



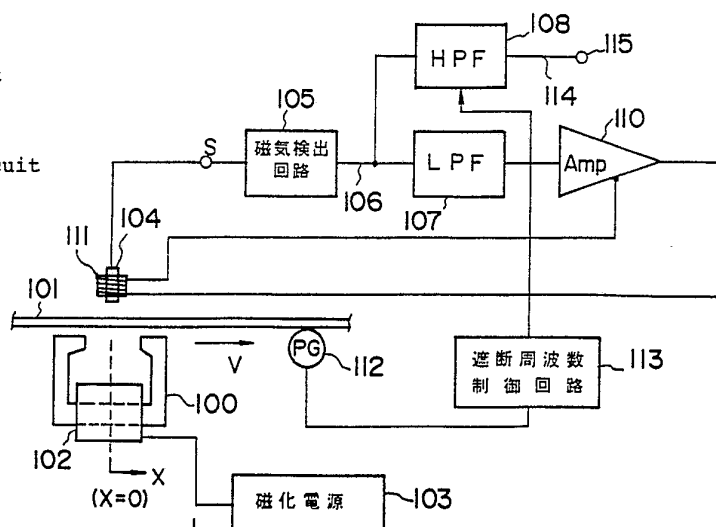
特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5 G01N 27/83		A1	(11) 国際公開番号 WO 92/21964
		(43) 国際公開日 1992年12月10日 (10. 12. 1992)	
(21) 国際出願番号 PCT/JP92/00191		(81) 指定国 CA, DE (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許), KR, US.	
(22) 国際出願日 1992年2月24日 (24. 02. 92)			
(30) 優先権データ 特願平3/132911 1991年6月4日 (04. 06. 91) JP 特願平3/175488 1991年7月16日 (16. 07. 91) JP PCT/JP91/01685 1991年12月3日 (03. 12. 91) CA		添付公開書 国際調査報告書	
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 日本鋼管株式会社 (NKK CORPORATION) [JP/JP] 〒100 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 Tokyo, (JP)			
(72) 発明者; および			
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 安藤静吾 (ANDO, Seigo) [JP/JP] 松藤泰大 (MATSUFUJI, Yasuhiro) [JP/JP] 牧 宏 (MAKI, Hiroshi) [JP/JP] 稲葉 護 (INABA, Mamoru) [JP/JP] 岩永賢一 (IWANAGA, Kenichi) [JP/JP] 竹腰篤尚 (TAKEKOSHI, Atsuhisa) [JP/JP] 竹中正樹 (TAKENAKA, Masaki) [JP/JP] 〒100 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会社内 Tokyo, (JP)			
(74) 代理人 弁理士 鈴江武彦, 外 (SUZUYE, Takehiko et al.) 〒100 東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴業内外国特許事務所内 Tokyo, (JP)			

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR DETECTING MAGNETIC FLUX

(54) 発明の名称 磁気検出方法及びその装置

- 105 ... magnetic flux detector circuit
103 ... magnetization power source
113 ... cut-off frequency control circuit



(57) Abstract

A method of flux detection, in which a low-pass filter (107) picks up low-frequency signal components of an output signal (106) from a magnetic flux sensor (104) for detecting leakage flux caused by magnetically abnormal portion of a body (101) that is moving in a magnetic field, the low-frequency signal components are amplified and applied to a compensation coil (111), and stray flux intersecting the flux sensor (104) is cancelled by the magnetic flux generated by the compensation coil (111). A magnetic flux detector comprises a low-pass filter (107) which picks up low-frequency signal components of an output signal (106) from a magnetic flux sensor (104) for detecting leakage flux caused by magnetically abnormal portion of a body (101) that is moving in a magnetic field, an amplifier (110) for amplifying the low-frequency signal components picked up by the low-pass filter (107), and a compensation coil (111) which is excited by the output signal of the amplifier (110) and which generates a magnetic flux to cancel the stray flux originating from the body (101) and intersecting the magnetic flux sensor (104).

(57) 要約

本発明の磁気検出方法においては、磁界内を移動する被検体(101)の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検知する磁気センサ(104)の出力信号(106)に含まれる低周波信号成分をローパスフィルタ(107)で抽出し、抽出された低周波信号成分を増幅して補償コイル(111)に印加し、この補償コイル(111)で生起される磁束によって、磁気センサ(104)に交差する浮遊磁束を相殺する。

また、本発明の磁気検出装置は、磁界内を移動する被検体(101)の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検知する磁気センサ(104)の出力信号(106)に含まれる低周波信号成分を抽出するローパスフィルタ(107)と、このローパスフィルタ(107)にて抽出された低周波信号成分を増幅する増幅器(110)と、この増幅器(110)の出力信号にて励磁され、被検体(101)から生じる磁気センサ(104)に交差する浮遊磁束を相殺する磁束を生起する補償コイル(111)とで構成されている。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のハンプレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT	オーストリア	FI	フィンランド	MN	モンゴル
AU	オーストラリア	FR	フランス	MR	モリタニア
BB	バルバドス	GA	ガボン	MW	マラウイ
BE	ベルギー	GN	ギニア	NL	オランダ
BF	ブルキナファソ	GB	イギリス	NO	ノルウェー
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	NZ	ニュージーランド
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	PL	ポーランド
BR	ブラジル	IE	アイルランド	PT	ポルトガル
CA	カナダ	IT	イタリア	RO	ルーマニア
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	RU	ロシア連邦
CG	コンゴ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	SD	スーダン
CH	スイス	KR	大韓民国	SE	スウェーデン
CI	コートジボワール	LI	リヒテンシュタイン	SN	セネガル
CM	カメルーン	LK	スリランカ	SU	ソヴィエト連邦
CS	チェコスロバキア	LU	ルクセンブルグ	TD	チャド
DE	ドイツ	MC	モナコ	TG	トーゴ
DK	デンマーク	MG	マダガスカル	UA	ウクライナ
ES	スペイン	ML	マリ	US	米国

明 細 書

磁 気 検 出 方 法 及 び そ の 装 置

〔技術分野〕

本発明は、鋼板等の磁性材料で形成された被検体に磁化器で磁界を交差させ、磁氣的異常部に起因する漏洩磁束を磁気センサで検出する磁気検出方法及び磁気検出装置に関する。

〔従来の技術〕

磁気検出装置は、磁気を利用して、被検体としての薄鋼帯の内部あるいは表面に存在する疵、介在物等の磁氣的異常部を検出する。磁束を検出する磁気センサをリニア状に配設した磁気センサ群が内部に組込まれた磁気検出装置は、走行中の薄鋼帯の全幅に存在する欠陥を連続的に検出できることが報告されている（実開昭63-107849号公報）。

図46A、図46Bは上述した走行中の薄鋼帯の欠陥を連続的に検出する磁気検出装置をそれぞれ異なる方向から見た断面模式図である。また、図46Cはこの磁気検出装置が支持装置に組込まれた状態を示す側面図である。

図46Cにおいて、建屋の床に据付けられフレーム11内に水平アーム12が一对のばね部材13a、13bによって支持されている。したがって、水平アーム12は上下に移動可能である。水平アーム12の中央に磁気検出装置の固定軸2が固定されている。また、フレーム11の両側には薄鋼帯10を磁気検出装置の中空ロール1の外周面に導くための一

対のガイドロール 14 a, 14 b が設けられている。

図 46 A, 図 46 B において、非磁性材料で形成された中空ロール 1 の中心軸に固定軸 2 の一端が貫通されている。この固定軸 2 の他端は前記水平アーム 12 に固定されている。そして、固定軸 2 は中空ロール 1 の中心軸に位置するように一對のころがり軸受 3 a, 3 b でもって中空ロール 1 の両端の内周面に支持されている。したがって、この中空ロール 1 は固定軸 2 を回転中心軸として自由に回転する。

中空ロール 1 内に、略 U 字断面形状を有した磁化鉄心 4 c が、その各磁極 4 a, 4 b が中空ロール 1 の内周面に近接する姿勢で、支持部材 5 を介して固定軸 2 に固定されている。この磁化鉄心 4 c に磁化コイル 6 が巻装されている。したがって、この磁化鉄心 4 c と磁化コイル 6 とで磁化器 4 を構成する。磁化鉄心 4 c の磁極 4 a, 4 b の間に複数の磁気センサ 7 a を軸方向にリニア状に配列してなる磁気センサ群 7 がやはり固定軸 2 に固定されている。

磁化コイル 6 に励磁電流を供給するための電源ケーブル 8 および磁気センサ群 7 の各磁気センサ 7 a の出力信号を取出すための信号ケーブル 9 は固定軸 2 内を経由して外部へ導出されている。したがって、磁化器 4 および磁気センサ群 7 の位置は固定され、中空ロール 1 が磁化器 4 および磁気センサ群 7 の外周を微小間隙を有して回転する。

このような構成の磁気検出装置の中空ロール 1 の外周面が例えば矢印 a 方向に走行状態の薄鋼帯 10 の一方面に所定圧力でもって押し当てられると、固定軸 2 は水平アーム 12 に

固定されているので、中空ロール 1 が図中矢印 b 方向に回転する。

このような磁気検出装置において、磁化コイル 6 に励磁電流が供給されると、磁化鉄心 4 c の各磁極 4 a, 4 b と走行中の薄鋼帯 10 とで閉じた磁路が形成される。そして、薄鋼帯 10 の内部あるいは表面に欠陥が存在すると、薄鋼帯 10 内の磁気抵抗が変化し、漏洩磁束が生じる。この漏洩磁束が磁気センサ群 7 を構成する該当欠陥位置に対向する磁気センサ 7 a で検出される。そして、この磁気センサ 7 a から該当欠陥の存在を示す信号が出力される。

検出された信号において、その信号レベルが薄鋼帯 10 内部または表面の欠陥の大きさと対応するので、出力信号の信号レベルを測定することによって薄鋼帯 10 の内部または表面に存在する欠陥の幅方向の発生位置とその規模が把握できる。

このような磁気検出装置において、各磁気センサ 7 a は、各磁極 4 a, 4 b の中央位置に配設されている。この中央位置に配設する理由は次の通りである。

すなわち、図 47 は、図 46 A, 図 46 B に示す磁気検出装置の要部を模式的に描いた図である。この磁気検出装置は全く欠陥が存在しない薄鋼帯 10 を静止させた状態で各磁極 4 a, 4 b に対向配置されている。そして、磁化コイル 6 が直流励磁される。すると、磁極 4 a, 4 b 近傍に磁界が発生する。この磁界は、図示するように、各磁極 4 a, 4 b 位置で最大、最小を示すサイン波形状の垂直磁界分布特性 D と、

各磁極 4 a, 4 b の中心位置で最大値を示す山形形状の水平磁界分布特性 F とを有する。したがって、この垂直磁界分布特性 D が 0 レベルラインを横切る磁極 4 a, 4 b の磁極間距離 W の中央位置に、磁気感应方向が垂直方向に設定された垂直型の磁気センサ 7 a が配設されれば、前記磁界の影響が除去可能である。

また、磁極 4 a, 4 b の磁極間距離 W の中央位置に、磁気感应方向が水平方向に設定された水平型の磁気センサを配設して、この水平型の磁気センサの出力信号を微分すれば、磁極間の中心位置近傍においては、この出力信号波形は前記垂直磁界分布特性 D に近似する。よって、微分後の出力信号は前記中央位置で 0 レベルラインを横切る。よって、垂直型の磁気センサ 7 a と同様に、前記磁界の影響を除去できる。

但し、水平型の磁気センサを採用するよりは垂直型の磁気センサを採用する方が好ましい。すなわち、上述したように、水平型の磁気センサでは母材健全部における浮遊磁束が大きい値を示し、ダイナミックレンジの広いセンサが必要となると一般に言れる。水平型の磁気センサでもって、これと同じ出力を得るためには、水平型の磁気センサの出力を一旦微分回路で処理する必要があるので、装置全体が複雑化する。また、水平型の磁気センサにおける磁氣的異常部に起因する信号成分の周波数 f_S と雑音成分の周波数 f_N との比 $(f_S / f_N)_H$ は、垂直型の磁気センサにおける比 $(f_S / f_N)_V$ に比較して小さい。

したがって、垂直型の磁気センサを採用した方が、出力信

号に含まれる雑音の除去がより容易になる。したがって、実際の装置の簡素化を図るためには、垂直型の磁気センサの方が好ましいのである。しかし、垂直型の磁気センサでなければ、磁氣的異常部を検出することができないことではない。

なお、図48に示すように、たとえば磁気センサ7aが磁極4a, 4bの磁極間の中央位置に存在しない場合であっても、前記磁界の影響を排除できる。すなわち、その磁気センサ7aの設置位置における磁界分布特性D, F上の各磁気センサの出力電圧値 V_{ov} , V_{oh} を予め求めておく。そして、図49に示すように、バイアス電圧発生器16から出力される固定バイアス電圧を前記電圧 V_{ov} , V_{oh} に調整する。減算器15でもって、磁気センサ7aの出力信号から前記電圧 V_{ov} (V_{oh})を減算する。

したがって、以下の説明においては、特に言及しない限り、垂直型の磁気センサを磁極間の中央位置に設置した場合について論ずる。

ところで、図47に示す垂直磁界分布特性Dは、全く欠陥が存在しない薄鋼帯10を磁極4a, 4bに対して静止させた状態における特性である。しかし、実際の磁気検出装置において、薄鋼帯10は速度Vで一方方向へ移動している。このとき薄鋼帯10は磁極4aによって磁化され、この励磁磁界内を移動する被検体である薄鋼帯10の速度効果により、見掛上、磁束分布が被検体の移動方向に偏倚する。すなわち、導体である被検体が磁界内で移動している場合には、被検体に渦電流が発生する。この渦電流により生起される磁界の作

用により、結果として磁束分布が偏倚すると推定される。

その結果、垂直磁界分布特性Dが0ラインを横切る位置が必ずしも、磁極間の中央位置であるとは限らず、図47の垂直磁界分布特性Eに示すように、走行方向側に平行移動する。

よって、薄鋼帯10が走行状態においては、磁極4a, 4bの磁極間の中央位置($X=0$)が移動後の垂直磁界分布特性Eにおける0レベル位置にならない。したがって、中央位置には浮遊磁束が存在する。

なお、浮遊磁束とは、被検体における、例えば表面欠陥、内部欠陥、溶接部等の磁氣的異常部に起因して発生する漏洩磁束とは別に、被検体周囲で検出される磁束である。そして、この浮遊磁束は主としてバルクとしての被検体や、磁化器の磁化鉄心部材から周囲に放出される。したがって、この浮遊磁束は図47に示す各磁界分布特性に対応した分布特性を有する。

当然、この浮遊磁束は薄鋼帯10の移動速度Vの増加に伴って変化する。また、浮遊磁束は磁化器4の励磁電流Iの増加に伴ってさらに変化する。図50は、欠陥が存在しない薄鋼帯10の移動速度Vを0m/分から1200m/分まで変化させた場合における中心位置($X=0$)に配設された垂直型の磁気センサ7aの出力電圧の各相対値を示す実測図である。なお、図50中の各特性は磁化コイル6の励磁電流Iを0.25A, 0.50A, 0.75Aと順番に変化させた場合の特性である。この実測図からも理解できるように、浮遊磁束は移動速度V及び励磁電流Iの増加に伴って増加する。

また、磁気センサ 7 a が検出できる磁束の強度に一定の範囲が存在し、一定以上の強い磁束を検出すると出力信号が飽和する。図 5 1 は、上述した欠陥が存在しない薄鋼帯 1 0 の移動速度 V と磁気センサ 7 a の出力電圧の相対値との関係を示す実測図である。この実測図でも理解できるように、励磁電流 I が 0.2 A の条件下においては、薄鋼帯 1 0 の移動速度 V が 600 m / 分程度で浮遊磁束に起因する出力信号は飽和する。

一方、各磁気センサ 7 a には欠陥に起因する漏洩磁束に対する高い検出感度が要求されることも多い。例えば微小欠陥からの漏洩磁束が数 10 mm Gauss 程度の非常に小さな値である。したがって、各磁気センサ 7 a の磁気検出感度を大幅に上昇させる必要がある。

図 5 2 は、例えば 1 ガウスで 1 V の高い検出感度を有する磁気センサ 7 a において、この磁気センサ 7 a に交差する磁束の強度を変化させた場合における磁気センサ 7 a の出力電圧値を示す実測図である。この実測図でも理解できるように、磁気センサ 7 a の検出感度を上昇させると、交差磁束が 6 ガウス程度で出力電圧値が飽和してしまう。

この磁気センサ 7 a の出力信号が飽和する現象は、薄鋼帯 1 0 の移動速度 V が上昇するとより顕著になる。図 5 3 は、直径が 0.6 mm の人工欠陥が形成された薄鋼帯 1 0 に対する欠陥検出を行った場合の磁気センサ 7 a の出力と励磁電流 I との関係を示す実測図である。

この実測図によると、薄鋼帯 1 0 の移動速度 V を高くして、

かつ磁化器 4 の励磁電流 I を増加させて、欠陥の検出感度を上昇させようとする、磁気センサ 7 a の出力は、励磁電流 I が一定電流以上になると、飽和するのみならず、逆に低下する。

すると、小規模欠陥を検出する場合には、磁気センサ 7 a の感度を上昇させても目的を達成することができない。しかも、全く欠陥が存在しない場合における浮遊磁束の強度は前記小規模欠陥に起因する漏洩磁束の強度に比較して格段に大きい。したがって、磁気センサ 7 a の検出感度を上昇させると、出力信号が浮遊磁束でもって飽和してしまう。その結果、小規模な欠陥を精度良く検出できない問題がある。

