(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4858755号
(P4858755)

(45)発行日　平成24年1月18日(2012.1.18)　(24)登録日　平成23年11月11日(2011.11.11)

(51)Int.Cl.			F I		
G01D	5/347	(2006.01)	G01D	5/347	110S
G01D	5/36	(2006.01)	G01D	5/347	110Q
G01D	5/38	(2006.01)	G01D	5/36	R
			G01D	5/38	A

請求項の数 5　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2006-6364(P2006-6364)
(22)出願日　平成18年1月13日(2006.1.13)
(65)公開番号　特開2007-187571(P2007-187571A)
(43)公開日　平成19年7月26日(2007.7.26)
審査請求日　平成20年12月19日(2008.12.19)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区有楽町１丁目１２番１号
(74)代理人　100102901
弁理士　立石　篤司
(72)発明者　渡邊　昭宏
宮城県名取市田高字原２７７番地　株式会社仙台ニコン内
(72)発明者　今井　亨
宮城県名取市田高字原２７７番地　株式会社仙台ニコン内

審査官　岡田　卓弥

最終頁に続く

(54)【発明の名称】エンコーダ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
所定方向に配列された複数の光源と；
前記複数の光源を縮小した複数の２次光源を形成する光学系と；
前記光学系を介した前記２次光源からの照明光を用いて、移動体の位置情報を検出する検出系と；を備えるエンコーダ。
【請求項２】
前記複数の光源は、所定の周期信号に基づいて発光位置が時系列に変化して発光し、
前記検出系は、前記移動体とともに移動し、前記所定方向に沿って配列されたパターンを有するスケールと、該スケールを介した前記照明光を受光し、該受光結果に相当する信号に基づいて移動体の位置情報を検出する検出装置とを備え、
前記検出装置は、
前記所定の周期信号を用いた同期検波により、前記移動体の位置情報を検出することを特徴とする請求項１に記載のエンコーダ。
【請求項３】
前記２次光源が形成される面と前記スケールが配置される面とは、光学的に共役であることを特徴とする請求項２に記載のエンコーダ。
【請求項４】
前記所定の周期信号は、
正弦波、のこぎり波、三角波、矩形波のいずれかであることを特徴とする請求項２又は

３に記載のエンコーダ。
【請求項５】
前記複数の光源は、面発光レーザ光源であることを特徴とする請求項１～４のいずれか一項に記載のエンコーダ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光学式エンコーダに係り、さらに詳しくは、移動体の位置情報を光学的に検出する光学式エンコーダに関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、Ｓ／Ｎ比を向上させ、検出精度を高めた光学式エンコーダが提案されている（例えば、特許文献１等参照）。このエンコーダは、移動体の移動方向に沿って配列された格子を有するスケールと、スケール上でその格子の配列方向に沿ってビームを振動させるプローブとを備える。プローブは、対物レンズと、この対物レンズに接続された振動子とを有し、対物レンズを振動させることによって、格子の配列方向に沿ってビームを振動させる。そして、プローブは、ビームを格子の配列方向に振動することにより、ビームの振動中心を基準位置にしたスケールの相対位置に関する情報を含んだ信号を出力する。そして、このプローブから出力される信号と、ビームを振動させる駆動信号とを比較することでビームとスケールとの相対位置を求めている。
【０００３】
一方、複数の点光源が配列された点光源アレイを用い、各点光源を順次発光させることにより、スケール上へのビームの照射位置を変動させるエンコーダも提案されている。このようなエンコーダでは、隣接する光源の間隔が短ければ短いほど、スケール上に形成された回折格子のピッチを短くして、分解能を高めることができるようになるため、隣接する光源の間隔をさらに短くすることが望まれている。
【０００４】
【特許文献１】米国特許第６，６３９，６８６号明細書
【発明の開示】
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明は、所定方向に配列された複数の光源と；前記複数の光源を縮小した複数の２次光源を形成する光学系と；前記光学系を介した前記２次光源からの照明光を用いて、移動体の位置情報を検出する検出系と；を備えるエンコーダである。
【０００６】
これによれば、実際の光源よりも光源間の間隔が短い２次光源像からの照明光を用いて移動体の位置情報を検出することができるので、移動体の位置情報の検出分解能を高めるように、移動体の位置情報を検出する検出系を構成することができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【０００７】
以下、本発明の一実施形態を図１～図３に基づいて説明する。
【０００８】
図１には、本発明の一実施形態に係るエンコーダ１００の概略構成が示されている。このエンコーダ１００は、不図示の移動体のＸ軸方向への位置情報を検出するエンコーダである。図１に示されるように、エンコーダ１００は、光源３と、縮小投影光学系１８と、コリメータレンズ９と、ビームスプリッタ１１と、対物レンズ１３と、集光レンズ１５と、光センサ１７と、検出装置２５と、光源駆動装置２７とを備えている。
【０００９】
光源３は、移動体の移動方向、すなわちＸ軸方向に沿って複数の点光源が配列された点光源アレイである。各点光源としては、例えば、面発光レーザを採用することができる。

