

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5558120号
(P5558120)

(45) 発行日 平成26年7月23日 (2014. 7. 23)

(24) 登録日 平成26年6月13日 (2014. 6. 13)

(51) Int.Cl.

F I

FO I D 25/12 (2006. 01)

FO I D 25/00 (2006. 01)

FO I D 25/12 B

FO I D 25/00 F

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2010-4057 (P2010-4057)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成22年1月12日 (2010. 1. 12)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2011-144704 (P2011-144704A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成23年7月28日 (2011. 7. 28)	(74) 代理人	100145816
審査請求日	平成24年11月6日 (2012. 11. 6)		弁理士 鹿股 俊雄
		(74) 代理人	100122921
			弁理士 志村 博
		(72) 発明者	伊藤 勝康
			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	佐藤 岩太郎
			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】 蒸気タービンのロータ冷却装置及びこの冷却装置を備えた蒸気タービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外輪、複数の静翼及び内輪からなるダイアフラムとロータホイールに固定された複数の動翼を有する蒸気タービンのロータ冷却装置において、

前記外輪に設けた外部の冷却蒸気が供給される環状の外輪キャビティと、前記内輪に設けた環状の内輪キャビティと、前記静翼に設けた前記外輪キャビティと前記内輪キャビティを連通する半径方向冷却孔と、前記内輪に設けた前記内輪キャビティとホイールスペースを連通する前記冷却蒸気の吹出し孔とを備え、

前記吹出し孔を、静翼上流側に設けたことを特徴とする蒸気タービンのロータ冷却装置。

【請求項 2】

前記吹出し孔をさらに静翼下流側に設け、かつ静翼下流側の前記ロータホイールの動翼根元部にバランスホールを設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の蒸気タービンのロータ冷却装置。

【請求項 3】

各段落における前記外輪キャビティ同士を連通する静止部連通孔を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の蒸気タービンのロータ冷却装置。

【請求項 4】

外輪、複数の静翼及び内輪からなるダイアフラムとロータホイールに固定された複数の動翼を有する蒸気タービンのロータ冷却装置において、

前記外輪に設けた外部の冷却蒸気が供給される環状の外輪キャビティと、前記内輪に設けた環状の内輪キャビティと、前記静翼に設けた前記外輪キャビティと前記内輪キャビティを連通する半径方向冷却孔と、前記内輪に設けた前記内輪キャビティとホイールスペースを連通する前記冷却蒸気の吹出し孔とを備え、

前記静翼上流側のホイールスペースと隣接する下流段における静翼上流側のホイールスペースを連通するロータ内連通孔を設けたことを特徴とする蒸気タービンのロータ冷却装置。

【請求項 5】

前記吹出し孔を、静翼上流側に設けたことを特徴とする請求項 4 に記載の蒸気タービンのロータ冷却装置。

10

【請求項 6】

前記半径方向冷却孔は、前記複数の静翼の各々に設けたことを特徴とする請求項 1 ないし 5 に記載の蒸気タービンのロータ冷却装置。

【請求項 7】

前記ホイールスペースから主蒸気通路部に吹出す冷却蒸気の流量は、主蒸気が前記ホイールスペース内へ流れ込むことを防止する最小流量以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の蒸気タービンのロータ冷却装置。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の蒸気タービンのロータ冷却装置を各段落に設けたことを特徴とする蒸気タービンのロータ冷却装置。

20

【請求項 9】

冷却蒸気を供給する配管に流量調整可能な弁又はオリフィスを設けたことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の蒸気タービンのロータ冷却装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の蒸気タービンのロータ冷却装置を備えた蒸気タービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蒸気タービンに外部から冷却蒸気を供給しロータを冷却する蒸気タービンのロータ冷却装置及びこの冷却装置を備えた蒸気タービンに関する。