このような問題は実開昭 63-107849 号公報のように中空ロールを使用しているものだけに見られる特殊な現象ではない。特に浮遊磁束に起因する欠陥検出精度低下は、磁化器を用いて磁氣的異常部を検出するいわゆる磁気検出技術において一般に見られる現象である。

また、被検体としての薄鋼帯 10 の磁化特性も移動速度 V に応じて変化する。薄鋼帯 10 の移動速度 V が高くなると、前述したような速度効果により、薄鋼帯 10 の磁化力が低下する。その結果、同一の欠陥規模であったとしても、薄鋼帯 10 の移動速度 V が変化すれば、異なる規模の欠陥として検出される。

[発明の開示]

本発明の第 1 の目的は、被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサの出力信号に含まれる

浮遊磁束に起因する低周波信号成分を除去でき、磁気センサの出力信号の S/N を上昇でき、磁氣的異常部の検出感度と検出精度を大幅に向上できる磁気検出方法および磁気検出装置を提供することである。

本発明の第2の目的は、上述した目的に加えて、たとえば被検体の移動速度が変化したとしても、常に安定した一定の検出感度を維持できる磁気検出装置を提供することである。

本発明の第1の目的を達成するために、本発明の磁気検出方法および磁気測定装置においては、磁界内を移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検知する磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分はローパスフィルタで抽出される。抽出された低周波信号成分は増幅されて補償コイルに印加される。そして、この補償コイルで生起される磁束によって、磁気センサに交差する浮遊磁束が相殺される。

一般に被検体の健全部においても生じる浮遊磁束の時間変化（周波数）は、磁界内を移動する被検体の磁氣的異常部に起因する漏洩磁束の周波数に比較して格段に低い。したがって、ローパスフィルタでもって磁気センサの出力信号に含まれる浮遊磁束の信号成分が抽出できる。そして、この低周波信号成分を例えば逆極性にして補償コイルに印加すれば、補償コイルによって浮遊磁束を打消す方向の磁束が生起される。その結果、磁気センサに交差する浮遊磁束は補償コイルにて生起される磁束によって相殺される。よって、磁気センサの出力信号から浮遊磁束に起因する信号成分が除去される。

また、第2の目的を達成するために、本発明の磁気検出装置においては、被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサの出力信号に含まれる磁氣的異常部に起因して生じる信号が例えばハイパスフィルタ又はバンドパスフィルタで構成された特定信号抽出フィルタで抽出される。出力増幅器はこの特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する。さらに、前記漏洩磁束を検出する磁気センサの近傍位置に、磁束のうち被検体の表面に平行な成分を検出する別の磁気センサが配設されている。そして、この磁気センサの出力信号で出力増幅器の増幅率が制御される。

磁化器に対向して配設された被検体に生じる磁界特性においては、図47に示すように、垂直磁界分布特性Dはサイン波形状を有しているが、水平磁界分布特性Fは山型形状を有している。被検体の表面に平行な成分を検出する水平型の磁気センサでもって被検体内および被検体を貫通した磁界の強度が測定される。この磁界の強度は前述したように被検体の移動速度に対応して変化する。さらに、被検体の厚みや種類（例えば、被検体が鋼帯の場合には炭素成分）等の変化による磁化力の変動に対しても磁界強度の水平成分が変化する。

よって、水平型の磁気センサでもって移動速度変化に起因する磁界の変化量を検出して、出力増幅器の増幅度を制御すれば、出力増幅器から速度補正された正しい信号レベルを有した欠陥信号が出力される。

[図面の簡単な説明]

図1は本発明の一実施例に係わる磁気検出方法を適用した磁気検出装置を示すブロック図である。

図2Aは図1に示す実施例装置をさらに具体化した磁気検出装置における薄鋼帯の走行方向に平行する面で切断した断面図である。

図2Bは同装置における薄鋼帯の走行方向に直交する面で切断した断面図である。

図2Cは同装置が支持装置に組込まれた状態を示す側面図である。

図3Aは本発明の他の実施例に係わる磁気検出装置における薄鋼帯の走行方向に平行する面で切断した断面図である。

図3Bは同装置における薄鋼帯の走行方向に直交する面で切断した断面図である。

図4Aは本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図4Bは同装置における薄鋼帯の走行方向に平行する面で切断した断面図である。

図4Cは同装置における薄鋼帯の走行方向に直交する面で切断した断面図である。

図5Aは本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図5Bは同装置における薄鋼帯の走行方向に平行する面で切断した断面図である。

図5Cは同装置における薄鋼帯の走行方向に直交する面で

切断した断面図である。

図6Aは実施例の磁気検出装置に組込まれた垂直型磁気センサ及び補償コイルを示す断面図である。

図6Bは実施例の磁気検出装置に組込まれた水平型磁気センサ及び補償コイルを示す断面図である。

図6Cは図2Aに示す磁気検出装置に組込まれた垂直型磁気センサ及び補償コイルと薄鋼帯との位置関係を示す断面図である。

図7は図2Aに示す磁気検出装置の電氣的構成を示すブロック図である。

図8は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置の電氣的構成を示すブロック図である。

図9は実施例装置にて欠陥が存在しない薄鋼帯を測定した場合におけるセンサ位置と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図10は実施例装置にて欠陥が存在する薄鋼帯を測定した場合におけるセンサ位置と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図11は従来装置にて欠陥が存在する薄鋼帯を測定した場合におけるセンサ位置と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図12は実施装置における薄鋼帯の移動速度と磁気センサの出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図13は実施例装置における励磁電流と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図14は実施例装置において、積分回路のある場合とない場合とにおける励磁電流と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図15は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図16は同実施例装置の電氣的構成を示すブロック図である。

図17は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図18は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図19は図17、図18の実施例装置における励磁電流と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図20は図17、図18の実施例装置におけるセンサ位置と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図21は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図22は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図23は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図24は図21乃至図23の実施例装置における薄鋼帯の移動速度と出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図25は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図26は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図27は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図28は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図29Aは本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図29Bは本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図29Cは本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図30は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図31は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図32は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図33は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図34は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。

図35は製鉄工場における圧延ラインを示す模式図である。

図36は同圧延ラインに組込まれた磁気検出装置の概略構成を示す側面図である。

図37は同装置の磁気検出器の概略構成を示す斜視図である。

図38は同装置の電氣的構成を示すブロック図である。

図39は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置の電氣的構成を示すブロック図である。

図40は同装置の効果を説明するための角度比(α/β)で示した接触長と磁極間距離との比とS/N相対比との関係を示す特性図である。

図41は同装置の効果を説明するためのリフトオフと角度 β で記した磁極間距離との比(β/d)とS/N相対比との関係を示す特性図である。

図42は本発明のさらに別の実施例に係わる磁気検出装置の電氣的構成を示すブロック図である。

図43は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置の概略構成を示す側面図である。

図44は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置の概略構成を示す側面図である。

図45は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置の概略構成を示す側面図である。

図46Aは従来の磁気検出装置における薄鋼帯の走行方向に平行する面で切断した断面図である。

図46Bは同装置における薄鋼帯の走行方向に直交する面で切断した断面図である。

図46Cは同装置が支持装置に組込まれた状態を示す側面図である。

図47は磁極位置に対応する一般的な磁界分布特性図である。

図48は磁界分布特性と磁気センサの出力信号に印加する固定バイアス電圧との関係を示す図である。

図49は磁気センサの出力信号に固定バイアス電圧を印加するバイアス回路図である。

図50は従来装置における薄鋼帯の移動速度と磁気センサの出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図51は同じく従来装置における薄鋼帯の移動速度と磁気センサの出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図52は従来装置における磁束強度と磁気センサの出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

図53は従来装置における励磁電流と磁気センサの出力信号レベルとの関係を示す実測図である。

[発明を実施するための最良の形態]

以下本発明の実施例を図面を用いて説明する。

図1は本発明の一実施例の磁気検出方法を適用した磁気検出装置を示すブロック図である。

磁化器100は一对の磁極が被検体としての薄鋼帯101に対向するように配設されている。この磁化器100は薄鋼帯101に交差する磁束を生起する。磁化器100の励磁コイル102には磁化電源103から励磁電流Iが供給される。薄鋼帯101の上側で、かつ磁化器100の一对の磁極の間位置に、薄鋼帯101の内部または表面の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する垂直型の磁気センサ

104が配設されている。この磁気センサ104の出力信号は磁気検出回路105においてこの磁気センサ104に交差する磁束の強度に対応した出力信号106に変換される。出力信号106はローパスフィルタ107および特定信号抽出フィルタとしてのハイパスフィルタ108へ入力される。

ローパスフィルタ107は出力信号106に含まれる低周波信号成分を抽出する。このローパスフィルタ107にて抽出された低周波信号成分は増幅器110へ送出される。増幅器110は低周波信号成分を増幅して、磁気センサ104の外周面を囲むように巻装された補償コイル111に印加する。

一方、薄鋼帯101の移動速度Vは速度検出器112で検出されて、周波数制御手段としての遮断周波数制御回路113へ入力される。遮断周波数制御回路113は入力された移動速度Vに対応して前記ハイパスフィルタ108の遮断周波数を変更する。ハイパスフィルタ108は磁気検出回路105の出力信号106に含まれる低周波信号成分を除去して欠陥信号114として出力端子115から出力する。

なお、ハイパスフィルタ108の代りに、通過周波数帯域幅が広いバンドパスフィルタを用いることも可能である。この場合、バンドパスフィルタの通過周波数帯域の中心周波数が、遮断周波数制御回路113の制御によって、薄鋼帯101の移動速度Vの変化に対応して変化する。よって、このバンドパスフィルタは前記ハイパスフィルタ108とほぼ同様の機能を有する。

このように構成された磁気検出装置において、例えば磁気

的異常部が全く存在しない薄鋼帯101が図1の矢印方向に移動すると、垂直型の磁気センサ104の設置位置($X=0$)における磁束は零ではなく、図47の垂直磁界分布特性Eに示すように、移動速度Vに対応した浮遊磁束の値となる。したがって、磁気センサ104の出力信号106はこの浮遊磁束に起因する移動速度Vに対応したほぼ一定レベルの低周波信号となる。そして、移動状態の薄鋼帯101に例えば欠陥等の磁氣的異常部が存在すると、この磁氣的異常部に起因する漏洩磁束が磁気センサ104によって検出され、前記浮遊磁束の低周波数成分に、磁氣的異常部に起因する高周波成分が重畳される。

ローパスフィルタ107でこの低周波信号成分が抽出され、この抽出された低周波信号成分は増幅器110で所定のレベルに増幅された後、補償コイル111に印加される。この補償コイル111は励磁されると前記浮遊磁束を打ち消す極性の磁束を発生する。その結果、磁気センサ104に交差する合成された磁束は打ち消されて零に近づく。よって、磁気センサ104の出力信号106に含まれる低周波信号成分は低減される。

すなわち、補償コイル111，磁気センサ104，ローパスフィルタ107，増幅器110は一種の負帰還ループを構成する。よって、たとえ薄鋼帯101の移動速度Vが変化し、出力信号106に含まれる低周波信号成分の信号レベルが変化したとしても、負帰還ループはこの低周波信号成分を打消す方向に動作する。なお、出力信号106に含まれる磁氣的

異常部に起因する欠陥信号の周波数は低周波信号成分の周波数に比較して格段に高い。よって、欠陥信号は、ローパスフィルタ 107 で除外され、閉帰還ループに負帰還されることはない。

さらに、磁気センサ 104 の出力信号 106 からハイパスフィルタ 108 を用いて欠陥信号 114 を抽出しているので、欠陥信号 114 に含まれる浮遊磁束の影響をさらに徹底して除去できる。また、薄鋼帯 10 の移動速度 V が変化すると、同一規模の磁氣的異常部であっても磁気センサ 104 の出力信号 106 に含まれる欠陥信号の周波数成分が高域側に変化するので、遮断周波数制御回路 113 でもってハイパスフィルタ 108 の遮断周波数 f_c を移動速度 V に応じて変化させている。よって、より正確に欠陥等の磁氣的異常部の規模を検出できる。

このように、磁気センサ 104 の出力信号 106 から磁氣的異常部に起因する欠陥信号のみを効率的に取出すことが可能である。

図 2 A, 図 2 B, 図 2 C は図 1 に示す磁気検出装置を工場における検査ラインに組込んだ状態を示す断面図である。図 46 A, 図 46 B, 図 46 C に示す磁気検出装置と同一部分には同一符号が付されている。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例においては、被検体としての薄鋼帯 10 を挟んで上下にそれぞれ中空ロール 1, 1 a が配設されている。図 2 C において、フレーム 11 内に 2 本の水平アーム 12,

12aがそれぞればね部材13a, 13b, 13c, 13dによって支持されている。したがって、各水平アーム12, 12aは上下に移動可能である。各水平アーム12, 12aの中央に磁気検出装置の固定軸2, 2aが固定されている。また、フレーム11の両側には薄鋼帯10を磁気検出装置における各中空ロール1, 1aの間に導くための一对のガイドロール14a, 14bが設けられている。

図2A, 図2Bにおいて、非磁性材料で形成された下側中空ロール1の中心軸に固定軸2の一端が貫通されている。固定軸2は中空ロール1の中心軸に位置するように一对のころがり軸受をもって回転自在に支持されている。したがって、この中空ロール1は固定軸2を回転中心軸として自由に回転する。

この中空ロール1内において、磁化器4の磁化コイル6が巻装された磁気鉄心4cが、その各磁極4a, 4bが中空ロール1の内周面に近接する姿勢で、支持部材5を介して固定軸2に固定されている。

一方、下側中空ロール1を挟んで薄鋼帯10の上側に配設された上側中空ロール1aは固定軸2aに対して回転自在に設けられ、薄鋼帯10が矢印a方向に走行すると、矢印c方向に回転する。そして、この中空ロール1aの固定軸2aに支持棒21aを介して磁気センサ群7が下側中空ロール1内に収納された磁化器4の磁極4a, 4bに対向するように固定されている。磁気センサ群7はリニア状に配列され複数の磁気センサ7aで構成されている。各磁気センサ7aの信号

ケーブルは固定軸 2 a を介して外部に導き出されている。

また、この磁気センサ群 7 を囲むようにように補償コイル 2 2 が巻装されている。この補償コイル 2 2 へ励磁電流を供給する信号線も前記固定軸 2 a を介して供給される。さらに、薄鋼帯 1 0 の走行方向にこの薄鋼帯 1 0 の移動速度 V を検出するための例えば回転計からなる速度検出器 2 3 が取付けられている。

図 3 A, 図 3 B は本発明の他の実施例の磁気検出装置を示す断面図である。この実施例装置は 1 個の中空ロール 1 のみで構成されている。すなわち、図 2 A, 図 2 B に示す各磁気センサ 7 a および補償コイル 2 2 が下側中空ロール 1 内の磁化器 4 の磁極 4 a, 4 b の中間位置に配設されている。このように磁気検出装置が 1 個の中空ロール 1 のみで構成されているので、装置全体が小型化できる。

図 4 A は本発明の他の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 1 の実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって重複する部分の詳細説明が省略されている。

この実施例装置においては、磁気センサ 1 0 4 のみが薄鋼帯 1 0 1 の上側に配設されている。そして、補償コイル 1 1 1 が薄鋼帯 1 0 1 の下側に配設された磁化器 1 0 2 の磁極間に配設されている。その他の各回路構成は図 1 の実施例と同じである。

図 4 B, 図 4 C は図 4 A の実施例装置を実際の工場における検査ラインに組込んだ状態を示す断面図である。この実施例においては、上側中空ロール 1 a 内の固定軸 2 a に固定さ

れた支持棒 21 a に各磁気センサ 7 a が取付けられている。一方、下側中空ロール 1 内の磁化器 4 の磁極 4 a, 4 b 間の中央位置には補償コイル 22 が配設されている。この補償コイル 22 は支持棒 21 にて固定軸 2 に固定されている。

図 5 A は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 1 の実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明が省略されている。

この実施例装置においては、図 4 A の実施例装置とは逆に、補償コイル 111 のみが薄鋼帯 101 の上側に配設されている。そして、磁気センサ 104 は薄鋼帯 101 の下側に配設された磁化器 102 の磁極間に配設されている。その他の各回路構成は図 1 の実施例と同じである。

図 5 B, 図 5 C は図 5 A の実施例装置を実際の工場における検査ラインに組込んだ状態を示す断面図である。この実施例においては、上側中空ロール 1 a 内の固定軸 2 a に固定された支持棒 21 a に補償コイル 22 が取付けられている。一方、下側中空ロール 1 内の磁化器 4 の磁極 4 a, 4 b 間の中央位置に各磁気センサ 7 a が配設されている。この各磁気センサ 7 a は支持棒 21 にて固定軸 2 に固定されている。

次に、前述した図 1 乃至図 5 C の各実施例装置において使用される磁気センサおよび補償コイルの具体的構成を図 6 A, 図 6 B を用いて説明する。

図 6 A は薄鋼帯 10 の直交方向の磁束を検出する垂直型磁気センサ 7 a であり、図 6 B は薄鋼帯 10 の平行方向の磁束

を検出する水平型磁気センサ 7 b である。各磁気センサ 7 a, 7 b は同一構成であり、配設方向が異なるのみである。すなわち、磁気センサ群 7 を構成する各磁気センサ 7 a, 7 b は強磁性体材料で形成された棒状コアに検出コイルを巻装してなる可飽和型の磁気センサである。

なお、磁気センサ 7 a, 7 b として、上述した高い検出感度を有する可飽和型の磁気センサが最良であるが、MR 素子、ホール素子、磁気ダイオード等の公知の磁気検出素子を用いることも可能である。

このリニア状に配列された多数の磁気センサ 7 a, 7 b からなる磁気センサ群 7 を囲むように例えばパーマロイのような強磁性体で形成されたシールド筒 24 の外周面に前述した補償コイル 22 が巻装されている。