面発光レーザとは、半導体レーザの一種であり、その半導体の各層と垂直な方向、すなわち面と垂直な方向にレーザビームが出射されるため、この名がある。面発光レーザは小型化が容易なため、光源３における各点光源を、密に配置することができる。点光源として面発光レーザを採用すると、隣接する点光源の間隔（ピッチ）を、例えば３０～４０μｍとすることができる。

【００１０】

光源３では、いずれかの点光源が発光し、発光した点光源から－Ｚ側にコヒーレントな照明光が射出される。この照明光の波長は、例えば８５０ｎｍである。

【００１１】

光源３は、光源駆動装置２７によって駆動される。光源駆動装置２７は、光源３を発光させるために光源３に対して電力を供給するための電気回路を有しており、内部の制御回路によってその電気回路を制御することができるようになっている。光源駆動装置２７は、光源３の複数の点光源のうち、発光する点光源、すなわち発光位置を時系列で切り替えることが可能である。光源駆動装置２７により、その発光位置を時系列で変化させ、その時間変化に周期性を持たせれば、後述するスケール２０のグレーティング１上へ照射されるビームスポットの入射位置を周期的に変動させることができる。

【００１２】

縮小投影光学系１８は、光源３からの照明光を入射するレンズ５と、レンズ５から入射した照明光を射出するレンズ７とを備えている。縮小投影光学系１８では、レンズ５とレンズ７とで、両側テレセントリックな投影光学系が構成されている。レンズ５の焦点距離はf_1であり、光源３とレンズ５との間隔は、f_1となるように設定されている。また、レンズ７の焦点距離はf_2である。したがって、この縮小投影光学系１８により、レンズ７から－Ｚ側にf_2だけ離れた位置に、光源３のいずれかの点光源の光源像が形成されるようになる。

【００１３】

実際の点光源３の光源像の大きさ（すべての点光源が発光しているときの光源像のＸ軸方向の幅）と、２次光源像の大きさ（すべての点光源が発光しているときに形成される２次光源像のＸ軸方向の幅）との比は、入射側のレンズ５の焦点距離f_1と、射出側のレンズ７の焦点距離f_2との比に等しくなる。そして、レンズ５の焦点距離f_1がレンズ７の焦点距離f_2よりも長くなっているので、この光源像は、点光源アレイの縮小倒立像となる。図１においては、光源及びその像を視認しやすくするために、この縮小比を、１／２程度として図示しているが、実際には、例えば、１／８～１／１０程度とするのが望ましい。この縮小比を１／１０とすると、この縮小投影像における隣接する点光源像の間隔（点光源の見かけ上の配列ピッチ）ｐ’は、約３～４μｍ程度となる。なお、この縮小投影像を、以下では２次光源像と呼ぶ。

【００１４】

なお、この２次光源像の見かけ上の配列ピッチｐ’は、後述するスケール２０のグレーティング１の周期ｐよりも十分に小さく設定する必要がある。例えば、ｐ＝８μｍであるとすると、ｐ’≦数μｍとする必要がある。

【００１５】

縮小投影光学系１８（レンズ７）から出射された照明光は、コリメータレンズ９で平行光に変換される。この平行光は、ビームスプリッタ１１を透過して、対物レンズ１３で集光され、スケール２０に導かれる。対物レンズ１３の焦点距離は、レンズ７と同じf_2となっている。