30

【背景技術】

【0002】

火力発電設備の高温部の大半には製造性や経済性に優れたフェライト系耐熱鋼が使用されてきた。蒸気タービン発電設備においても、蒸気条件が一般に 600℃ 級以下の蒸気温度であることから、蒸気タービンのロータ、翼等の主要部材にはフェライト系耐熱鋼が用いられている。しかし近年は、環境保全を背景とした火力発電設備の高効率化が積極的に進められ、600℃ 程度の高温蒸気を利用した蒸気タービンが運転されており、このような蒸気タービンにおいては、フェライト系耐熱鋼の諸特性では要求特性を満足できない部品が少なからずある。

40

【0003】

このため、より高温特性に優れた耐熱合金やオーステナイト系耐熱鋼が使用されている例もある。ところが、オーステナイト系材料は、大型鋼塊の製造に限界があって、蒸気タービンの各部品に適用するのは困難であり、650℃ 以上の高温蒸気を利用した蒸気タービンに対しては、オーステナイト系材料の使用を少なくした構造にすることが提案されている。

【0004】

また、地球環境保護の観点から、CO₂、SO_x、NO_x の発生量抑制のために更なる高効率化へのニーズが高まる状況にある。火力発電設備のプラント熱効率を高効率化するためには、蒸気温度の向上が最も有効な手段の一つであって、700℃ 級の蒸気タービン

50

の開発が検討されている。蒸気温度を700℃以上にする場合については、いくつかの解決すべき問題があり、特にタービン構成部品の強度保証を如何にして行うかについては重要な開発課題である。

【0005】

従来、ロータ、ノズル、動翼、ノズルボックス（蒸気室）、蒸気供給管等のタービン構成部品に改良された耐熱鋼を使用していたが、蒸気温度が700℃以上になると、タービン構成部品の強度保証を高く維持させることが難しくなりつつある。このため、従来の改良された耐熱鋼をタービン構成部品にそのまま使用しても強度保証を高く維持できる新たな技術の実現が望まれており、特に、ロータは、運転中遠心力により高応力場となるため十分な高温強度を有するように冷却する必要がある。

10

【0006】

そこで、ロータ内に冷却蒸気を流通させて冷却することが提案されているが、この場合、回転場であるロータ内をスムーズに冷却蒸気を流通させるとともに、高温の主蒸気がロータ冷却領域へ流入するのを防止するだけの冷却蒸気流量を確保することは困難である。また、冷却のために多量の冷却蒸気を主蒸気通路部に流入させると、タービン内部効率低下に繋がり、ひいてはプラント全体の熱効率低下を招く可能性がある。

【0007】

一方、特許文献1においては、冷却蒸気をホイールスペースに吹出してロータを冷却する装置が提案されている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開昭63-230904号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記特許文献1の第1図の例では、ケーシングを貫通した蒸気配管は、ダイヤフラム内を貫通するのか、ダイヤフラムとは別の冷却通路を形成するのか不明である。蒸気配管は、吹出し孔に直結されており、冷却蒸気を吹出し孔に対し均一な圧力で供給するのは困難である。第3図の例では、個々の静翼に対して蒸気配管を設けておらず、また、冷却蒸気の円周方向流路があり、吹出し孔からの冷却蒸気が動翼根元部に均一に流入することを意図しているが、各吹出し孔に対する冷却蒸気圧力の十分な均一性は確保されない。

30

【0010】

本発明は、上記のような問題点に鑑みなされたもので、冷却蒸気をダイヤフラムの内輪の吹出し孔に対しより均一な圧力で供給し、高温蒸気で駆動する蒸気タービンの効率を低下させずに、熱効率をより一層向上させる蒸気タービンのロータ冷却装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

40

上記課題を解決するため、本発明の蒸気タービンのロータ冷却装置及びこの冷却装置を備えた蒸気タービンは、外輪、複数の静翼及び内輪からなるダイヤフラムとロータホイールに固定された複数の動翼を有する蒸気タービンのロータ冷却装置において、前記外輪に設けた外部の冷却蒸気が供給される環状の外輪キャビティと、前記内輪に設けた環状の内輪キャビティと、前記静翼に設けた前記外輪キャビティと前記内輪キャビティを連通する半径方向冷却孔と、前記内輪に設けた前記内輪キャビティとホイールスペースを連通する前記冷却蒸気の吹出し孔とを備え、前記吹出し孔を、静翼上流側に設けたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

