力荷重 F によりブレード 1 が撓むと、ブレード 1 の重心が風下側に移動するため、図 10 (c) に示すようにさらにロータの倒れが大きくなりティータ角 β がさらに増大する。

10

以上のような状況が生じたとき、所定大きさ以上のティータ角 β が所定時間以上継続すれば、制御装置 C T は制御指令をアクチュエータ 8 に入力する。すると、アクチュエータ 8 は、図 10 (d) の矢印 G に示すようにカウンタマス 7 を風上側に移動させる。カウンタマス 7 の自重によりティータ軸 3 回りにロータを起すモーメント M が発生し、ロータが起される。

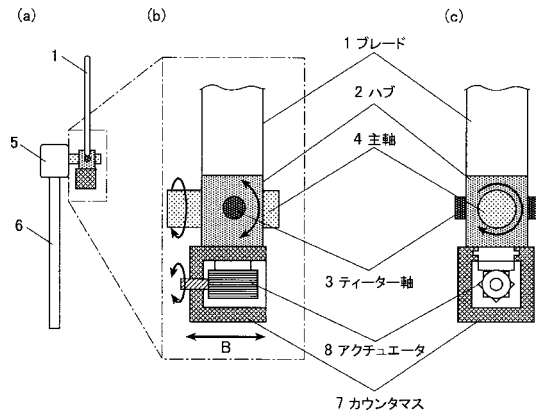
以上のようにしてロータ回転面 D の倒れを復旧し、ロータ回転面 D の倒れを抑制することができる。

【符号の説明】

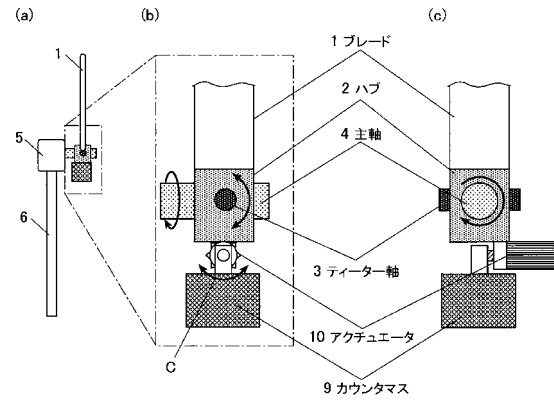
【0026】

1	ブレード	20
2	ハブ	
3	ティータ軸	
4	主軸	
5	ナセル	
6	タワー	
7	カウンタマス	
8	アクチュエータ	
9	カウンタマス	
10	アクチュエータ	
A	ティータ軸	30
C T	制御装置	
D	ロータ回転面	
L P F	ローパスフィルタ	
M A	主軸	
R A	ロータ垂直軸	
T H	水平基準線	
T R	ティータドロータ	
W T G	風力発電機	
W U	吹上風向	
β	ティータ角	40
γ	吹上角	
ϕ	アジマス角	