【００１６】

光源３、縮小光学系１８、コリメータレンズ９、対物レンズ１３、集光レンズ１５、光センサ１７等は、変位測定の基準となる不図示の固定物に固定されており、互いの位置が一定となっている。それに対して、スケール２０は、Ｘ軸方向に移動可能な不図示の移動体に固定されており、スケール２０は、その移動体の移動に伴ってＸ軸方向に移動する。スケール２０には、Ｘ軸方向に周期性を有する反射型の回折格子、すなわちグレーティン

グ１が形成されている。図１に示されるように、グレーティング１は凹凸面型の回折格子であり、その面形状は正弦波形状となっている。また、その周期（ピッチ）ｐは、全区間で同一となっている。

【００１７】

対物レンズ１３とグレーティング１との距離は、対物レンズ１３の焦点距離$ｆ_2$とほぼ同じとなるように設定されている。前述のように、対物レンズ１３の焦点距離は$ｆ_2$であるため、照明光は、ビームスポットとしてグレーティング１上に照射される。なお、図１では、グレーティング１の凹凸を視認しやすくするため、その振幅を大きく図示しているが、実際には、グレーティング１における正弦波の振幅は対物レンズ１３の焦点距離$ｆ_2$に比べて十分に小さくなっているものとする。

【００１８】

２次光源像が形成されている面と、スケール２０のグレーティング１とは、ほぼ共役の関係にあり、グレーティング１上のビームスポットは、２次光源像と同様の光源像となる。この光源像の大きさは、２次光源像の大きさと同じとなっている。

【００１９】

照明光はグレーティング１で反射し、反射光として対物レンズ１３に戻る。対物レンズ１３で平行光に変換された反射光は、ビームスプリッタ１１でさらに反射して－Ｘ方向に進み、集光レンズ１５で集光され、光センサ１７に至る。

【００２０】

光センサ１７は、例えば、フォトダイオードである。光センサ１７は、例えば、この反射光の受光結果を、電気信号（電流信号）に変換して、検出装置２５に送る。検出装置２５は、不図示のＩ－Ｖコンバータを備えており、入力した電流信号を、電圧信号に変換する。この電圧信号は、グレーティング１を介した光の強度に相当する信号であるため、その信号には、グレーティング１へのビームスポットの照射位置のＸ軸方向に関する空間的な位相に関する情報が含まれている。検出装置２５は、この電圧信号に基づいて、後述する同期検波を行って、そのグレーティング１の位相に関する情報を検出する。このエンコーダ１００は、この位相情報に対応する信号を、エンコーダ出力として外部出力する。

【００２１】

図２には、光源駆動装置２７が、正弦波信号に従って光源３を駆動した場合の信号検出の様子が示されている。図２に示されるように、光源駆動装置２７が、所定の角周波数ωの正弦波に従って光源３を駆動すると、光源３におけるＸ軸方向の発光位置は、その角周波数ωで正弦波状に変動する。なお、図２においては、光源３におけるＸ軸方向の発光位置の変動周期をＴとして示している。これにより、２次光源像も、同じ角周波数でＸ軸方向に振動し、スケール２０のグレーティング１上のビームスポットの照射位置が、角周波数ωで正弦波状にＸ軸方向に振動するようになる。

【００２２】

この場合、光センサ１７で受光される光は、グレーティング１の位相に関する情報と、ビームスポットの照射位置を変動させる角周波数ωの正弦波に関する情報とを含む光となる。したがって、光センサ１７から出力される電流信号は、グレーティング１上のビームスポットの照射位置の位相が、角周波数ωの正弦波によって変調された信号となる。そこで、検出装置２５は、図１に示されるように、光源駆動装置２７から、光源３の発光パターンの元となる角周波数ωの正弦波に相当する信号を入力し、その信号により、光センサ１７から送られた信号を同期検波する。

【００２３】

図３には、検出装置２５の一般的な構成を示すブロック図が示されている。検出装置２５は、フィルタ９１と、周波数シンセサイザ９２と、乗算部９３_1、９３_2と、位相検出部９４と、振幅検出部９５と、距離算出部９６とを備えている。なお、図３では、Ｉ－Ｖコンバータの図示を省略している。