そして、図 6 A に示す垂直型磁気センサ 7 a においては、補償コイル 22 の高さ H は、磁気センサ群 7 全体を覆うように、各磁気センサ 7 a の長さ L より長く設定されている ($H > L$)。なお、シールド筒 24 は、各磁気センサ 7 a がこの磁気センサ 7 a の直下の磁束のみを効率よく検出するために、磁気検出における指向性を向上させる目的で設けられている。

なお、水平型磁気センサ 7 b においては、上述したような補償コイル 22 の垂直型磁気センサ 7 a に対するような寸法制限 ($H > L$) は存在しない。しかし、補償コイル 22 の大きさは、基本的に、水平型磁気センサ 7 b を取囲む大きさであればよい。

また、磁気センサ群 7 の外周面に絶縁物を介して補償コイル 22 が巻装されてもよい。さらに、磁気センサ群 7 の周囲にモールド材を配設して、このモールド材の外周面に補償コイル 22 が巻装されてもよい。

さらに、実施例のように磁気センサが多数の磁気センサ 7 a からなる磁気センサ群 7 で構成されていた場合は、この磁気センサ群 7 を一つの補償コイル 22 で囲むのが好ましい。しかし、各磁気センサ 7 a 毎に補償コイルを個別に設けてもよい。当然、磁気センサ群が 1 個の磁気センサのみで構成されていた場合には、この 1 個の磁気センサを一つの補償コイルで囲めばよい。

図 6 C は図 6 A で示す垂直型磁気センサ 7 a および補償コイル 22 が組込まれた図 2 A の実施例装置の要部を取り出して示す拡大図である。磁気センサ群 7 を構成する各磁気センサ 7 a は磁極 4 a, 4 b 間を結ぶ線に平行する線を中心 ($X = 0$) に、薄鋼帯 10 に直交する姿勢で配設されている。したがって、この各磁気センサ 7 a は欠陥に起因する漏洩磁束のうちの薄鋼帯 10 の表面に直交する垂直成分を検出する。

図 7 は図 2 A ~ 図 2 C および図 3 A, 図 3 B に示す磁気検出装置における下側中空ロール 1 内に収納された磁化器 4 を除いた電氣的構成を示すブロック図である。

薄鋼帯 10 の幅方向に n 個の磁気センサ 7 a が配列されており、この n 個の磁気センサ 7 a からなる磁気センサ群 7 を囲むように補償コイル 22 が巻装されている。補償コイル 22 の一端は接地されており、他端はスイッチ 25 を介して

増幅器 26 の出力端子に接続されている。

各磁気センサ 7a は各磁気検出回路 27 に接続され、この各磁気検出回路 27 からそれぞれ各磁気センサ 7a に交差する磁束に比例する出力信号 d が出力される。各磁気検出回路 27 から出力された n 個の出力信号 d はそれぞれハイパスフィルタ 28 へ入力される。各ハイパスフィルタ 28 は、それぞれ、例えば 20 Hz から 3 kHz までの間に含まれる複数の遮断周波数 f_c を有しており、遮断周波数切換制御回路 29 からの切換制御信号に応じて一つの遮断周波数 f_c を選択する。なお、前述したように、ハイパスフィルタ 28 の代りに広い通過周波数帯域幅を有するバンドパスフィルタを使用することも可能である。

遮断周波数制御回路 29 には前記速度検出器 23 から出力された移動速度 V が入力されており、入力された移動速度 V に対応した切換制御信号を出力する。その結果、薄鋼帯 10 の移動速度 V が増加すると、各ハイパスフィルタ 28 の遮断周波数 f_c が上昇する。したがって、各ハイパスフィルタ 28 は移動速度 V に対応した遮断周波数 f_c でもって各出力信号 d に含まれる欠陥に起因する漏洩磁束に対応する欠陥信号 e を抽出する。

各ハイパスフィルタ 28 にて抽出された欠陥信号 e はマルチプレクサ回路 30 へ入力される。マルチプレクサ回路 30 は一定周期で各欠陥信号 e を順番に選択して、例えば CRT 表示装置からなる表示器 31 に表示する。

また、各磁気検出回路 27 から出力された n 個の出力信号

d は平均化回路 32 へ入力される。この平均化回路 32 は n 個の出力信号 d を平均して、平均出力信号 d1 として出力する。平均化回路 32 から出力された平均出力信号 d1 は次のローパスフィルタ 33 へ入力される。ローパスフィルタ 33 の遮断周波数 f_c は例えば 1 Hz 等の非常に低い値に設定されている。そしてローパスフィルタ 33 の出力端子から、母材の例えば材質や厚さにおける健全部や、磁気センサの位置（例えば X 方向の位置）のずれ、または、薄鋼帯 10 が走行することによって生じる浮遊磁束強度に対応する低周波信号成分 g が出力される。

ローパスフィルタ 33 で抽出された低周波信号成分 g は増幅器 26 へ入力される。増幅器 26 は入力された低周波信号成分 g を一定の増幅率でもって増幅して、スイッチ 25 を介して補償コイル 22 へ印加する。

補償コイル 22 においては、前記浮遊磁束の磁界の極性とは逆の極性の磁界を発生するようにコイルに供給する電流の極性が設定されている。したがって、補償コイル 22 に増幅器 26 から励磁電流が印加されると、浮遊磁束を打消す方向の磁束が発生する。その結果、各磁気センサ 7a に交差する垂直方向の磁束は相殺されて大幅に低減する。

なお、各磁気センサ 7a から各磁気検出回路 27 への信号路に端子 S が設けられている。この端子 S には、必要に応じて、図 49 に示すバイアス電圧発生器 16 と減算器 15 からなる固定バイアス回路が介挿される。すなわち、各磁気センサ 7a の設置位置が磁化器 4 の磁極 4a, 4b の中心位置

($X = 0$) からずれた場合に、そのずれ量を固定バイアス電圧 V_{ov} を印加 (減算) することによって電氣的に補正することも可能である。

図 8 は本発明のさらに別の実施例装置の要部を取出して示すブロック図である。図 7 の実施例と同一部分には同一符号が付してある。よって重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、薄鋼帯 10 の幅方向に例えば 100 ~ 200 個の磁気センサ 7a が配設されている。そして、各磁気センサ 7a は例えば 10 個づつブロック化され、m 個のブロック 34 に分割されている。各ブロック 34 毎に先頭の磁気センサ 7a の磁気検出回路 27 の出力信号 d1 が順番に抽出されて平均化回路 32a へ入力している。よって、平均化回路 32a は m 個の出力信号 d1 を平均して、ローパスフィルタ 33 へ送出する。

このような構成であれば、平均化回路 32a は図 7 の実施例装置における平均化回路 32 に比較して、回路構成が簡素化される。

次に、上述した補償コイル 22 が組込まれた図 7, 図 8 に示す磁気検出装置における長所を実際に測定されたデータを用いて説明する。

実施例装置によれば、欠陥が全く存在しない薄鋼帯 10 を走行させることに起因する浮遊磁束は結果的に各磁気センサ 7a に交差しない。その結果、各磁気センサ 7a の出力信号 d に低周波信号成分 g が含まれないので、たとえば各磁気セン

サ 7 a の検出感度を上昇させたとしても出力信号 d が飽和することはない。よって、各磁気センサ 7 a の検出感度を容易に上昇できる。

次に、発明者等は上述した効果を確認するために図 7 の回路において、スイッチ 25 を投入して補償コイル 22 に低周波信号成分 g に対応する低週波信号を帰還させた場合（帰還あり）と、スイッチ 25 を開放した場合（帰還なし）とにおいて、実際の薄鋼帯 10 を用いて種々の比較試験を行った。試験結果は図 9 乃至図 13 に示されている。

まず最初に、欠陥が全く存在しない薄鋼帯 10 を静止した状態で（ $V = 0$ ）、磁化器 4 の磁化コイル 6 の磁化電流 I を 0.4 A に設定した条件で、各磁気センサ 7 a の水平方向の位置 X を磁極 4 a, 4 b の中心位置（ $X = 0$ ）に対して -3 mm から $+8 \text{ mm}$ まで移動させた場合におけるハイパスフィルタ 28 に入力する手前の出力信号 d の信号レベルを測定した。図 9 は測定された各信号レベルを相対出力として表示した実測図である。

この実測結果でも理解できるように、スイッチ 25 を投入して、補償コイル 22 に図 47 に示す垂直磁界分布特性 D に対応する浮遊磁束を打消す方向の磁束を発生させると、各磁気センサ 7 a の -3 mm から $+3 \text{ mm}$ まで広い位置範囲内において、各磁気センサ 7 a の設置位置変化にかかわらず、各磁気センサ 7 a の出力信号レベルを略零の一定値に制御することが可能である。すなわち、従来装置においては各磁気センサ 7 a を正確に磁極 4 a, 4 b の中心位置に設定する必要があ

るが、実施例装置においては、磁気センサ 7 a の設置位置を正確に中心位置 ($X = 0$) に設定していなくても、前述した中心位置 ($X = 0$) から $\pm 3 \text{ mm}$ の範囲であれば、出力信号 d に含まれる垂直磁界分布特性 D に起因する浮遊磁界の影響を除去できる。

なお、この図 9 において、帰還のない場合の特性を示す線は $X = 0$ 、相対出力 0 の点に関して略対称であり、帰還のある場合の特性を示す線は $X = 0$ を通る X 軸に垂直な直線に関して略対称であるが、理解を容易にするために部分的にしか描いていない。この点は、後述する図 10 においても同様である。

したがって、図 49 に示した固定バイアス回路を端子 S に接続しなかったとしても、垂直磁界分布特性 D に対応する浮遊磁界の影響を十分排除できる。

次に、予め基準となる直径 0.3 mm 及び 0.2 mm の 2 種類の標準欠陥が形成された薄鋼帯 10 を一定速度 ($V = 200 \text{ m/分}$) で走行させた状態において、スイッチ 25 を投入した条件 (帰還あり) で、各磁気センサ 7 a を走行方向に 8 mm まで順番に移動させた場合における各磁気センサ 7 a の出力信号 d の信号レベルを測定した。図 10 は各信号レベルを相対出力として表示した実測図である。また、図 11 は同一条件でスイッチ 25 を開放した場合 (帰還なし) における実測図である。

薄鋼帯 10 を走行させると前述したように浮遊磁束が生じる。そして、図 11 に示す従来装置における測定結果による

と、この浮遊磁束の影響を大きく受けて、各磁気センサ 7 a の位置を中心から 3 mm 程度移動させると標準欠陥の信号レベルは極端に変動する。しかし、図 10 に示す実施例装置の測定結果によると、磁気センサ 7 a の位置 X が中心位置から 5 mm 程度ずれても、検出された標準欠陥の信号レベルはほとんど変化しないことが確認できた。

次に、前述した直径 0.3 mm 及び 0.2 mm の 2 種類の標準欠陥を有する薄鋼帯 10 の走行速度 V を 200 m / 分から 1200 m / 分まで変化させた場合におけるスイッチ 25 を投入した場合と開放した場合における各出力信号 d を測定した。図 12 は測定された各信号レベルの相対出力を示す実測図である。

この実測図でも理解できるように、「帰還あり」で示された実施例装置によれば、たとえ移動速度 V が大きく変化してもほぼ一定した高い信号レベルでもって各欠陥を検出できる。すなわち、移動速度 V が変化したとしても検出された欠陥の規模を示す信号レベルはほとんど変化しない。よって、欠陥の規模をより定量的に測定できる。また、移動速度 V を上昇させることによって、例えば工場の検査ラインにおける薄鋼帯 10 の探傷作業能率を大幅に向上できる。

さらに、磁気センサ 7 a を中心位置 ($X = 0$) に設定し、ハイパスフィルタ 28 の遮断周波数 f_c を 1500 Hz に設定し、さらに直径 0.6 mm の標準欠陥を有する薄鋼帯 10 を走行速度 $V = 1200 \text{ m / 分}$ で走行させた条件において、磁化器 4 の励磁電流 I を 0 A から 0.6 A まで変化させた場合におけるハイパスフィルタ 28 を通った欠陥信号 e の信号レベルを測定し

た。図 1 3 は測定された各信号レベルの相対値を示す実測図である。

励磁電流 I の増加に伴って欠陥信号 e の信号レベルも上昇するが、スイッチ 25 を開放した場合（帰還なし）においては、0.2 A 程度の励磁電流 I で飽和する。しかし、スイッチ 25 を投入した実施例装置（帰還あり）においては、欠陥信号 e は 0.5 A 程度の励磁電流 I まで上昇を続ける。すなわち、磁化器 4 の磁化コイル 6 に印加する励磁電流値を増大することによって簡単に検出感度を上昇できる。

このように、薄鋼帯 10 の移動速度 V を高くすることが可能であり、かつ励磁電流を増加することによって簡単に検出感度を上昇でき、さらに磁気センサ 7 a の厳密な取付位置精度も要求されないので、工場の製造ライン等の悪測定環境下においても十分高い測定精度を確保できる。

図 1 4 は図 1 3 の試験条件と同一条件で励磁電流 I を 1.0 A まで上昇させた場合におけるハイパスフィルタ 28 から出力される欠陥信号 e の信号レベルの変化を示す実測図である。「積分回路なし」の指示で示される実施例装置の出力信号特性においては、信号レベルが相対値で 0.3 以上になると、信号レベルと励磁電流との関係が非直線関係になる。すなわち、実施例装置の特性をさらに向上させる必要がある。

図 1 5 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 1 に示す実施例と同一部分には同一符号が付されている。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、ローパスフィルタ107と増幅器110との間に積分回路109が介挿されている。

磁気センサ104の出力信号は磁気検出回路105でこの磁気センサ104に交差する磁束の強度に対応した出力信号106に変換される。この出力信号106はローパスフィルタ107およびハイパスフィルタ108へ入力される。ローパスフィルタ107は出力信号106に含まれる低周波信号成分を抽出する。ローパスフィルタ107にて抽出された低周波信号成分は積分回路109によってほぼ直流のバイアス信号に変換された後、増幅器110へ送出される。増幅器110にて増幅されたバイアス信号は、磁気センサ104の外周面を囲むように巻装された補償コイル111に印加される。

このように構成された磁気検出装置においては、図1の実施例装置と同様に、補償コイル111、磁気センサ104、ローパスフィルタ107、積分回路109、増幅器110は一種の負帰還ループを構成する。よって、たとえ薄鋼帯101の移動速度Vが変化して、出力信号106に含まれる低周波信号成分の信号レベルが変化したとしても、負帰還ループはこの低周波信号成分を相殺する方向に動作し、結果として、低周波数成分を発生させる外部磁界が、あたかも作用していないかのような状態が実現される。よって、磁気センサ104の出力信号106に含まれる低周波信号成分はほぼ零となる。

図16は図15に示す積分回路が組込まれた磁気検出装置

における下側中空ロール 1 内に収納された磁化器 4 を除いた電氣的構成を示すブロック図である。図 7 の実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、ローパスフィルタ 33 と増幅器 26 との間に積分回路 35 が介挿されている。したがって、ローパスフィルタ 33 で抽出された低周波信号成分 g は積分回路 35 へ入力される。積分回路 35 は入力された低周波信号成分 g を積分してほぼ直流のバイアス信号に変換する。積分回路 35 から出力されたバイアス信号は増幅器 26 で増分されて、スイッチ 25 を介して補償コイル 22 へ印加される。

次に、図 15 および図 16 に示すローパスフィルタと増幅器との間に積分回路を介挿する長所を前述した図 9, 図 10, 図 11, 図 13 および図 14 を用いて説明する。

図 9, 図 10 において、積分回路を採用しない実施例装置における磁気センサ 7a の設置位置の中心位置からの許容誤差範囲は 3 ~ 4 mm 程度である。これに対して、積分回路を採用することによって、この許容誤差範囲が一挙に 8 mm 程度まで拡大する。したがって、この磁気検出装置の製造時の取付位置調整作業がより簡素化される。また、図 12 に示す実測図においては、積分回路を採用することによって、薄鋼帯 10 の移動速度 V が変化した場合における磁気センサ 7a の出力信号レベル低下を軽減できる。すなわち、たとえ移動速度 V が大きく変化しても欠陥規模の検出精度はほぼ一定値を維持する。よって、常に高い欠陥検出精度を維持できる。

さらに、図 14 に示すように、積分回路を採用することによって、励磁電流 I と出力信号との直線関係を、1.0 A の励磁電流値まで維持できる。すなわち、積分回路を採用していない図 7 の実施例装置においては、約 3.5 A 程度で出力信号において飽和の前兆が現れるのに対して、図 16 の実施例装置においては、1.0 A 程度まで全く飽和の前兆は現れない。したがって、励磁電流 I を増加することによって簡単に検出感度を上昇させることが可能である。

図 17 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 1 の実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例においては、磁気センサとして、図 1 における垂直型の磁気センサ 104 の代りに、薄鋼帯 101 に平行する方向の磁束を検出する水平型の磁気センサ 119 が用いられている。水平型磁気センサ 119 からの信号は磁気検出回路 105 へ入力される。水平型磁気センサ 119 は図 47 に示す水平磁界分布特性 F における中央位置 ($X = 0$) の浮遊磁束を検出する。水平磁界分布特性 F における中央位置における磁界変化は比較的緩やかであり、一方、欠陥に起因する漏洩磁束の波形は急峻な形状を有するので、欠陥波形を充分区別して検出できる。

磁気検出回路 105 から出力される出力信号 106 は次のローパスフィルタ 107 へ入力される。したがって、ローパスフィルタ 107 以降の信号処理は図 1 の実施例装置におけ