50

本発明によれば、冷却蒸気をダイアフラムの内輪の吹出し孔に対しより均一な圧力で供給し、冷却蒸気の吹出しによりロータを冷却できる。これにより高温蒸気で駆動する蒸気タービンの効率を低下させずに、熱効率をより一層向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態1に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図。

【図2】ロータ冷却部への主流流れ込みを防止する冷却蒸気流量を説明するための図。

【図3】本発明の実施形態2に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図。

【図4】本発明の実施形態3に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図。

【図5】本発明の実施形態4に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の各実施形態について図面を参照して説明する。実施形態2以降では、実施形態1と共通する点については説明を省略する。

【0015】

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図である。

【0016】

図1において、主蒸気通路部の右方が上流であり、左方が下流である。蒸気タービンの静止側は、外部ケーシング1、内部ケーシング2、各段落のダイアフラム3より構成され、ダイアフラム3は、外輪4、複数の静翼5、内輪6からなる。回転側は、各段落にロータホイール8が形成されたホイール型のロータ7と、ロータホイール8に植え込み固定された複数の動翼9より構成されている。また、内輪6と前後のロータホイール8間の空間はホイールスペース11a、11bが形成されており、この空間は主蒸気通路部とはシールフィン等のホイールスペースシール部12a、12bにより主蒸気のホイールスペース11a、11bへの流れ込みを防止する構造となっている。内輪側のロータ7と相対する側には、ラビリンスパッキンが埋め込まれたパッキンリング10が取り付けられており、静翼上流側のホイールスペース11aから下流側のホイールスペース11bへの蒸気の漏れをシールする構造となっている。

【0017】

本発明に採用される構造として、内部ケーシング2と内側の外輪3との間には冷却蒸気供給用の外輪キャビティ15が環状に設けられており、この部位に外部から外部ケーシング1を通して冷却蒸気を供給する冷却蒸気供給配管13が接続している。

【0018】

冷却蒸気供給配管13は、外部ケーシング1、内部ケーシング2を貫通するが、先端が内部ケーシング2の冷却蒸気導入口14に配置される。このような構成とすることで、外輪キャビティ15に接続する冷却蒸気供給配管13は、静翼5の枚数とは関係なくなり、周方向に必要な本数となり構造的に簡素化される。内輪6にはパッキンリング10が嵌め込まれる部位に環状の内輪キャビティ17が形成されており、上記外輪キャビティ15と内輪キャビティ17は、複数の静翼5の各々に設けられた半径方向冷却孔16により連通している。更に、内輪キャビティ17からは静翼上流側のホイールスペース11aに連通し、冷却蒸気を吹出す吹出し孔18が周方向に複数設けられている。内輪キャビティ17を設けることで吹出し孔18は、静翼5の枚数とは関係なくなり、必要な孔数のみとすることが可能となる。なお、半径方向冷却孔16は、1段落における全ての静翼5に設けず、一部の複数の静翼5に設けてもよい。

【0019】

これらの構造は、冷却が必要なタービン段落毎に設けられており、各段落には個々に冷却蒸気が外部から供給される。更に各冷却蒸気供給配管13には個別に流量調整弁19が設けられている。

【0020】

次に、本実施形態の作用について説明する。

外輪キャビティ15に供給された冷却蒸気は、本キャビティ内で周方向に均一な圧力になり、その後、各静翼内の半径方向冷却孔16を通過しながら静翼5を冷却し、内輪キャビティ17に流入する。内輪キャビティ17内も周方向に均一な圧力であるため、静翼5の半径方向冷却孔16を流れる冷却蒸気流量は各静翼間で同一な流量となる。更に、冷却蒸気は、均一圧力の内輪キャビティ17内から静翼上流側のホイールスペース11aに、周方向に複数設けられた吹出し孔18を介して周方向に同一流量で吹出される。