【００２４】

光センサ１７から入力され不図示のＩ－Ｖコンバータで変換された電圧信号は、フィル

タ９１に入力される。フィルタ９１では、この電圧信号に含まれる高調波成分が除去される。一方、周波数シンセサイザ９２は、光源駆動装置２７から入力された駆動信号に基づいて、ビームプローブの発振に対応する周期信号（角周波数ω、振幅ｒ）を発生させる。フィルタ９１の出力と、この周期信号とは、乗算器９３_{1}、９３_{2}で掛け合わされ、その結果がそれぞれ位相検出部９４、振幅検出部９５に入力される。位相検出部９４では、周波数シンセサイザ９２から出力された周期信号の周波数に対応するフィルタ９１の出力の位相が検出され、振幅検出部９５では、その周期信号に対応するフィルタ９１の出力の振幅が検出される。距離算出部９６では、検出された位相及び振幅に基づいて、スケール２０のグレーティング１上のビームスポットの照射位置の振動中心の位相が算出され、出力される。

【００２５】

なお、この検出装置２５の構成は、特表２０００－５１１６３４号公報又は米国特許第６６３９６８６号明細書に開示されているので、詳細な説明を省略する。検出装置２５の構成は、上記公報又は明細書に記載されているものであれば、好適に採用することが可能である。

【００２６】

上述したように、検出装置２５では、グレーティング１におけるビームスポットの照射位置の振動中心の位相に関する情報が検出され、その位相に関するデータがエンコーダ出力として外部に出力されるようになる。

【００２７】

以上詳細に説明したように、本実施形態によれば、光源３における実際の点光源よりも光源間の間隔が短い２次光源像（ピッチｐ’）を実質的な光源として用いて、移動体の位置情報を検出することができる。２次光源像のピッチｐ’を短くすると、スケール２０のグレーティング１のピッチｐを短くすることができるようになるため、移動体の位置情報を検出分解能を向上させることが可能となる。

【００２８】

また、本実施形態によれば、エンコーダ１００では、移動体とともに移動するスケール２０と、スケール２０を介した照明光を受光する光センサ１７と、光センサ１７の受光結果に相当する信号に基づいて移動体の位置情報を検出する検出装置２５とを備えている。光源３における複数の点光源は、角周波数ωの正弦波に従って発光している。検出装置２５は、角周波数ωの正弦波を用いた同期検波により、移動体の位置情報を検出する。このようにすれば、同期検波に用いる信号を、光源３の発光位置の変動と同期させることができるので、検波精度が向上する。

【００２９】

本実施形態では、光源３の発光位置が従う信号波形を、正弦波としたが、のこぎり波や、三角波や、矩形波であってもよい。このように、光源３を複数の点光源とし、発光する点光源の選択により、発光位置を変更できるようにすれば、機械的に追従することが困難な波形、例えば、のこぎり波や矩形波などに対しても、それに従った正確な変調信号を取得することが可能となり、移動体の位置情報を高精度に検出することができるようになる。

【００３０】

また、本実施形態に係るエンコーダ１００の光源３における複数の点光源は、面発光レーザであったが、他の半導体レーザであっても構わない。また、半導体レーザに限らず、他の種類のレーザであってもよい。

【００３１】

また、本実施形態では、光源３における点光源の複数の光源の配列方向を、移動体の計測方向と同じ方向としたが、これには限られない。光源の配列方向が、Ｘ軸方向に対して傾斜を有していてもよい。このようにすれば、Ｘ軸方向に関する光源の間隔をさらに短くすることが可能である。

【００３２】

また、点光源は、２次元的（ＸＹ平面）に配置されていてもよい。そして、Ｙ軸方向を周期方向とするグレーティングを有するスケール又はＸＹ２次元方向を周期方向とする２次元グレーティングを有するスケールを用意し、２次元光源アレイでの発光位置をＸ軸方向、Ｙ軸方向に同時に周期的に変化させれば、Ｘ，Ｙ軸方向に関して同時に変調をかけることも可能となる。