る信号処理とほぼ同じである。よって、図1の実施例とほぼ同様の効果が得られる。

図18は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図17の実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例においては、ローパスフィルタ107と増幅器110との間に積分回路109が介挿されている。その他の部分は図17の実施例装置と同じである。したがって、図1の実施例装置に積分回路109が組込まれた図15に示す実施例装置とほぼ同じ効果を得ることが可能である。

次に、図7および図16に示す実施例装置において、垂直型磁気センサ7aの代りに水平型磁気センサ7bを用いた場合における実測値が図19に示されている。

スイッチ25を開放して、補償コイル22に低周波信号またはバイアス信号を帰還しない場合は、磁化器4に印加する励磁電流Iを0.02A程度まで上昇させると、磁気センサ7bの出力信号は飽和し、さらに励磁電流Iを0.04Aまで上昇させると、前記出力信号は0まで低下する。

これに対して、補償コイル22に低周波信号を帰還させると、励磁電流Iを0.1Aまで上昇させることが可能である。さらに、積分回路104を採用すると、磁気センサ7bの出力信号は、励磁電流Iが0.1Aまで上昇するまで、この励磁電流Iにほぼ比例して上昇する。

図20は、水平型磁気センサ7bの設置位置Xと水平型磁

磁気センサ 7 b の出力信号レベルの相対値との関係を示す実測図である。なお、磁化器 4 の磁極 4 a, 4 b の中心位置が原点 ($X = 0$) である。図 20 から明らかなように、同一励磁電流 I で比較した場合に、補償コイル 22 に低周波信号またはバイアス信号を帰還する条件の方が、帰還しない条件に比較して、磁気センサ 7 b の出力信号レベルは設置位置の影響を受けにくい。したがって、垂直型磁気センサ 7 a と同様に、水平型磁気センサ 7 b の取付時における高い取付位置精度は要求されない。

図 21 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 1 に示す実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、薄鋼帯 101 の内部または表面の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する垂直型磁気センサ 104 の出力信号は磁気検出回路 105 で磁束の強度に対応した出力信号 106 に変換される。この出力信号 106 はハイパスフィルタ 108 へ入力される。ハイパスフィルタ 108 は磁気検出回路 105 の出力信号 106 に含まれる低周波信号成分を除去する。ハイパスフィルタ 108 の出力信号は出力増幅器 116 で増幅されたのち、欠陥信号 117 として出力端子 118 へ送出される。

一方、垂直型磁気センサ 104 に隣接して水平型磁気センサ 119 が配設されている。この水平型磁気センサ 119 は、図 47 に示す水平磁界分布特性 F における山形波形のピーク

位置近傍の磁束を検出する。

水平型磁気センサ 119 の出力信号は磁気検出回路 120 でこの磁気センサ 119 に交差する磁束の強度に対応した出力信号 121 に変換される。磁気検出回路 120 から出力された出力信号 121 は割算回路 122 へ入力される。基準信号発生回路 123 は前記出力増幅器 116 に予め設定された基準増幅率に対応する信号レベルを有した基準信号 124 を割算回路 122 へ送出する。割算回路 122 は磁気センサ 119 からの出力信号 121 を基準信号 123 の信号レベルで除算して、除算された信号を制御信号 125 として出力増幅器 116 へ印加する。出力増幅器 116 は、制御信号 125 の信号レベルが高くなると増幅率を低下し、信号レベルが低くなると増幅率を上昇させる。

すなわち、前述したように、磁化器 100 に対する励磁電流 I を一定に制御した状態においては、薄鋼帯 101 の移動速度 V が上昇すると薄鋼帯 101 の磁化力が低下する。したがって、同一規模の欠陥であったとしても、移動速度 V が上昇するると、欠陥信号 117 の信号レベルが低下する。しかし、実施例装置によれば、薄鋼帯 101 の磁化力が低下すると、水平型磁気センサ 119 の出力信号 121 の信号レベルが低下する。その結果、出力増幅器 116 の増幅率が上昇して、欠陥信号 117 の信号レベル低下を補う。

逆に、薄鋼帯 101 の移動速度 V が低下して、磁化力が上昇すると、水平型磁気センサ 119 の出力信号 121 の信号レベルが上昇する。その結果、出力増幅器 116 の増幅率が

低下して、欠陥信号 117 の信号レベル上昇を抑制する。

このように、薄鋼帯 101 の移動速度 V が変化すると、この移動速度 V に変化に起因する磁化力の変化が水平型磁気センサ 119 で検出される。検出された磁化力の変化に応じて出力増幅器 116 の増幅度が制御される。したがって、出力端子 118 から出力される欠陥信号 117 の信号レベルは常に欠陥の規模に対応した信号レベルとなる。よって、欠陥規模の測定精度がより一層向上する。

さらに、この実施例装置は厚さや種類等の被検体の属性の変化にも十分対応することができる。したがって、特に厚さや品質が個々に異なる被検体を絶え間なくオンライン状態で検査する場合に特に有益である。

図 22 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 21 に示す実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、割算回路 122 から出力される制御信号 125 は磁化電源 126 の制御端子へ入力されている。また、基準信号発生回路 123 は基準磁化電流に対応する基準信号 124 を出力する。磁化電源 126 は制御信号 125 の信号レベルが上昇すると、磁化器 100 の励磁コイル 102 に印加する励磁電流 I を前記基準磁化電流以下に低下させる。逆に制御信号 125 の信号レベルが低下すると、励磁電流 I を上昇させる。

このような構成の磁気検出装置において、前述したように

薄鋼帯 101 の移動速度 V が上昇すると薄鋼帯 101 の磁化力が低下する。その結果、制御信号 125 の信号レベルが低下して、励磁電流 I が上昇するので、薄鋼帯 101 の磁化力低下が補われる。逆に、薄鋼帯 101 の移動速度 V が低下して、磁化力が上昇すると、制御信号 125 の信号レベルが上昇して、磁化電源 126 から出力される励磁電流 I が低下する。よって、磁化力上昇が抑制される。

このように、薄鋼帯 101 の移動速度 V が変化すると、この移動速度 V 変化に起因する磁化力の変化が水平型磁気センサ 119 で検出される。検出された磁化力の変化に応じて磁化器 100 に対する励磁電流 I が変化して、薄鋼帯 101 の磁化力が常に一定値に維持される。よって、出力端子 118 から出力される欠陥信号 117 の信号レベルは常に欠陥の規模に対応した信号レベルとなる。その結果、欠陥規模の測定精度がより一層向上する。

図 23 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 22 に示す実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、割算回路 122 から出力される制御信号 125 が磁化電源 126 の制御端子へ入力されると共に、出力増幅器 116 の制御端子へも入力される。

このような構成の磁気検出装置であれば、欠陥信号 117 の信号レベルと磁化器 100 に対する励磁電流レベルが同時に補正されるので、例えば薄鋼帯 101 の移動速度 V が急激

に変化した場合等において、信号レベルおよび励磁電流レベルがその速度変動に迅速に応答して変化する。したがって、欠陥規模の測定精度がより一層向上する。

次に、制御信号125を出力増幅器116へ帰還させた図21の実施例装置と、制御信号125を磁化電源126へ帰還させた図22の実施例装置とを比較するために、直径0.2mmの標準欠陥が形成された薄鋼帯101の移動速度Vを0～1200m/分まで変化させた場合における水平型磁気センサ119の各出力信号の信号レベルを測定した。図24にその測定結果が示されている。

また、図24には、図1の実施例に示すように、増幅器110の低周波信号を補償コイル111のみへ帰還させた場合の実測値が同時に記載されている。なお、この場合、欠陥が存在しない健全な薄鋼帯101を測定した。

図示するように、補償コイル111へ低周波信号を帰還させるのみの場合においては、薄鋼帯101の移動速度Vが高くなると出力信号レベルは低下する。しかし、磁化電源126または出力増幅器116に制御信号125を帰還させると、たとえ移動速度Vが大きく変動したとしても出力信号レベルはほとんど変化しない。よって、欠陥の規模の検出精度が大幅に上昇することが理解できる。

図25は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図21に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、水平型磁気センサ 119 で欠陥が検出される。

すなわち、薄鋼帯 101 の内部または表面の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する水平型磁気センサ 119 の出力信号は磁気検出回路 120 で磁束の強度に対応した出力信号 121 に変換される。この出力信号 121 はハイパスフィルタ 108 へ入力される。ハイパスフィルタ 108 は磁気検出回路 120 の出力信号 121 に含まれる低周波信号成分を除去する。ハイパスフィルタ 108 の出力信号は出力増幅器 116 で増幅されたのち、欠陥信号 117 として出力端子 118 へ送出される。

また、磁気検出回路 120 の出力信号 121 は割算回路 122 へ入力される。基準信号発生回路 123 は前記出力増幅器 116 に予め設定された基準増幅率に対応する信号レベルを有した基準信号 124 を割算回路 122 へ送出する。割算回路 122 は、水平型磁気センサ 119 からの出力信号 121 を基準信号 123 の信号レベルで除算して、除算された信号を制御信号 125 として出力増幅器 116 の制御端子へ印加する。出力増幅器 116 は、制御信号 125 の信号レベルが高くなると増幅率を低下し、信号レベルが低くなると増幅率を上昇させる。

このように構成された磁気検出装置において、水平型磁気センサ 119 は図 47 の水平磁界分布特性 F の中央位置 ($X = 0$) の磁界に対応する浮遊磁束および欠陥に起因する漏洩磁束を検出する。したがって、欠陥が存在すると、水平型磁

気センサ 119 は、低周波の浮遊磁束に高周波の欠陥に起因する漏洩磁束が重畳した合成磁束を検出する。磁気検出回路 120 の出力信号 121 に含まれる欠陥に起因する高周波信号成分はハイパスフィルタ 108 で検出される。よって、欠陥に起因する欠陥信号 117 が出力端子 118 から出力される。浮遊磁束に起因する低周波信号成分は欠陥に起因する高周波信号成分に比較して桁違いに大きいので、割算回路 122 に入力される信号の信号レベルはほぼ浮遊磁束に起因する低周波信号成分の信号レベルと見なすことが可能である。したがって、出力増幅器 116 の増幅度は浮遊磁束のレベル変化に応動して変化する。その結果、たとえ薄鋼帯 101 の移動速度 V が大きく変動したとしても、欠陥規模の検出精度を広い速度範囲に亘ってほぼ一定値に制御できる。よって、図 21 に示す実施例装置に準じる効果が得られる。

図 26 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 25 に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、割算回路 122 から出力される制御信号 125 は磁化電源 126 の制御端子へ入力される。磁化電源 126 から磁化器 100 へ供給される励磁電流 I が制御信号 125 にて制御される。

前述したように、割算回路 122 に入力される信号の信号レベルはほぼ磁界強度に対応する低周波信号成分の信号レベルと見なすことが可能である。よって、励磁電流 I は水平型

磁気センサ 119 で検出される浮遊磁束が常に一定値になるように制御される。その結果、速度変動に起因する薄鋼帯 101 の磁化力変動が補償され、欠陥規模の検出精度は常に一定値に維持される。

図 27 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 26 に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、割算回路 122 から出力される制御信号 125 が磁化電源 126 の制御端子へ入力されると共に、出力増幅器 116 の制御端子へも入力される。

このような構成の磁気検出装置であれば、欠陥信号 117 の信号レベルと磁化器 100 に対する励磁電流レベルが同時に補正されるので、例えば薄鋼帯 101 の移動速度 V が急激に変化した場合等において、信号レベルおよび励磁電流レベルがその速度変動に迅速に応答して変化する。したがって、欠陥規模の測定精度がより一層向上する。

図 28 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 23 に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、薄鋼帯 101 の欠陥に起因して発生する漏洩磁束が水平型磁気センサ 119a で検出される。水平型磁気センサ 119a の出力信号は磁気検出回路 120a で磁束の強度に対応した出力信号 121a に変換さ

れる。この出力信号121aはハイパスフィルタ108へ入力される。ハイパスフィルタ108は磁気検出回路120aの出力信号121aに含まれる低周波信号成分を除去する。ハイパスフィルタ108の出力信号は出力増幅器116で増幅されたのち、欠陥信号117として出力端子118へ送出される。

また、他方の水平型磁気センサ119から得られた出力信号121は割算回路122へ入力される。この割算回路122から磁化電源126および出力増幅器116へ制御信号125が送出される。

このように構成された磁気検出装置であっても、一方の水平型磁気センサ119aでもって欠陥が検出でき、かつ他方の水平型磁気センサ119の出力信号でもって励磁電流および増幅率が制御されるので、図23の実施例とほぼ同様の効果を得ることが可能である。

図29Aは本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図1および図22に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、欠陥に起因する漏洩磁束を検出する垂直型磁気センサ104と、補償コイル111と、磁界強度に対応する浮遊磁束を検出する水平型磁気センサ119とが薄鋼帯101に上側に配設されている。

すなわち、垂直型磁気センサ104の出力信号は磁気検出回路105にて欠陥に対応する出力信号106に変換されて

ハイパスフィルタ 108 へ入力される。出力信号 106 はハイパスフィルタ 108 で低周波信号成分が除去された後、出力増幅器 116 で増幅され、欠陥信号 117 として出力端子 118 へ送出される。また、出力信号 106 に含まれる低周波信号成分はローパスフィルタ 107 によって抽出された後、増幅器 110 で増幅される。増幅器 110 で増幅された低周波信号成分は補償コイル 111 へ印加される。

一方、水平型磁気センサ 119 の出力信号は磁気検出回路 120 にて浮遊磁束に対応する出力信号 121 に変換されて割算回路 122 へ入力される。割算回路 122 から前記浮遊磁束に応じて変化する制御信号 125 が磁化電源 126 へ印加される。

この実施例装置においては、移動速度 V が変化することに起因する薄鋼帯 101 の磁化力変化に応動して、磁化器 100 に対する励磁電流 I が変化して、磁化力が常に一定値に制御される。また、出力信号 106 に含まれる浮遊磁束に起因する低周波信号成分は補償コイル 22 にて相殺されて低減される。

このように、互いに独立した 2 種類の制御手法でもって欠陥検出の検出精度を常に高い一定状態に維持することが可能となる。

図 29B は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 29A に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、磁界強度に対応する浮遊磁束を検出する水平型磁気センサ119が薄鋼帯101の上方に配設され、欠陥に起因する漏洩磁束を検出する垂直型磁気センサ104および補償コイル111が薄鋼帯101の下側に位置する磁化器100の磁極間に配設されている。このように構成された磁気検出装置においても、図29Aに示した実施例とほぼ同様の効果を得ることが可能である。

図29Cは本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図29Aに示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、薄鋼帯101の欠陥に起因して発生する漏洩磁束が水平型磁気センサ119aで検出される。そして、この水平型磁気センサ119aに補償コイル111が巻装されている。水平型磁気センサ119aの出力信号は磁気検出回路120aで磁束の強度に対応した出力信号121aに変換される。この出力信号121aはハイパスフィルタ108およびローパスフィルタ107へ入力される。ハイパスフィルタ108の出力信号は出力増幅器116で増幅されて欠陥信号117として出力される。また、ローパスフィルタ107の出力信号は増幅器110で増幅されたのち補償コイル111へ印加される。さらに、割算回路122から磁化電源126へ制御信号125が送出される。

したがって、出力増幅器116の増幅率および磁気電源126の磁化電流が制御されるので、図29Aの実施例とほ

ほぼ同じ効果を得ることが可能である。

図30は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図28に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、水平型磁気センサ119とこの水平型磁気センサ119の周囲に巻装された補償コイル111とが薄鋼帯101の上側に配設されている。すなわち、水平型磁気センサ119の出力信号は磁気検出回路120でこの水平型磁気センサ119に交差する磁束に対応する出力信号121に変換される。出力信号121に含まれる浮遊磁束に対応する低周波信号成分はハイパスフィルタ108で除去される。低周波信号成分が除去された出力信号は、出力増幅器116で増幅されて、欠陥信号117として出力端子118から出力される。

また、出力信号121に含まれる浮遊磁束に起因する低周波信号成分はローパスフィルタ107で抽出された後、電力増幅器127で増幅される。電力増幅器127で増幅された低周波信号成分は補償コイル111に印加される。また、電力増幅器127で増幅された低周波信号成分は割算回路122へ入力される。割算回路122から出力された制御信号125は出力増幅器116および磁化電源126の各制御端子に印加される。

このように構成された磁気検出装置においては、補償コイル111によって、浮遊磁束を相殺する方向の磁束が生起さ

れるので、出力信号 1 2 1 に含まれる浮遊磁束に起因する低周波信号成分は低減される。よって、出力信号 1 2 1 の S / N が向上する。また、薄鋼帯 1 0 1 の移動速度 V が変化するに起因する磁化力変化に応動して、磁化器 1 0 0 に対する励磁電流 I が変化して、磁化力が常に一定値に制御される。また、薄鋼帯 1 0 1 の磁化力変化に応動して出力増幅器 1 1 6 の増幅率が変化する。したがって、図 2 8 の実施例とほぼ同様の効果を得ることが可能である。

図 31 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 7 および図 29 A に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例においては、垂直型磁気センサでもって、欠陥に起因する漏洩磁束と薄鋼帯の速度変化に起因する磁化力変化とが検出される。

すなわち、マルチプレクサ回路 30 にて選択される欠陥信号 e は出力増幅器 116 を介して表示器 31 へ入力される。また、増幅器 26 の出力信号は割算回路 122 へ入力される。この割算回路 122 は、入力された出力信号を基準信号発生回路 123 から出力された基準信号 124 で除算して、除算された信号を制御信号 125 として磁化器 4 (100) の磁化電源 126 へ印加する。