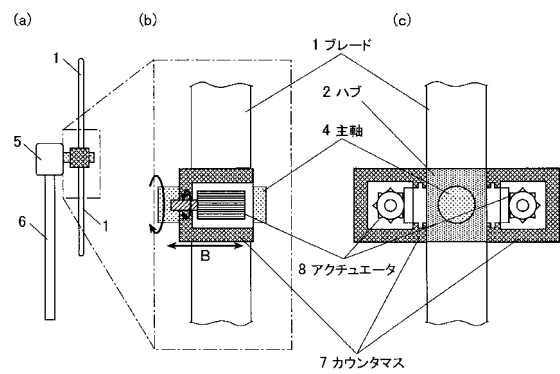
【図 1】



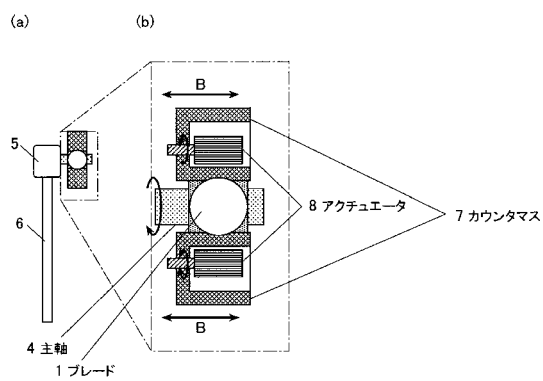
【図 2】



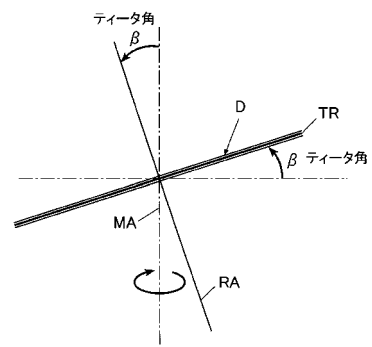
【図 3】



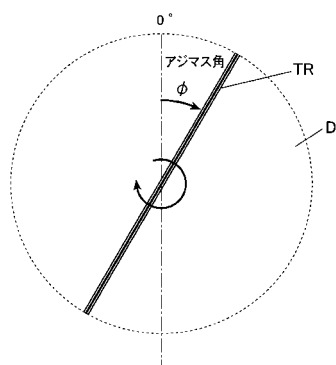
【図 4】



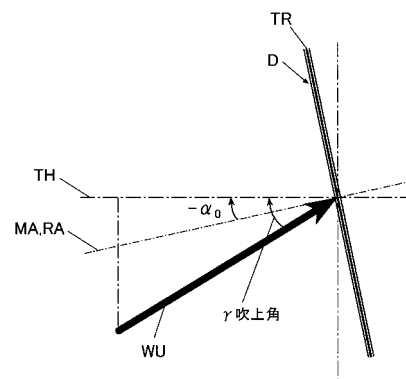
【図 6】



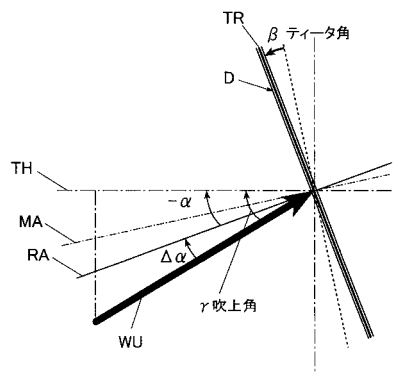
【図 5】



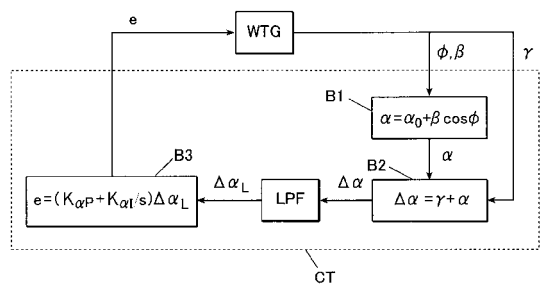
【図 7】



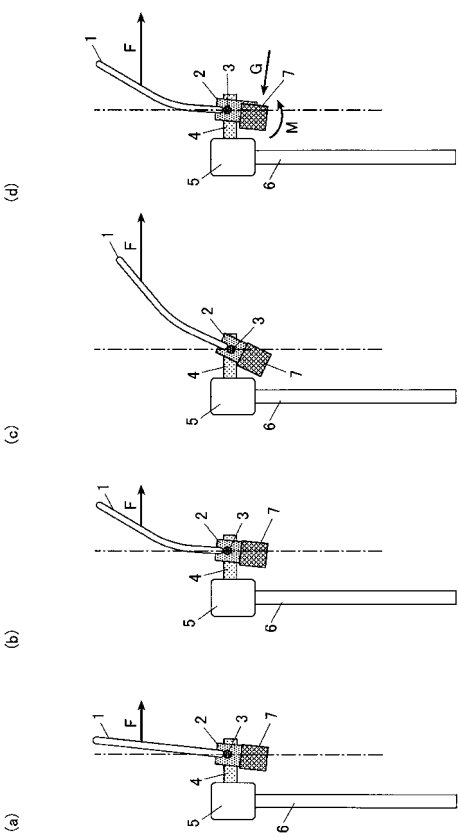
【図 8】



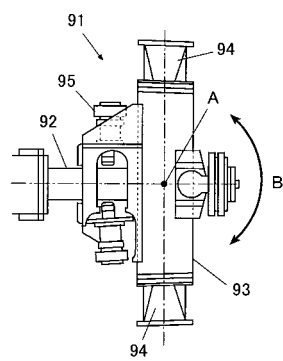
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-288336 (JP, A)
特開昭64-000366 (JP, A)
特開2003-166462 (JP, A)
特表2011-515624 (JP, A)
特開2010-168937 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F03D 7/04