【００３３】

なお、縮小投影光学系は、単一のレンズで構成されていてもよく、３つ以上のレンズで構成されていてもよい。縮小投影光学系のレンズが３つである場合には、例えば、入射側のレンズで形成された像が、射出側のレンズにおける物体となるように、入射側のレンズ（第１のレンズ）と、射出側のレンズ（第２のレンズ）を配置し、第３のレンズを、入射側のレンズの射出瞳の像を射出側のレンズの入射瞳位置に作成するフィールドレンズとして配置すればよい。

【００３４】

また、縮小投影光学系は、両側テレセントリック光学系でなくてもよい。片側テレセントリックであってもよく。テレセントリックでなくてもよい。ただし、両側テレセントリックであった方が、スケールと光学系のＺ軸方向の位置関係によって、ビームスポットの照射位置の横ずれがなくなるので、精度の観点からすれば有利である。

【００３５】

なお、縮小光学系や、コリメータレンズ、対物レンズを明確に区別する必要はない。例えば、エンコーダの構成を図４に示されるようにすることも可能である。図４に示されるように、エンコーダ１０１では、コリメータレンズ９’と、対物レンズ１３’とが、上記実施形態に係るエンコーダ１００におけるレンズ５と、レンズ７との縮小光学系としての役割を果たしている。コリメータレンズ９’の焦点距離をf_1とし、対物レンズ１３’の焦点距離をf_2とすると、光源３における点光源のピッチと、スケール２０のグレーティング１上の点光源像の間隔は、上記実施形態に係るエンコーダ１００と同一となる。

【００３６】

また、上記実施形態では、スケール上のグレーティング１の凹凸パターンを、正弦波状としたが、矩形波状や他の周期パターンでもよい。また、グレーティング１は、凹凸パターンでなく、明暗パターンで構成されていてもよい。また、グレーティング１は、反射型でもよいし、透過型でもよい。

【００３７】

また、上記実施形態では、ビームスポットを照射する光学系を固定物に固定し、スケール２０を移動体に固定する場合について説明したが、スケール２０と上記光学系とは、相対的に移動すればよいので、スケール２０を固定物に固定し（固定物に固定された場合には、固定回折格子と称する）、光学系を移動体に固定してもよい。

【００３８】

なお、本発明は、他のタイプのエンコーダにも適用することができる。例えば、特表２０００－５１１６３４号公報又は米国特許第６６３９６８６号明細書に開示されているいわゆる３ビーム方式のエンコーダにも適用することができる。また、分離光学系を介して分離した２つの光を移動体とともに移動するスケールに照射し、再び干渉させ、その干渉状態によって、移動体の位置情報を検出する回折干渉方式のエンコーダにおいて、その干渉状態に相当する信号を変調する場合にも本発明を適用することができる。また、インコヒーレントな照明光でインデックススケールを照射し、その影を移動スケールに照射し、移動スケールを介した光の受光結果によって移動体の位置情報を検出する影絵方式のエンコーダにおいて、その干渉状態に相当する信号を変調する場合にも本発明を適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【００３９】

以上説明したように、本発明のエンコーダは、移動体の位置情報を検出するのに適している。

【図面の簡単な説明】

【００４０】

【図１】本発明の一実施形態に係るエンコーダの主要部の概略構成を示す図である。

【図２】光源駆動装置による点光源アレイの発光制御の様子の一例を示す図である。

【図３】検出装置の構成の一例を示す図である。

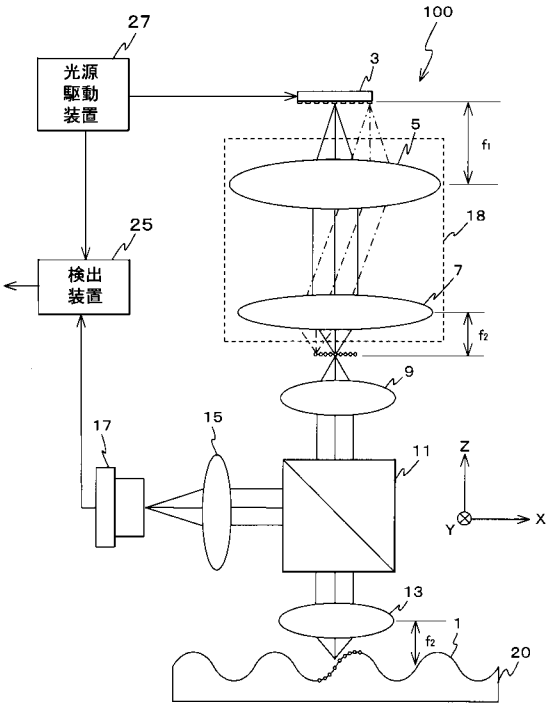
【図４】本発明の一実施形態に係るエンコーダの主要部の概略構成の他の例を示す図である。