このように構成された磁気検出装置であれば、補償コイル 22 によって、浮遊磁束を相殺する方向の磁束が生起されるので、垂直型の各磁気センサ 7 a の出力信号 d に含まれる浮

遊磁束に起因する低周波信号成分は低減される。よって、出力信号 d の S/N が向上する。また、薄鋼帯 10 (101) の移動速度 V が変化することに起因して磁化力が変化すると、増幅器 26 の出力信号レベルが変化する。その結果、割算回路 122 から出力される制御信号 125 が変化して、磁化器 4 (100) に対する励磁電流 I が変化し、薄鋼帯 10 (101) の磁化力が常に一定値に制御される。したがって、図 29 A, 図 29 B, 図 29 C の実施例とほぼ同様の効果を得ることが可能である。

なお、図 31 に示す実施例においては、増幅器 26 の出力信号を割算回路 122 へ印加したが、ローパスフィルタ 33 の出力信号を割算回路 122 へ印加してもよい。

さらに、点線で示すように、割算回路 122 から出力される制御信号 125 を磁化電源 126 の代りに出力増幅器 116 へ印加してもよい。この場合、薄鋼帯 10 (101) の磁化力変化に応じて、表示器 31 へ送出される欠陥信号 e の信号レベルが制御される。

図 32 は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図 31 に示す実施例装置と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例においても、垂直型磁気センサでもって、欠陥に起因する漏洩磁束と薄鋼帯の速度変化に起因する磁化力変化とが検出される。

すなわち、ローパスフィルタ 33 と増幅器 26 との間に積

分回路 3 5 が介挿されている。また、増幅器 2 6 の出力信号は割算回路 1 2 2 へ入力される。この割算回路 1 2 2 は、入力された出力信号を基準信号発生回路 1 2 3 から出力された基準信号 1 2 4 で除算して、除算された信号を制御信号 1 2 5 として出力増幅器 1 1 6 へ印加する。

このように構成された磁気検出装置であれば、図 3 1 の実施例装置と同様に、補償コイル 2 2 の存在によって垂直型の各磁気センサ 7 a の出力信号 d に含まれる浮遊磁束に起因する低周波信号成分は低減される。よって、出力信号 d の S/N が向上する。また、薄鋼帯 1 0 (1 0 1) の移動速度 V が変化することに起因して磁化力が変化すると、増幅器 2 6 の出力信号が変化し、割算回路 1 2 2 から出力される制御信号 1 2 5 が変化する。その結果、薄鋼帯 1 0 (1 0 0) の磁化力変化に応じて、表示器 3 1 へ送出される欠陥信号 e の信号レベルが制御される。よって、図 3 1 の実施例とはほぼ同様の効果を得ることか可能である。

なお、図 3 2 に示す実施例においては、増幅器 2 6 の出力信号を割算回路 1 2 2 へ印加したが、ローパスフィルタ 3 3 または積分回路 3 5 の出力信号を割算回路 1 2 2 へ印加してもよい。

さらに、点線で示すように、割算回路 1 2 2 から出力される制御信号 1 2 5 を出力増幅器 1 1 6 の代りに磁化電源 1 2 6 へ印加してもよい。この場合、薄鋼帯 1 0 (1 0 1) の磁化力が一定になるように磁化電源 1 2 6 から磁化器 4 (1 0 0) へ印加される磁化電流 I が変化する。

発明者等は、図31、図32の各実施例装置を用いて直径0.2 mmの標準欠陥が形成された薄鋼帯10に対する探傷測定を実施した。なお、薄鋼帯10の移動速度を0～1200 m/分まで変化させた。そして、スイッチ25を投入して補償コイル22を稼働させた条件の測定と、スイッチ25を解放して補償コイル22を遮断した条件の測定とを実施した。測定結果は図24に示されている。

この測定結果によると、垂直型磁気センサの1種類の磁気センサを用いた図31および図32に示す装置の特性と、図21および図22に示す垂直型磁気センサ104と水平型磁気センサ119との2種類の磁気センサを用いた装置の特性との間に大きな差は存在しないことが理解できる。

この現象は次のように説明することが可能である。

すなわち、図24にも示すように、補償コイル22のみの図1に示した実施例装置の特性においては、薄鋼帯10の移動速度Vが上昇すると、磁気センサの相対出力は曲線的に低下する。しかし、その低下度合いは、移動速度Vが1200 m/分まで上昇しても、高々5%に過ぎない。したがって、この曲線は非常に直線に近い。この現象は、速度変化に対して磁界の垂直型成分が直線的に変化する場合と同じである。すると、実質的な薄鋼帯の磁化力の低下に対して磁化電源の電流や出力増幅器の増幅率を制御する場合、わざわざ、水平型磁気センサを新たに設けて、速度Vに比例する水平成分を検出する必要なく、速度Vに比例する垂直型磁気センサの出力を用いて、前述した磁化電源の電流や出力増幅器の増幅率

を制御しても当初の目的を充分果たすことが可能である。

なお、水平型磁気センサを用いて薄鋼帯の磁化力低下を検出すれば、欠陥の測定精度がより上昇することは言うまでもない。

図33は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図1および図31の実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、図1に示す実施例装置に図31に示した割算回路122，基準信号発生回路123，出力増幅器116が付加されている。そして、割算回路122は、増幅器110またはローパスフィルタ107の出力信号を基準信号発信器123からの基準信号124でもって割算して、この割算結果を制御信号125として出力増幅器116または磁化電源126へ送出する。

このような構成の磁気検出装置であっても、浮遊磁束成分および磁化力変化分は除去されるので、図31に示した実施例装置とほぼ同様の効果を得ることが可能である。

図34は本発明のさらに別の実施例の磁気検出装置を示すブロック図である。図15および図32の実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例装置においては、図15に示す実施例装置に図32に示した割算回路122，基準信号発生回路123，出力増幅器116が付加されている。そして、割算回路122

は、増幅器 110, LPF 107 または積分回路 109 の出力信号を基準信号発信器 123 からの基準信号 124 でもって割算して、この割算結果を制御信号 125 として出力増幅器 116 または磁化電源 126 へ送出する。

このような構成の磁気検出装置であっても、浮遊磁束成分および磁化力変化分は除去されるので、図 32 に示した実施例装置とほぼ同様の効果を得ることが可能である。

なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。図 1 に示す実施例装置のハイパスフィルタ 108 を広い通過周波数帯域幅を有したバンドパスフィルタで置換えることが可能であると説明したが、他の実施例における各ハイパスフィルタ 108 も図 1 に示す実施例と同様にバンドパスフィルタで置換えることが可能である。

図 35 は本発明の他の実施例の磁気検出装置が組込まれた製鉄工場における圧延ラインを示す模式図である。

供給リール 41a, 41b から交互に供給される薄鋼帯 10 は、その終端位置を次の薄鋼帯 10 の先端に溶接する溶接装置 43 を通過する。溶接装置 43 を通過した薄鋼帯 10 は、ロール 44a, 44b でもって走行方向が 180 度変換されて、ルーパーロール 45 で走行方向を再度 180 度変換され、さらに、ロール 44c, 44d で走行方向が 90 度づつ変換される。そして、薄鋼帯 10 は複数の圧延ロールからなる圧延工程 46 を経由して、巻取リール 47a, 47b に交互に巻取られる。前記ルーパーロール 45 は、図中矢印方向に移動可能であり、溶接装置 43 にて溶接作業を行って

期間に右方向に移動して、圧延工程 46 に常時一定速度で薄鋼帯 10 を供給する機能を有する。

このような圧延ラインにおいて、例えば薄鋼帯 10 の走行方向を水平方向から下向きに 90 度変更するロール 44 c に実施例の磁気検出装置 48 が組込まれている。

図 36 は磁気検出装置 48 の概略構成を示す側面図である。建屋のベースに固定されたフレーム 49 に軸受 50 を介して回転軸 51 が回転自在に枢支されている。その回転軸 51 に前記ロール 44 c が取付けられている。そして左方から一定速度で搬入された薄鋼帯 10 はロール 44 c の外周面 52 をほぼ 1/4 周だけ接触して下方へ搬出される。薄鋼帯 10 のロール 44 c に対する接触角度 θ は約 90 度である。

前記フレーム 49 には磁気検出器 53 を所定位置に支持する支持フレーム 54 が取付けられている。磁気検出器 53 は、ロール 44 c の非磁性体で形成された外周面 52 における薄鋼帯 10 が接触している部分に対向する姿勢でもって前記支持フレーム 54 に取付けられている。

なお、薄鋼帯 10 の振動や反りに起因するリフトオフ d の変動が最も少ない場所はロール 44 c に接触している部分の中央位置である。しかし、図 36 に示す実施例装置においては、据付空間や支持フレーム 54 等の制約で磁気検出器 53 を薄鋼帯 10 の接触している部分の下部に対向させて配設している。この位置におけるリフトオフ d の変動は、薄鋼帯 10 がロール 44 c に全く接触していない場所や、接触長さが極端に短い場合における変動に比較して格段に小さい。

したがって、この場所においても十分高いS/Nを確保できる。特に、薄鋼帯10の溶接部を検出する場合には磁気検出器53の設置場所は薄鋼帯10がロール44cの接触している領域に入っていればよい。

磁気検出器53は、例えば図37に示すように、略U文字形断面形状を有した磁化鉄心55aに磁化コイル55bを巻装してなる磁化器55と、磁化鉄心55aの両端の自由端に形成された一対の磁極56a, 56bの間に配設された複数個の磁気センサ7aからなる磁気センサ群7とで構成されている。また、磁気センサ群7全体を囲むように補償コイル22が巻装されている。磁化鉄心55aの幅は薄鋼帯10の幅より広く設定されている。各磁気センサ7aは薄鋼帯10の幅方向に、薄鋼帯10の幅より広い範囲に亘って所定の間隔で配列されている。そして、各磁気センサ7aの先端位置は各磁極56a, 56bの先端位置と一致させている。図36に示すように、各磁気センサ7aが微小間隙（距離d）を有して、走行する薄鋼帯10に対向している。

なお、この各磁気センサ7aは前述した可飽和型の磁気センサである。すなわち、各磁気センサ7aは断面が0.1mm×2.0mmを有するコアに検出コイルが巻装された構造を有する。実施例においては、この磁気センサ7aは10mm間隔で配設されている。その結果、薄鋼帯10の幅方向に均一な合成感度が実現される。

図38は磁気検出装置48の電氣的構成を示すブロック図である。各磁気センサ7aの各出力信号は各磁気検出回路

27でもって各磁気センサ7aに交差する磁束の強度に対応した信号に変換される。磁気検出回路27の各出力信号aは各比較器57の(+)側入力端子に入力される。各比較器57の(-)側入力端子には基準電圧発生器58からしきい値電圧が入力される。そして、各比較器57は磁気検出回路27の出力信号aがしきい値電圧より高い場合のみ、ハイ(H)レベルの異常検出信号を出力する。各比較器57は出力信号aがしきい値に満たなかった場合はロー(L)レベルの正常信号を出力する。

各比較器57から出力された各異常検出信号または正常信号はマルチプレクサ回路59でもって時分割多重信号bに変換されて次の信号処理回路60へ入力される。信号処理回路60は入力された時分割多重信号bを元の各磁気センサ7a毎の異常検出信号または正常信号に復調して、各磁気センサ7a位置毎に例えばCRT表示装置に表示したり、警報出力装置61を介して警報出力する。

また、各磁気検出回路27の各出力信号aは補償コイル制御部62へ入力される。この補償制御回路62内には、図16で示した平均化回路32，ローパスフィルタ33，積分回路35，増幅器26が収納されている。そして、補償コイル制御回路62は各出力信号aに浮遊磁束に起因する低周波信号成分が含まれないように、補償コイル22に励磁電流を印加する。

また、各比較器57から出力される異常検出信号または正常信号はアンドゲート63へ入力される。したがって、全部

の検出信号がハイ（H）レベルの異常検出信号であった場合のみ、このアンドゲート63は成立する。すなわち、薄鋼帯10の幅方向に配列された全部の磁気センサ7a位置に異常部が検出されたので、図35の溶接装置43にて溶接された位置を示す溶接部を検出したと判断できる。よって、アンドゲート63から溶接部検出信号cが出力される。

このように図38に示す磁気検出装置を用いると、圧延ラインにおいて、走行中の薄鋼帯10の幅方向の各位置に発生する基準規模を越える異常部を確実に検出できる。また、各位置における異常検出に加えて、溶接部が到来するとその溶接部が別に溶接部検出信号cでもって検出される。

図39は本発明の他の実施例に係わる磁気検出装置の電気的構成を示すブロック図である。なお、この実施例装置は溶接部を専用に検出する磁気検出装置である。

$i = 1 \sim i = N$ 番までのN個の各磁気センサ7aから出力された各出力信号は各磁気検出回路27でもって各磁気センサ7aに交差する磁束の強度に対応した各出力信号aに変換される。その後、N個の出力信号aは加算器64でもって加算される。加算された信号は次の除算器65で $1/N$ に除算される。すなわち、加算器64および除算器65は各出力信号aの平均値を算出する。そして、その平均された1個の平均出力信号は比較器66によって基準電圧発器58から出力されたしきい値電圧と比較される。比較器66は平均出力信号がしきい値電圧より高い場合のみ、ハイ（H）レベルの溶接部検出信号cを出力する。

また、除算器 65 から出力される平均出力信号は補償コイル制御部 67 へ入力される。この補償コイル制御部 67 は、図 38 の補償コイル制御部 62 と同様に、各出力信号 a に浮遊磁束に起因する低周波信号成分が含まれないように、補償コイル 22 に励磁電流を印加する。

次に、ロール 44 c の外周面 42 に薄鋼帯 10 が接触しているロール 44 c の中心から見た接触角度 α と磁化器 55 の磁極間隔距離 w の薄鋼帯 10 上における投影距離 ($=w$) をロール 44 c 中心から見た角度 β との比 (α/β) を変化させた場合における各磁気センサ 7 a から出力される出力信号 a を専用の試験装置で測定して、各出力信号 a の S/N を求めた。

そして、各比 (α/β) における S/N が図 40 内の一点鎖線で表示されている。なお、この S/N は統計的に処理されて標準偏差と共に相対比で表示されている。また、磁化器 55 の磁極間距離 w は 24 mm の固定値である。すなわち角度 β は固定である。そして、接触角度 α を変化させることによって、比 (α/β) を変化させている。また、予め欠陥規模が既知 (円穴径 0.8 mm) である標準欠陥が形成された薄鋼帯 10 を試験材料として使用している。また、各磁気センサ 7 a と薄鋼帯 10 との間の距離 (リフトオフ) d は 9 mm である。

また、上記標準欠陥の試験材料とは別に全幅に亘った溶接部が存在する薄鋼帯 10 を同一条件で測定した結果が実線で表示されている。

S/Nの相対比が3以上を実用レベルと見なすと、通常の欠陥検出においては比(α/β)は少なくとも1.0以上必要である。なお、溶接部は標準的な欠陥に比較して、格段に大規模な欠陥と見なせるので、0.8以上で十分検出できる。すなわち、磁極間の角度 β (距離 w)は薄鋼帯10のロール44cに対する接触角度 α より小さくなる必要がある。

次に、磁気検出器53における磁極間の角度 β (距離 w)とリフトオフ d との比(β/d)を変化させた場合において、各磁気センサ7aと薄鋼帯10との間の距離 d を徐々に変化させていった場合における、各磁気センサ7aの出力信号 a のS/Nを求めた。そして、図41に示すように、磁極間の角度 β (距離 w)と距離 d との比(β/d)を横軸にして、縦軸に各S/Nの統計的な相対比を示した。なお、磁極間の角度 β (距離 w)は固定(距離20mm)であり、リフトオフ d を変化させることによって比(β/d)を変化させた。さらに、図40で示す比(α/β)が1以上である条件を満足させている。

図41に示すように、磁極間の角度 β (距離 w)と距離 d との比(β/d)が1.8から8.2までの範囲で3以上の良好なS/Nの相対比が得られた。

なお、オンラインでもって欠陥探傷を実施する場合はS/Nは上述したように3以上が望ましいが、例えば溶接部検出等の場合においては、S/Nは2以上で十分実用に対処できる。この場合、比(β/d)は1.0から9.6までの範囲に拡大できる。

図42は本発明の他の実施例に係わる磁気検出装置の電氣的構成を示すブロック図である。図38と同一部分には同一符号が付してある。なお、この実施例装置は、通常の異常検出機能の他に、薄鋼帯10の幅Aを検出する機能を有する。

8個の磁気センサ7aが薄鋼帯10の幅方向に配設されている。各磁気センサ7aから出力された各出力信号は、各比較器57でもって基準電圧発生器58からのしきい値電圧と比較されて、異常検出信号または正常信号に2値化される。各比較器57から出力された各異常検出信号又は正常信号はマルチプレクサ回路59でもって時分割多重信号bに変換されて次の信号処理回路60へ入力される。信号処理回路60は入力された時分割多重信号bを元の各磁気センサ7a毎の異常検出信号また正常信号に復調して、各磁気センサ7a位置毎に例えばCRT表示装置に表示したり、警報出力装置61を介して警報出力する。

なお、図42においては、補償コイル22と補償コイル制御部67の記載が省略されている。

さらに、薄鋼帯10に存在する通常の異常部を検出する場合は、基準電圧発生器58から出力されるしきい値電圧を前述した基準欠陥を検出する信号レベルに設定する。

一方、この磁気検出装置を用いて薄鋼帯10の幅Aを測定する場合は、基準電圧発生器58から出力されるしきい値電圧を、前述した基準欠陥を検出する信号レベルより遥かに小さい値に設定する。すなわち、薄鋼帯10においては全く異常部が存在していなくても一定レベルの漏洩磁束が存在する。