【0021】

静翼上流側のホイールスペース11aに吹出された冷却蒸気は、一部は上流側段落のロータホイール8表面を冷却しながらホイールスペースシール部12aを通過して主蒸気通路部に合流する。残りの冷却蒸気は、内輪6のラビリンスシール部を通過して同時にロータ7表面を冷却して静翼下流側のホイールスペース11bに流れ込む。その後、同様にロータホイール8表面を冷却しながらホイールスペースシール部12bを通過して主蒸気通路部に合流する。

10

【0022】

ホイールスペース11a, 11bから主蒸気通路部に吹出す冷却蒸気流量は、主蒸気がロータ7の回転によりホイールスペース11a, 11bへの流れ込みを防止する最小流量以上の流量を吹出す必要がある。なお、この最小流量は各ホイールスペースで異なる。

【0023】

図2は、ロータ冷却部への主流流れ込みを防止する冷却蒸気流量を説明するための図である。

20

【0024】

主流流れ込み防止の冷却蒸気最小流量： m

回転レイノルズ数： $Rer = \rho \cdot \omega \cdot Ro^2 / \mu$

シール部隙間： Sc

シール部半径： Ro

回転速度： ω

密度： ρ

粘性係数： μ

定数： $C1, C2$ として、 m は、次式で表される。

$$m = C1 \cdot (Sc / Ro)^{C2} \cdot Rer \cdot Ro \cdot \mu$$

30

【0025】

主蒸気がホイールスペース11a, 11bに流れ込んだ場合、上記の冷却効果は無くなり信頼性に重大な影響を及ぼすことになる。一方で多量な冷却蒸気の主蒸気通路部への混入は、タービン性能の低下を意味し、自ずと各段落に対して最適な冷却蒸気流量を供給する必要がある。

【0026】

冷却作用は、必要な段落毎に行われ、かつ冷却蒸気は段落毎に供給されるため、上流・下流段落の圧力変化の影響を受けない。また、各段落に供給される冷却蒸気は、冷却蒸気供給配管13に設けた流量調整弁19により調整可能であり、最適な流量に容易に設定可能である。なお、流量調整弁19の代わりにオリフィスを設け、オリフィス径を調整することで最適流量に設定することも可能である。最適な冷却蒸気流量で効果的なロータ冷却効果を得ることが可能となる。

40

【0027】

本実施形態において、環状に形成された外輪キャビティ15、内輪キャビティ17を設けたことにより、冷却蒸気は、均一な圧力で吹出し孔18に供給される。また、半径方向冷却孔16により個々の静翼5を冷却することができる。高温蒸気で駆動する蒸気タービンの効率を低下させずに、熱効率をより一層向上させることができる。

【0028】

50

(実施形態 2)

図 3 は、本発明の実施形態 2 に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図である。

本実施形態は、実施形態 1 において段落毎に外輪キャビティ 15 に冷却蒸気を供給し、独立に冷却する構成であるのに対し、上流段に供給した冷却蒸気で隣接する下流段の冷却も実施する構成とし、構造を簡素化することを目的としている。

【0029】

外輪側から冷却蒸気が供給される段落の構成は、実施形態 1 と同一であり、下流段における静翼上流側のホイールスペース 11a' へは動翼固定部に設けたバランスホール 20 から供給される。なお、内輪 6 は、静翼上流側のホイールスペース 11a と静翼下流側のホイールスペース 11b の両方向への吹出し孔 18a, 18b を有する。

10

【0030】

次に、本実施形態の作用について説明する。

外輪キャビティ 15 に供給された冷却蒸気は、実施形態 1 と同様な作用でロータ 7 を冷却する。一方、静翼下流側のホイールスペース 11b に流入した冷却蒸気の一部は、動翼 9 のバランスホール 20 を通って下流段落に流入し同様にロータ 7 を冷却する。これは、静翼下流側のホイールスペース 11b 側にも吹出し孔 18b を設けることで可能としている。