【符号の説明】

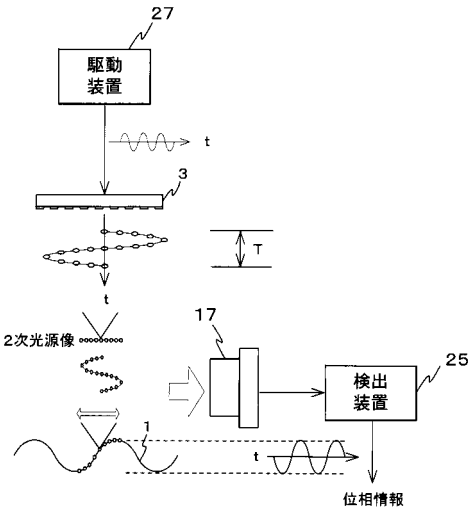
【００４１】

１…グレーティング、３…光源、５、７…レンズ、９…コリメータレンズ、１１…ビームスプリッタ、１３…対物レンズ、１５…集光レンズ、１７…光センサ、１８…縮小投影光学系、２０…スケール、２５…検出装置、２７…光源駆動装置、９１…フィルタ、９２…周波数シンセサイザ、９３_1、９３_2…乗算部、９４…位相検出部、９５…振幅検出部、９６…距離算出部、１００、１０１…エンコーダ。

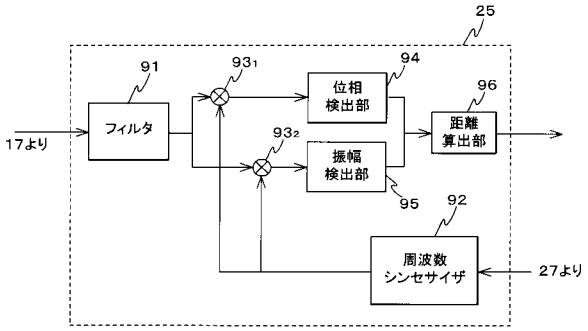
【図１】



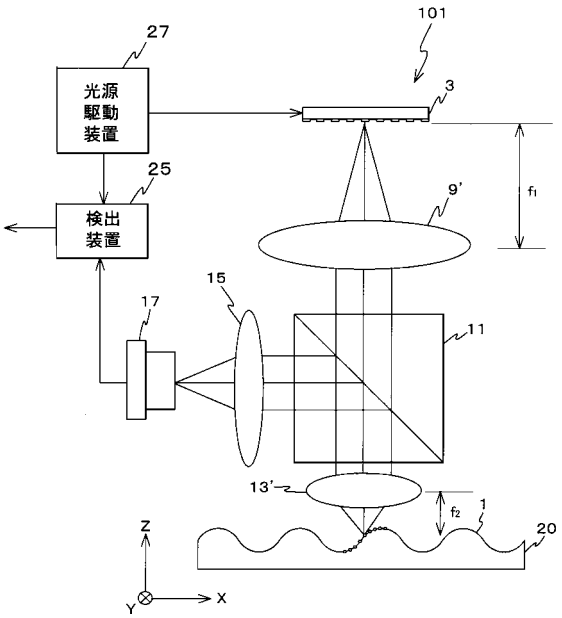
【図２】



【図３】


25
91
93_1
94
位相
検出部
96
フィルタ
17より
93_2
振幅
検出部
距離
算出部
95
92
周波数
シンセサイザ
27より

【図４】


101
27
光源
駆動
装置
3
25
検出
装置
9'
f_1
15
17
11
13'
f_2
1
20
Z
Y
X

フロントページの続き

(56)参考文献　特開平７－９１９８３（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－５１３０４（ＪＰ，Ａ）
特開昭５６－９３００９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｄ　５／２６－　５／３８