しかし、薄鋼帯10そのものが存在しなければ漏洩磁束は薄鋼帯10が存在する場合に比較して格段に小さく、かつその漏洩磁束による信号レベルはほぼ一定値である。よって、しきい値電圧を低く設定して、薄鋼帯10の有無を検出する。

互いに隣接する各比較器57から出力される一対の異常または正常信号は排他的論理和ゲート68へ入力される。そして、最外側に配設された各比較器57から出力される各信号と各排他的論理和ゲート68の各出力信号は次の入力回路69におけるX1～X8の合計8個の各端子へ入力される。各端子X1～X8に入力された各信号は板幅演算回路70へ入力される。この板幅演算回路70は入力された8個の信号値から薄鋼帯10の幅Aを算出する。そして、算出された薄鋼帯10の幅Aが許容範囲に入っているか否かを次の判定回路71で判定する。そして、判定結果と前記算出された幅Aとを表示器72へ表示する。

薄鋼帯10の幅Aの演算は次の手順で行う。すなわち、各磁気センサ7a相互間の距離をBとすると、8個の磁気センサ7aの図38における1番目の磁気センサ7aと8番目の磁気センサ7aとの距離は7Bとなる。各比較器57の出力信号が[0]の場合は薄鋼帯10が存在しなく、[1]の場合は薄鋼帯10が存在する。したがって、一つの排他的論理和ゲート68の出力信号が[1]になると、その排他的論理和ゲート68に入力されている2個の比較器57に対応する各磁気センサ7a位置相互間に薄鋼帯10の縁が存在する。よって、出力信号が[1]である2個の排他的論理和ゲート

57を特定すれば、その間に存在する排他的論理和ゲート68の数に距離Bを乗算すれば、薄鋼帯10の幅Aが得られる。

なお、両端に位置する1番と8番の磁気センサ7aの比較器57から「0」の信号が出力されていることを確認する必要がある。いずれかの信号が「1」の場合は、薄鋼帯10の幅Aが磁気センサ7aの設置幅を越えていることを示す。

このように、薄鋼帯10の異常部を精度よく検出できると共に、必要に応じて、薄鋼帯10の幅Aを測定することが可能である。

図43は、本発明の他の実施例に係わる磁気検出装置の概略構成を示す側面図である。図36の実施例と同一部分には同一符号が付してある。したがって、重複する部分の詳細説明は省略されている。

この実施例においては、薄鋼帯10を磁化する磁化器55および薄鋼帯10の異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサ7aがロール44c内に収納されている。具体的には、磁化器55の磁極56a, 56bがロール44cの薄鋼帯10が接触している外周面52に対応する内周面に対して微小間隔を介して対向するように支持部材でもって両端の軸受50に固定されている。したがって、磁化器55は回転せずに、ロール44cのみが回転する。そして、この磁化器55の磁極56a, 56bの間に各磁気センサ7aが配設されている。

このように構成された磁気検出装置であっても、各磁気セ

ンサ 7 a は非磁性材料で形成されたロール 4 4 c を介して薄鋼帯 1 0 の異常部に起因する漏洩磁束を検出できるので、上述した実施例とほぼ同様の効果を得ることができる。

さらに、この実施例においては、磁化器 5 5 および各磁気センサ 7 a がロール 4 4 c 内に収納されているので、製造現場等の狭い場所においてもこの磁気検出装置を取付けることが可能である。

図 4 4 はさらに別の実施例の磁気検出装置を示す概略構成図である。この実施例においては、磁化器 5 5 のみがロール 4 4 c 内へ図 4 3 と同様な手法で収納されている。そして、各磁気センサ 7 a が、薄鋼帯 1 0 およびロール 4 4 c を介して、内部に収納された磁化器 5 5 の磁極 5 6 a, 5 6 b に対向するように支持フレーム 5 4 によって固定されている。このように構成された磁気検出装置においても先の実施例とほぼ同様の効果を得ることができる。

図 4 5 はさらに別の実施例の磁気検出装置を示す概略構成図である。この実施例においては、図 4 4 の実施例とは逆に、各磁気センサ 7 a がロール 4 4 c 内に収納され、磁化器 5 5 が支持フレーム 5 4 にてロール 4 4 c の外部に固定されている。このように構成された磁気検出装置においても先の実施例とほぼ同様の効果を得ることができる。

請 求 の 範 囲

- (1) 磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を磁気センサにより検出し、この磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分をローパスフィルタで抽出し、抽出された低周波信号成分を増幅して補償コイルに印加し、この補償コイルで生起される磁束によって、前記磁気センサに交差する浮遊磁束を相殺することを特徴とする磁気検出方法。
- (2) 一対の磁極が前記被検体に対向するように磁化器を配設して、この磁化器により前記被検体に磁束を交差させ、前記磁気センサを前記一対の磁極間を結ぶ線又はこれに平行する線上に配設し、この磁気センサでもって、前記被検体の内部または表面の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する請求の範囲第1項記載の磁気検出方法。
- (3) 磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分を抽出するローパスフィルタと、このローパスフィルタにて抽出された低周波信号成分を増幅する増幅器と、この増幅器の出力信号にて励磁され、前記磁気センサに交差する浮遊磁束を相殺する磁束を生起する補償コイルとを備えた磁気検出装置。
- (4) 前記磁界は一対の磁極が前記被検体に対向するように配設された磁化器によって生成され、前記磁気センサは前記

磁化器の一对の磁極間を結ぶ線又はこれに平行する線上に配設された請求の範囲第3項記載の磁気検出装置。

(5) 前記磁気センサは、前記被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束のうちの前記被検体の表面に垂直な成分を検出する磁気センサであり、かつ前記補償コイルは、前記磁気センサの外周面を囲むように巻装されている請求の範囲第3項記載の磁気検出装置。

(6) 前記磁気センサは、前記被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束のうちの前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサであり、かつ前記補償コイルは、前記磁気センサの外周面を囲むように巻装されている請求の範囲第3項記載の磁気検出装置。

(7) 前記磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、前記磁気センサに対する前記被検体の相対的な移動速度を検出する速度検出器と、この速度検出器にて検出された移動速度に応じて前記特定信号抽出フィルタの通過周波数を制御する周波数制御手段とを備えた請求の範囲第3項記載の磁気検出装置。

(8) 前記磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、前記磁気センサに対する前記被検体の相対的な移動速度を検出する速度検出器と、この速度検出器にて検出された移動速度に応じて前記特定信号抽出フィルタの通過周波数を制御する周波数制御手段とを備えた請求の範囲第4項記載

の磁気検出装置。

(9) 磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分を抽出するローパスフィルタと、このローパスフィルタにて抽出された低周波信号成分を積分する積分器と、この積分器にて積分された低周波信号成分を増幅する増幅器と、この増幅器の出力信号にて励磁され、前記磁気センサに交差する浮遊磁束を相殺する磁束を生起する補償コイルとを備えた磁気検出装置。

(10) 磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記磁気センサの近傍位置に設けられ、前記磁界の前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号で前記出力増幅器の増幅率を制御する増幅器制御手段とを備えた磁気検出装置。

(11) 前記出力増幅器の基準増幅率に対応する基準信号を出力する基準信号発生回路と、前記磁界の前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサと前記出力増幅器との間に介挿され、前記磁気センサの出力信号を前記基準信号で除算して、除算された出力信号で前記出力増幅器の増幅率を制御

する割算回路とを備えた請求の範囲第10項記載の磁気検出装置。

(12) 磁化器によって生成された磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの近傍位置に設けられ、前記磁界の前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号で前記磁化器によって生起される磁界強度を制御する磁化器制御手段とを備えた磁気検出装置。

(13) 前記漏洩磁束を検出する磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記表面に平行な成分を検出する磁気センサの出力信号で前記出力増幅器の増幅率を制御する増幅器制御手段とを備えた請求の範囲第12項記載の磁気検出装置。

(14) 磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分を抽出するローパスフィルタと、このローパスフィルタにて抽出された低周波信号成分を増幅する増幅器と、この増幅器の出力信号にて励磁され、前記磁気センサに交差する浮遊磁束を相殺する磁束を生起する補償コイルと、前記磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号

抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記磁気センサの近傍位置に設けられ、前記磁界の前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号で前記出力増幅器の増幅率を制御する増幅器制御手段とを備えた磁気検出装置。

(15) 磁化器によって生成された磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分を抽出するローパスフィルタと、このローパスフィルタにて抽出された低周波信号成分を増幅する増幅器と、この増幅器の出力信号にて励磁され、前記磁気センサに交差する浮遊磁束を相殺する磁束を生起する補償コイルと、前記磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記磁気センサの近傍位置に設けられ、前記磁界の前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号で前記磁化器によって生起される磁界強度を制御する磁化器制御手段とを備えた磁気検出装置。

(16) 前記漏洩磁束を検出する磁気センサは、前記漏洩磁束のうち前記被検体の表面に垂直な成分を検出する磁気センサである請求の範囲第10, 12, 14および15項のうちのいずれか一項記載の磁気検出装置。

(17) 前記漏洩磁束を検出する磁気センサは、前記漏洩磁束

のうち前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサである請求の範囲第10, 12, 14および15項のうちのいずれか一項記載の磁気検出装置。

(18) 磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分を抽出するローパスフィルタと、このローパスフィルタにて抽出された低周波信号成分を増幅する増幅器と、この増幅器の出力信号にて励磁され、前記磁気センサに交差する浮遊磁束を相殺する磁束を生起する補償コイルと、前記磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記磁気センサの出力信号で前記出力増幅器の増幅率を制御する増幅器制御手段とを備えた磁気検出装置。

(19) 磁化器によって生成された磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる低周波信号成分を抽出するローパスフィルタと、このローパスフィルタにて抽出された低周波信号成分を増幅する増幅器と、この増幅器の出力信号にて励磁され、前記磁気センサに交差する浮遊磁束を相殺する磁束を生起する補償コイルと、前記磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅し

て欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記磁気センサの出力信号で前記磁化器によって生起される磁界強度を制御する磁化器制御手段とを備えた磁気検出装置。

(20) 前記ローパスフィルタと前記増幅器との間に積分器が介挿された請求の範囲第18項または第19項記載の磁気検出装置。

(21) 磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記磁気センサの出力信号で前記出力増幅器の増幅率を制御する増幅器制御手段とを備えた磁気検出装置。

(22) 磁化器によって生成された磁界内をその磁界に対して相対的に移動する被検体の磁氣的異常部に起因して生じる漏洩磁束を検出する磁気センサと、この磁気センサの出力信号で前記磁化器によって生起される磁界強度を制御する磁化器制御手段を備えた磁気検出装置。

(23) 前記磁気センサの出力信号に含まれる前記磁氣的異常部に起因して生じる信号を抽出するための特定信号抽出フィルタと、この特定信号抽出フィルタの出力信号を増幅して欠陥信号として出力する出力増幅器と、前記磁気センサの出力信号で前記出力増幅器の増幅率を制御する増幅器制御手段とを備えた請求の範囲第22項記載の磁気検出装置。

(24) 前記漏洩磁束を検出する磁気センサは、前記漏洩磁束のうち前記被検体の表面に平行な成分を検出する磁気センサである請求の範囲第21, 22および23項のうちのいずれか一項記載の磁気検出装置。

(25) 前記特定信号抽出フィルタはハイパスフィルタである請求の範囲第10, 13, 14, 15, 18, 19, 21および23項のうちいずれか一項記載の磁気検出装置。

(26) 前記特定信号抽出フィルタはハイパスフィルタであり、前記周波数制御手段は前記ハイパスフィルタの遮断周波数を制御する手段である請求の範囲第7項または第8項記載の磁気検出装置。

(27) 前記特定信号抽出フィルタはバンドパスフィルタである請求の範囲第10, 13, 14, 15, 18, 19, 21および23項のうちいずれか一項記載の磁気検出装置。

(28) 前記特定信号抽出フィルタはバンドパスフィルタであり、前記周波数制御手段は前記バンドパスフィルタの中心周波数を制御する手段である請求の範囲第7項または第8項記載の磁気検出装置。

(29) 走行する帯状の前記被検体に接し、その走行方向を変更する回転自在に支持されたロールと、前記被検体の前記ロールの外周面に接触している部分に対向するように配設され、前記磁界を生起する磁化器とを備えた請求の範囲第3項記載の磁気検出装置。

(30) 前記磁化器は、一対の磁極を有し、かつ前記ロールの外周面に接している被検体に前記一対の磁極が対向するよう

に配設され、前記磁気センサは前記磁化器の磁極間に配設された請求の範囲第29項記載の磁気検出装置。

(31) 前記磁化器は、一对の磁極を有しかつ前記ロール内における前記被検体が接触する部分に、前記一对の磁極が対向するように配設され、前記磁気センサは、前記磁化器の磁極間に配設された請求の範囲第29項記載の磁気検出装置。