【0031】

本実施形態により、下流段も上流段と同様なロータ冷却効果を得ることが可能となり、更に下流段には外輪側からホイールスペースへの冷却蒸気流入構造は不要となるという効果を有する。

20

【0032】

(実施形態 3)

図 4 は、本発明の実施形態 3 に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図である。

【0033】

本実施形態においては、上記実施形態 2 に対して、バランスホール 20 の代わりに、静翼上流側のホイールスペース 11a から隣接する下流段における静翼上流側のホイールスペース 11a' に通じる周方向全周に複数個のロータ内連通孔 21 をロータ内に設ける。なお、実施形態 2 における静翼下流側のホイールスペース 11b 側の吹出し孔 18b は省略することができる。

30

【0034】

次に、本実施形態の作用について説明する。

静翼上流側のホイールスペース 11a から下流段における静翼上流側のホイールスペース 11a' に冷却蒸気の一部が直接流入し、下流段のロータ 7 を実施形態 2 と同様に冷却する。

【0035】

本実施形態により、実施形態 2 と同様な効果を得ることが可能となる。更に、実施形態 2 では、静翼下流側のホイールスペース 11b の内圧は、冷却蒸気をバランスホール 20 を介して下流段における静翼上流側のホイールスペース 11a' に供給するために相対的に高くなる傾向にある。このため、ホイールスペース 11b から主蒸気通路部に吹出す冷却蒸気流量も相対的に多くなる傾向にあり、性能低下の一因となる可能性がある。これに対して、本実施形態においては、静翼上流側のホイールスペース 11a と下流段における静翼上流側のホイールスペース 11a' において十分な差圧が確保されるために、静翼下流側のホイールスペース 11b 側への吹出し孔は省略され、静翼下流側のホイールスペース 11b の内圧を低くすることができる。

40

【0036】

(実施形態 4)

図 5 は、本発明の実施形態 4 に係る蒸気タービンのロータ冷却装置を示す軸方向断面図

50

である。

実施形態 1 において段落毎に外輪キャビティ 15 に冷却蒸気を供給し、独立に冷却する構成であるのに対して、本実施形態は、実施形態 2 及び 3 と同様に上流段に供給した冷却蒸気で隣接する下流段の冷却も実施する構成とし構造を簡素化することを目的としている。

【0037】

ただし、実施形態 2 及び実施形態 3 が上流段のホイールスペースに供給された冷却蒸気が、ロータ内の通路を介して下流段のホイールスペースに流入する構成であったのに対して、本実施形態では、上流段の外輪キャビティ 15 と下流段の外輪キャビティ 15' を連通する静止部連通孔 22 を設ける。

10

【0038】

次に、本実施形態の作用について説明する。

外輪キャビティ 15 に供給された冷却蒸気は、一部は実施形態 1 と同様に静翼 5 の半径方向冷却孔 16 を通って静翼上流側のホイールスペース 11a に吹出しロータ 7 を冷却する。残りは静止部連通孔 22 を介して下流段の外輪キャビティ 15' に流入し、その後同様に静翼 5 を通って下流段における静翼上流側のホイールスペース 11a' に吹出しロータ 7 を冷却する。

【0039】

本実施形態により、外部から外輪キャビティ 15 に供給される冷却蒸気は上流段のみとなり、下流段側は上流段からの分岐により供給される冷却蒸気により、上流段と同様なロータ冷却効果が得られる。また、実施形態 2、3 は下流段の静翼 5 は冷却されないが、本実施形態では実施形態 1 と同様に静翼 5 の冷却も可能となる。