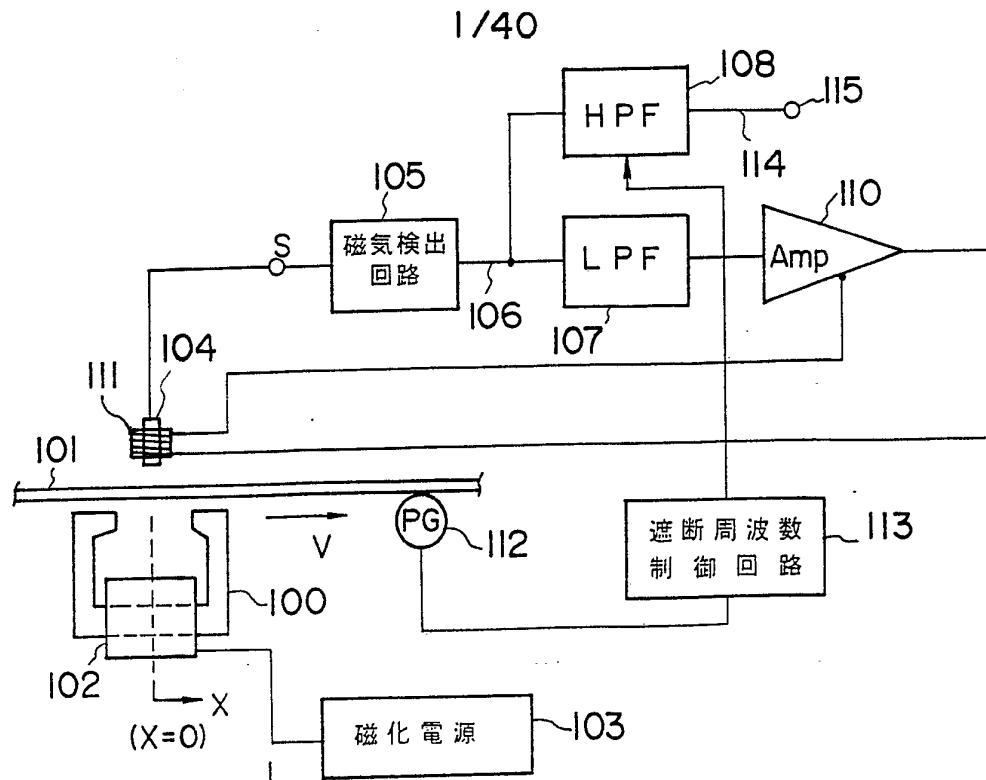


FIG. 1

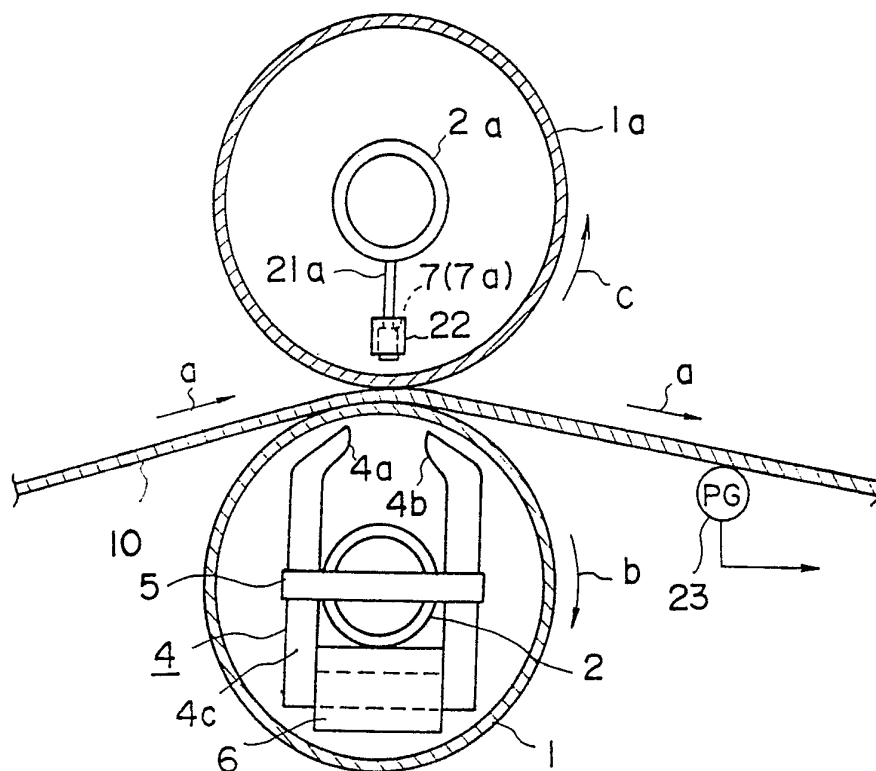


FIG. 2A

2/40

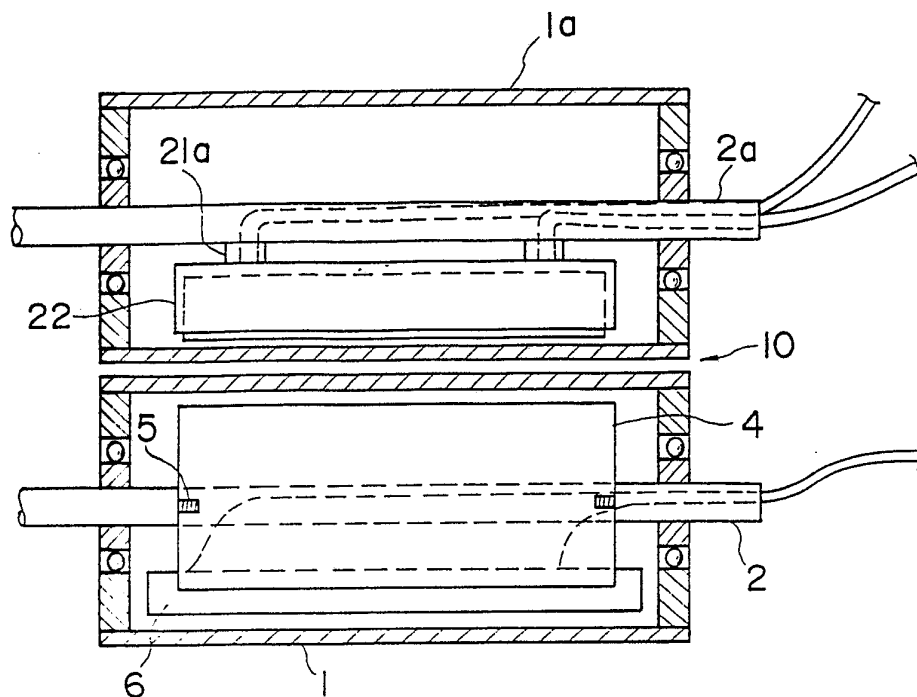


FIG. 2B

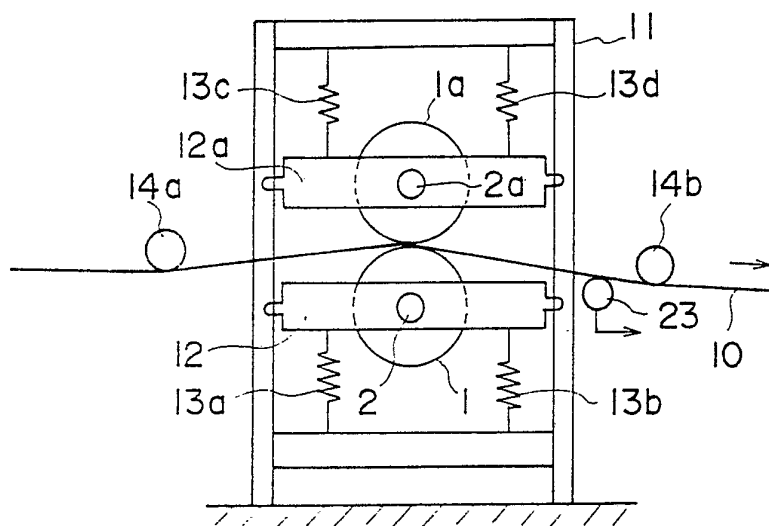


FIG. 2C

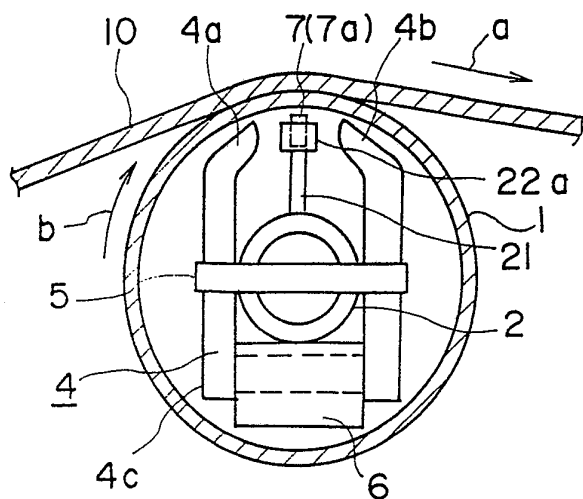


FIG. 3A

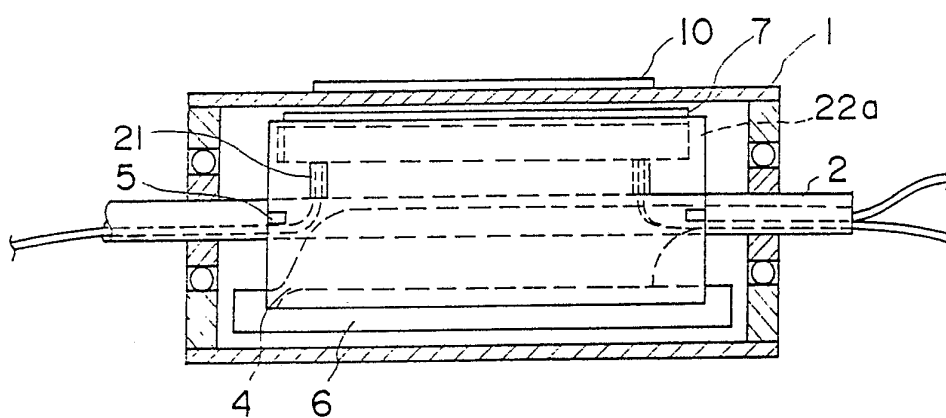


FIG. 3B

4/40

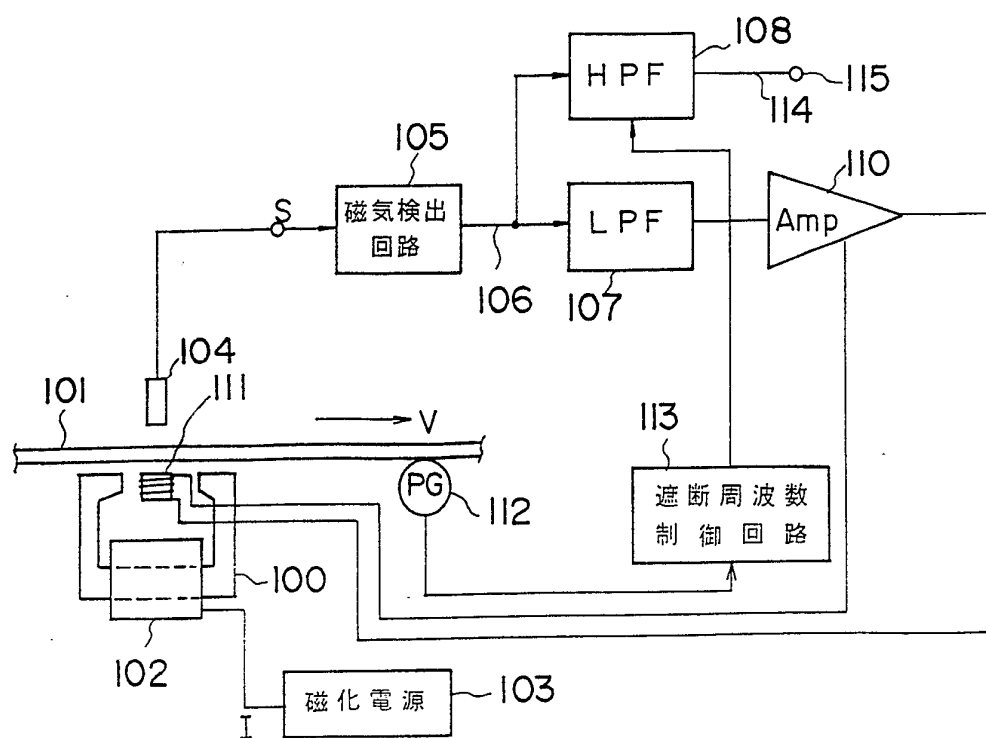


FIG. 4A

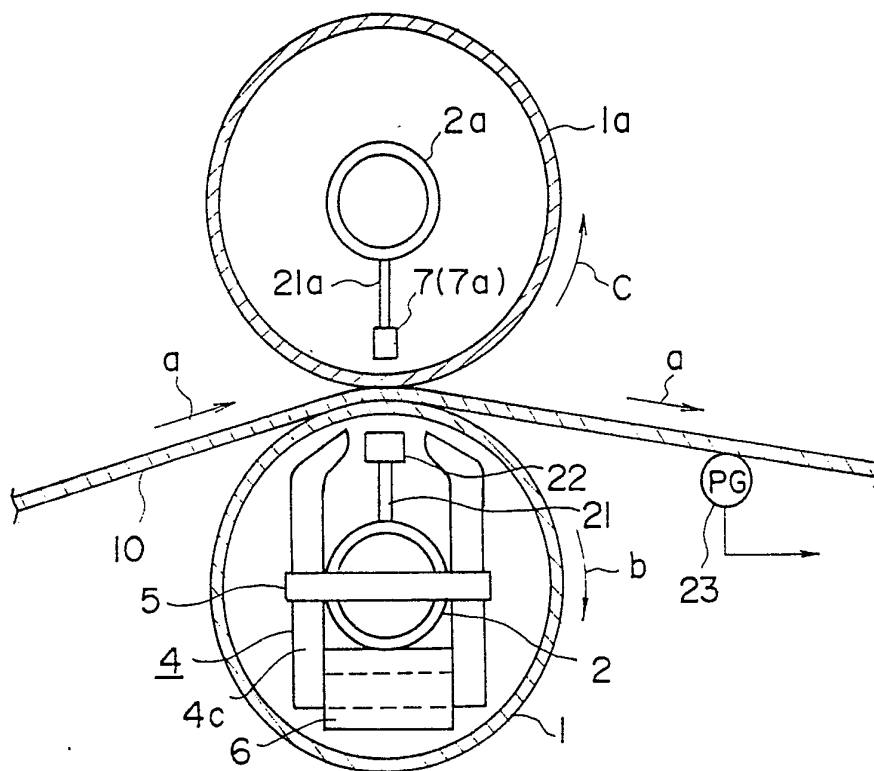


FIG. 4B

5/40

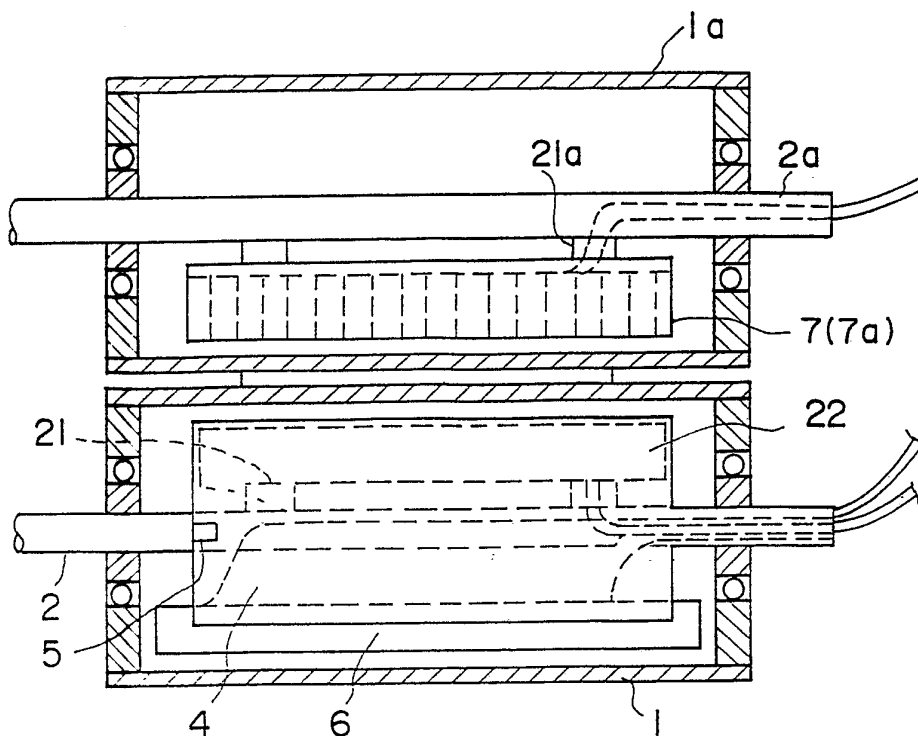


FIG. 4C

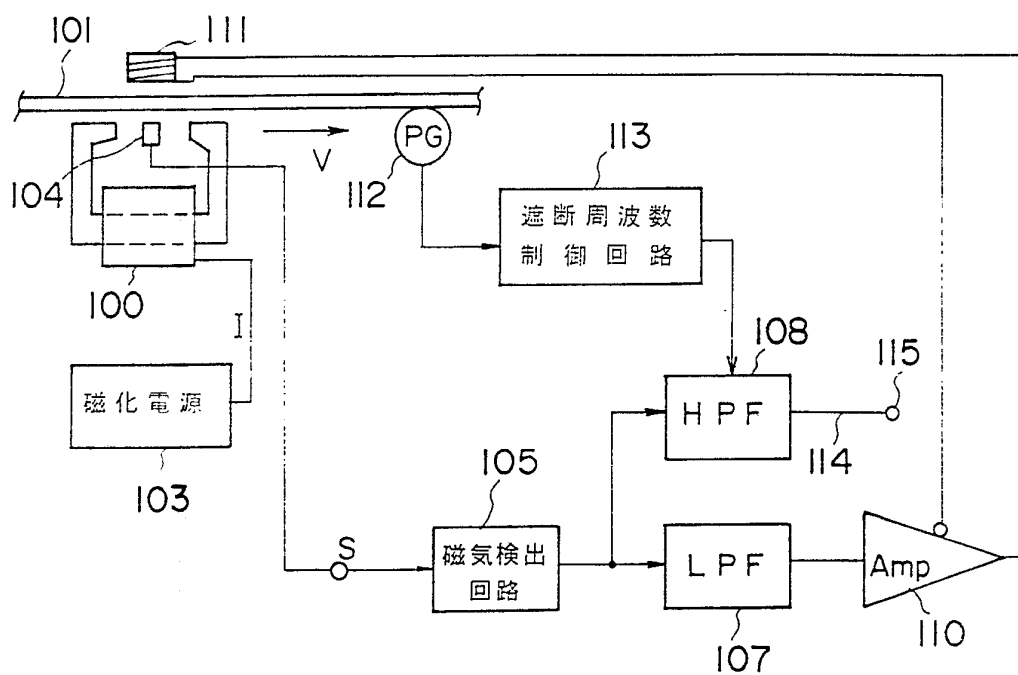


FIG. 5A

6/40