20

なお、隣り合う 2 つの段落ではなく、3 以上の段落において適用してもよい。

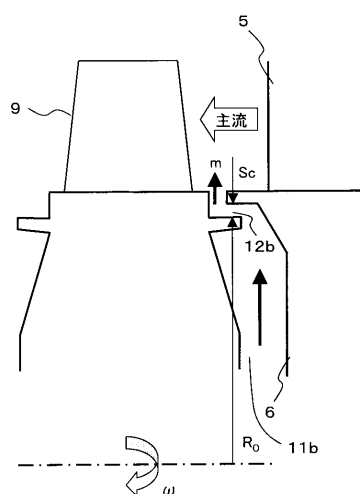
【符号の説明】

【0040】

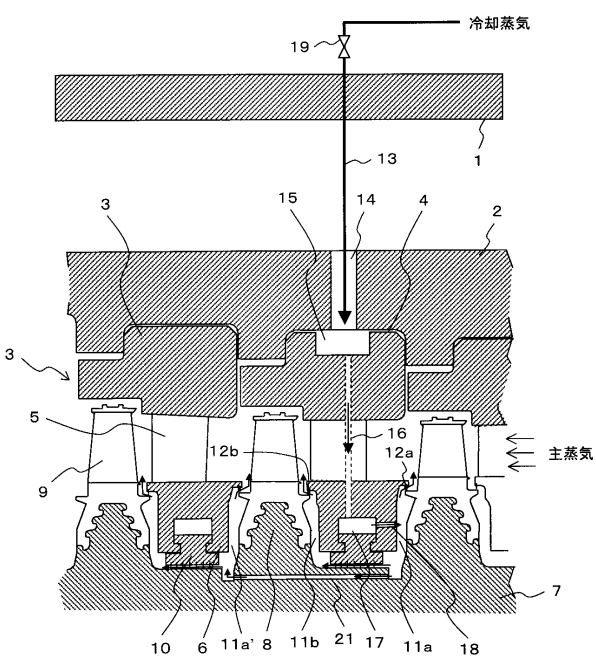
1…外部ケーシング、2…内部ケーシング、3…ダイアフラム、4…外輪、5…静翼、6…内輪、7…ロータ、8…ロータホイール、9…動翼、10…パッキンリング、11a、11b、11a'…ホイールスペース、12a、12b…ホイールスペースシール部、13…冷却蒸気供給配管、14…冷却蒸気導入口、15、15'…外輪キャビティ、16…半径方向冷却孔、17…内輪キャビティ、18a、18b…吹出し孔、19…流量調整弁、20…バランスホール、21…ロータ内連通孔、22…静止部連通孔。

30

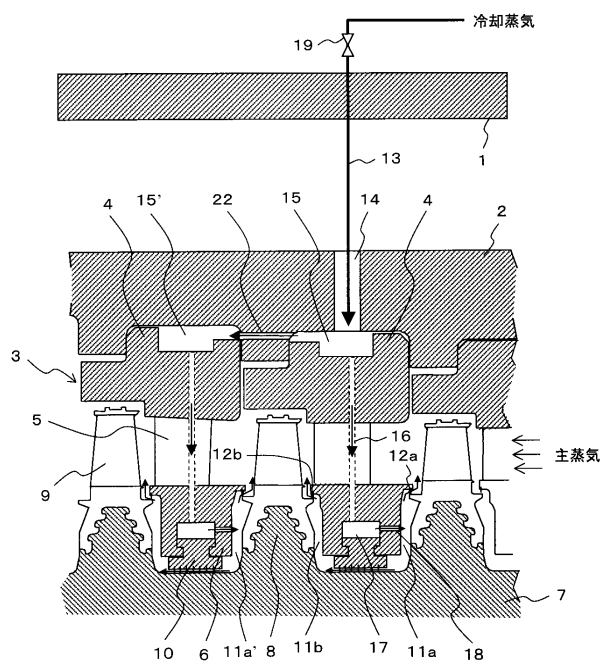
【図 2】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 池田 一隆
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 猪亦 麻子
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 特開2009-191848 (JP, A)
特開昭59-041603 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/08
F01D 9/00-06
F01D 13/00-15/12
F01D 23/00-25/36