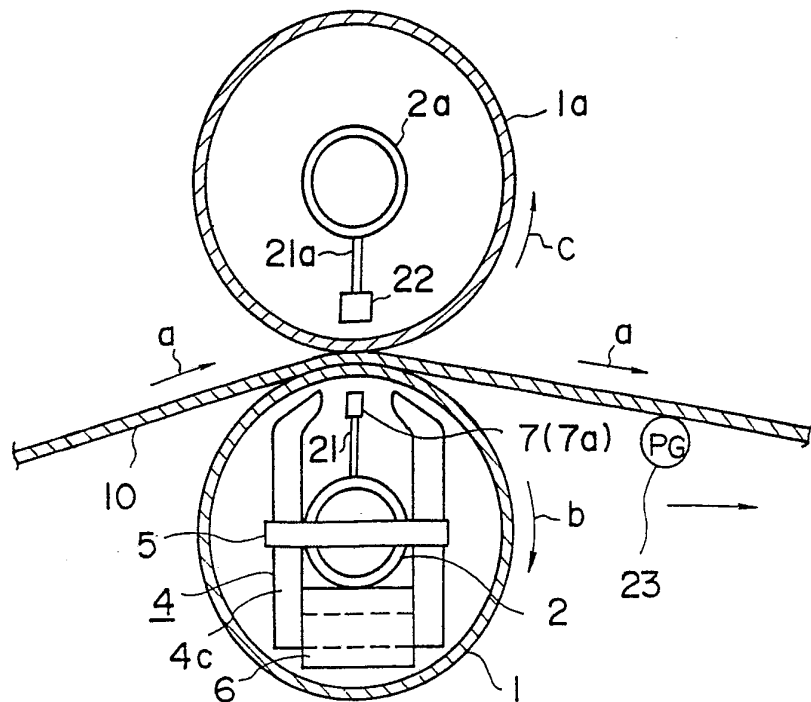


FIG. 5B

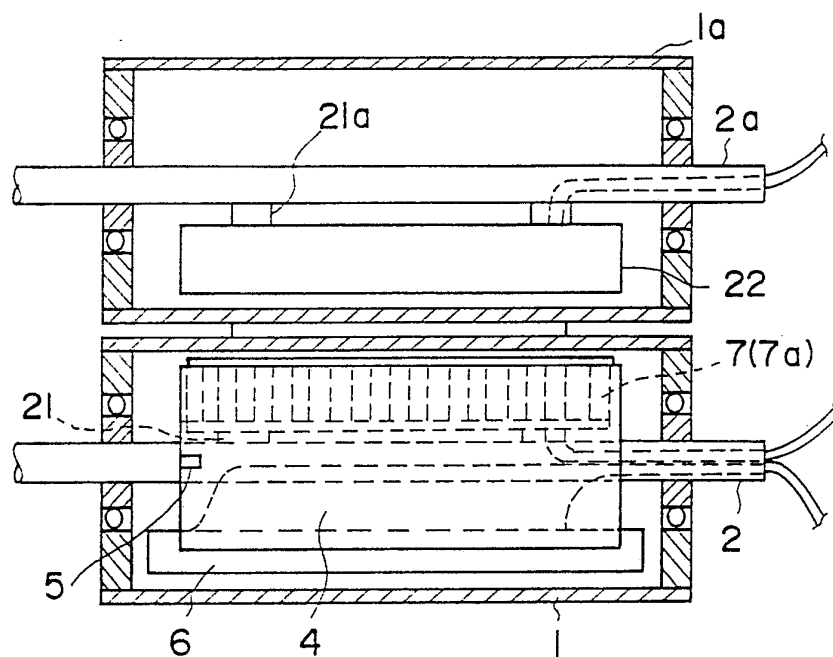


FIG. 5C

7/40

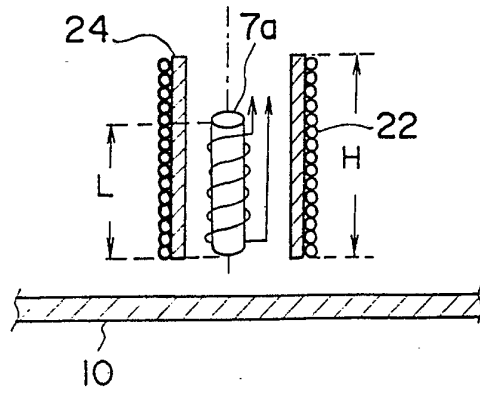


FIG. 6A

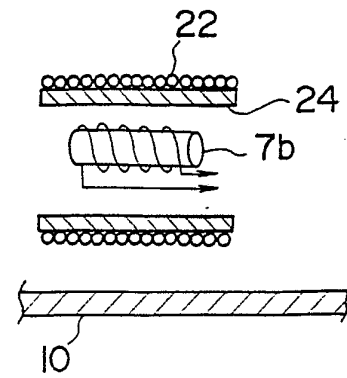


FIG. 6B

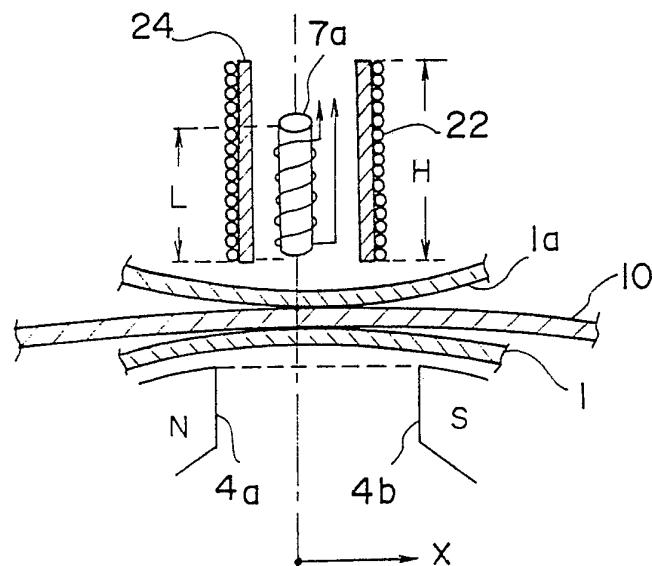


FIG. 6C

8/40

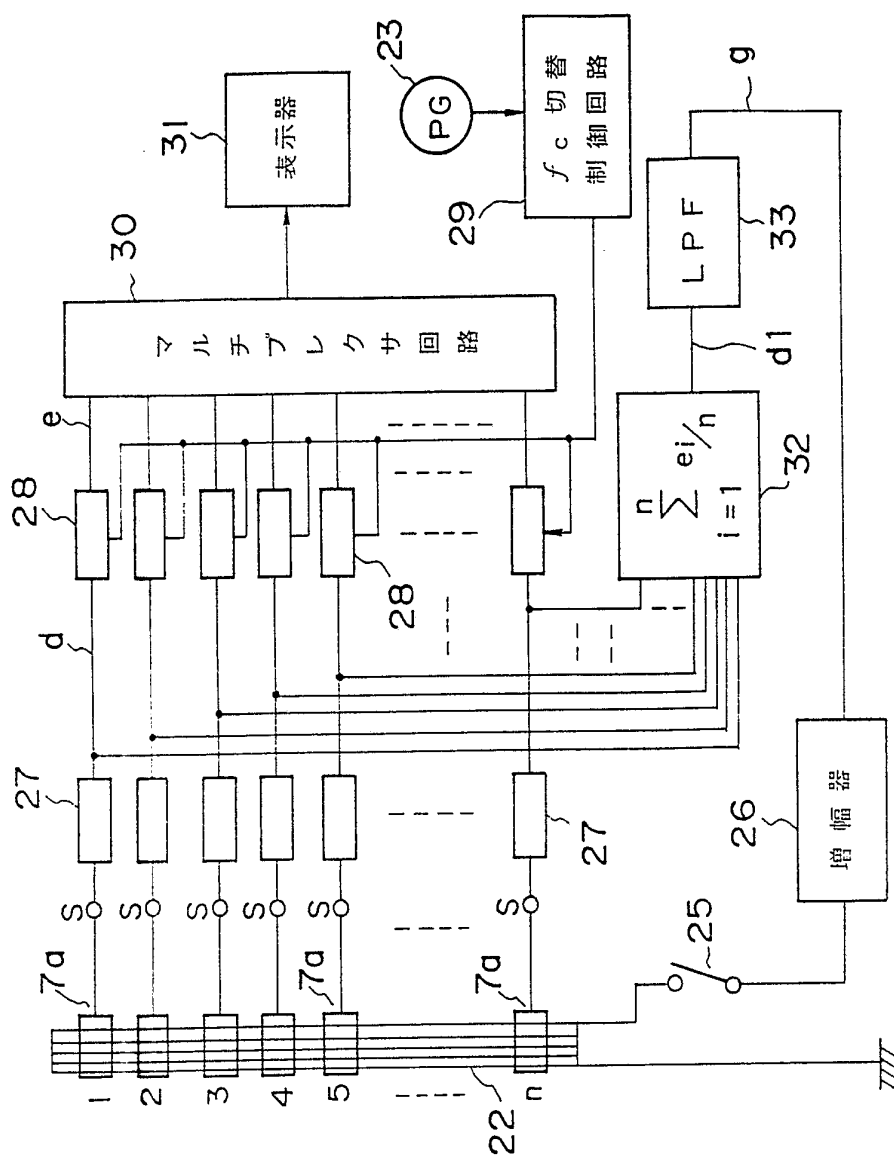


FIG. 7

9/40

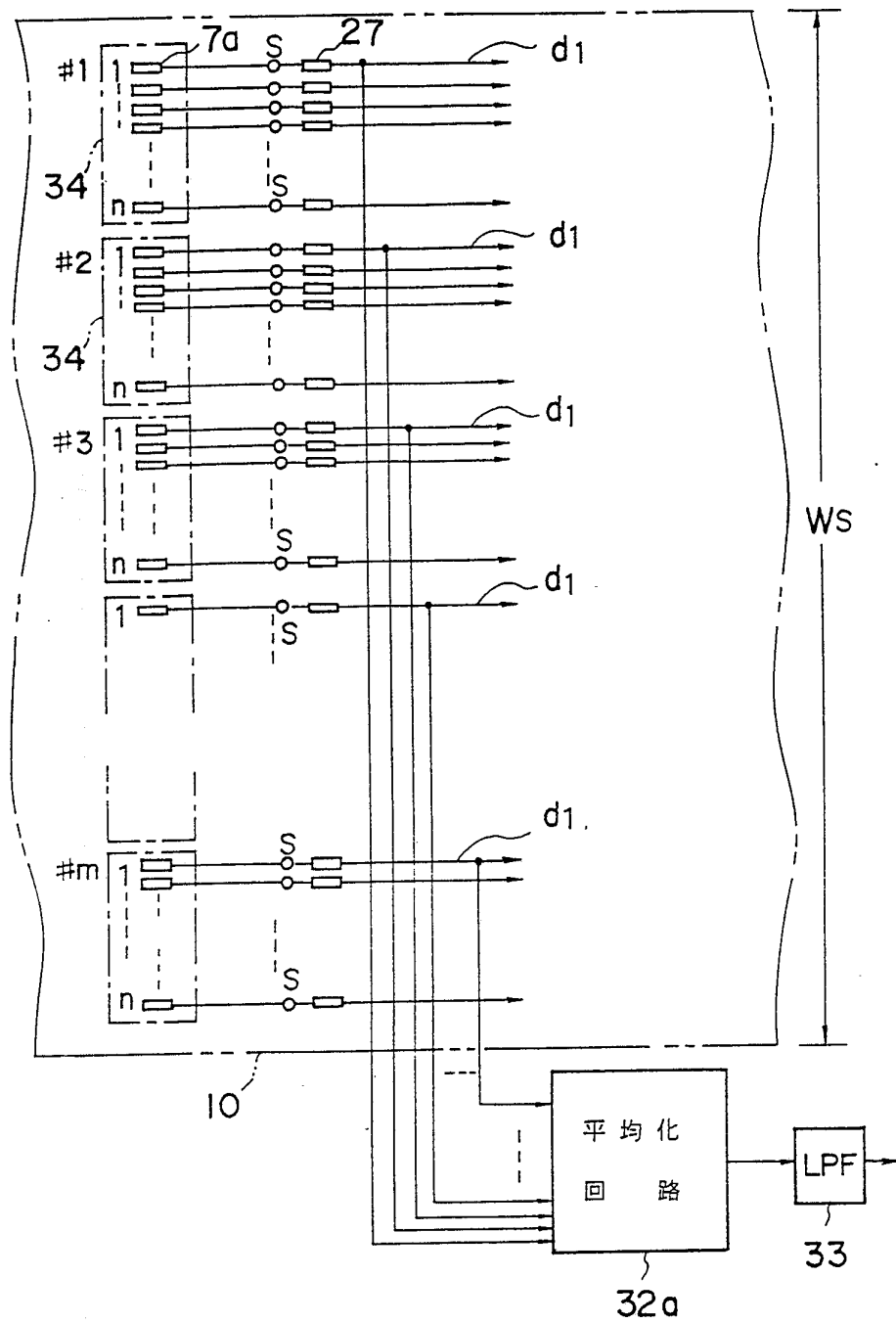


FIG. 8

10/40

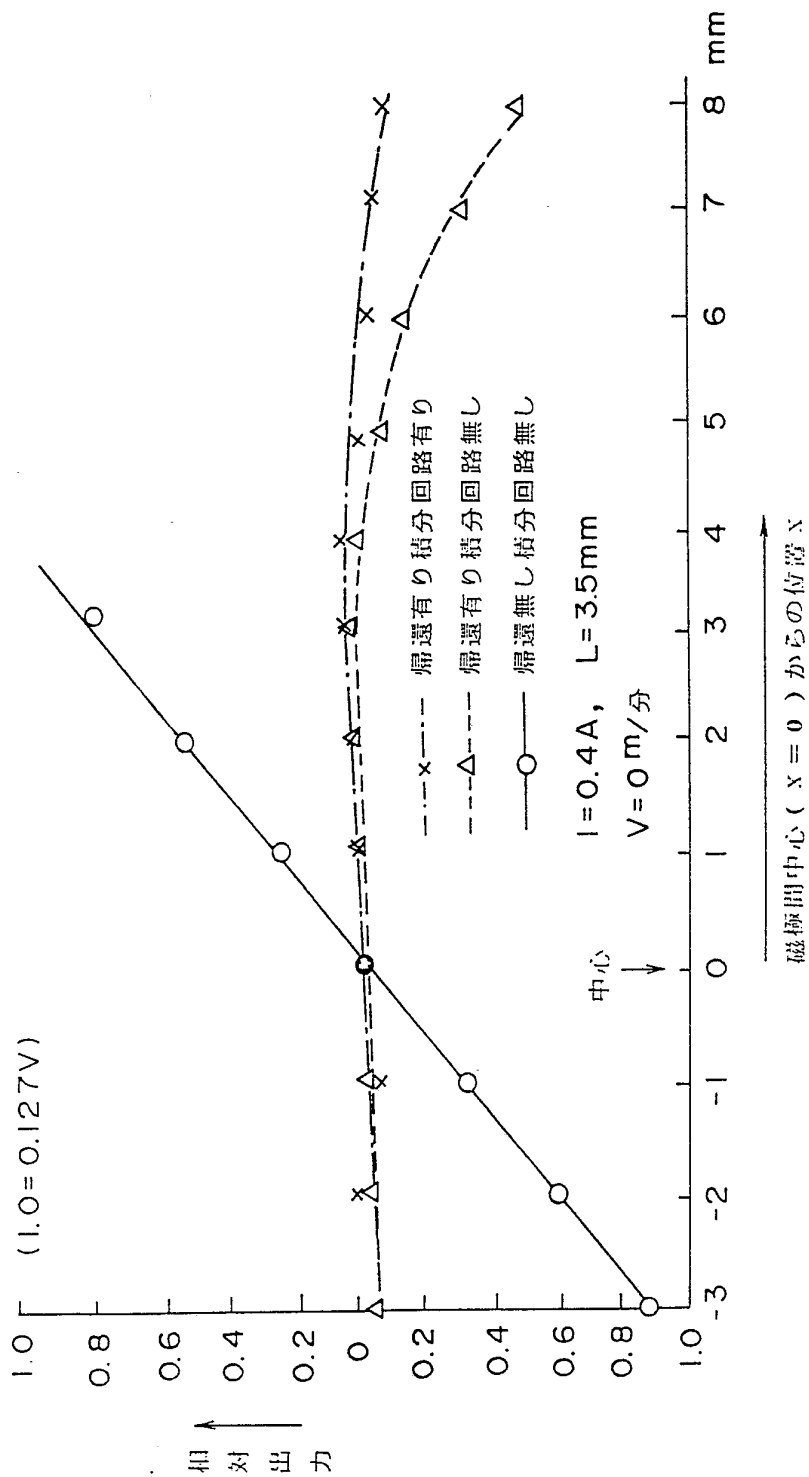


FIG. 9

11/40

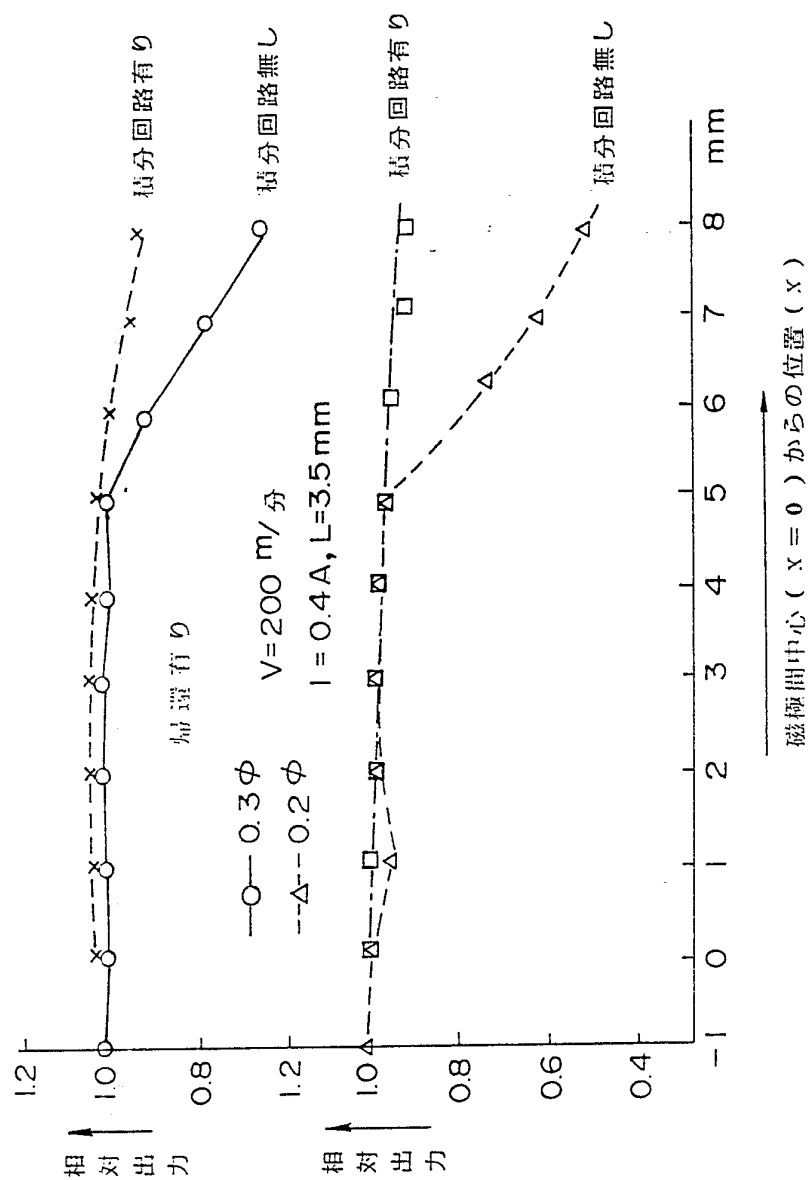


FIG.10

12/40

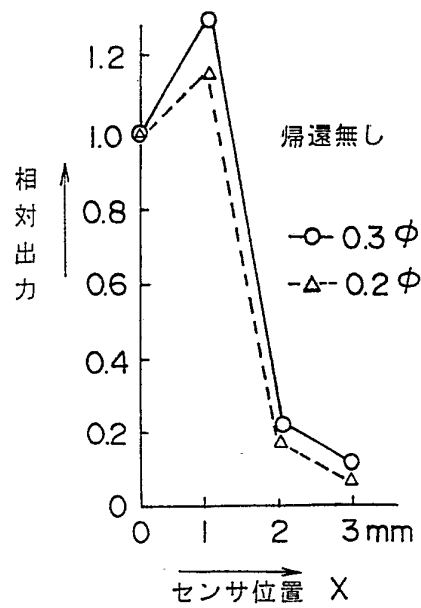


FIG. 11

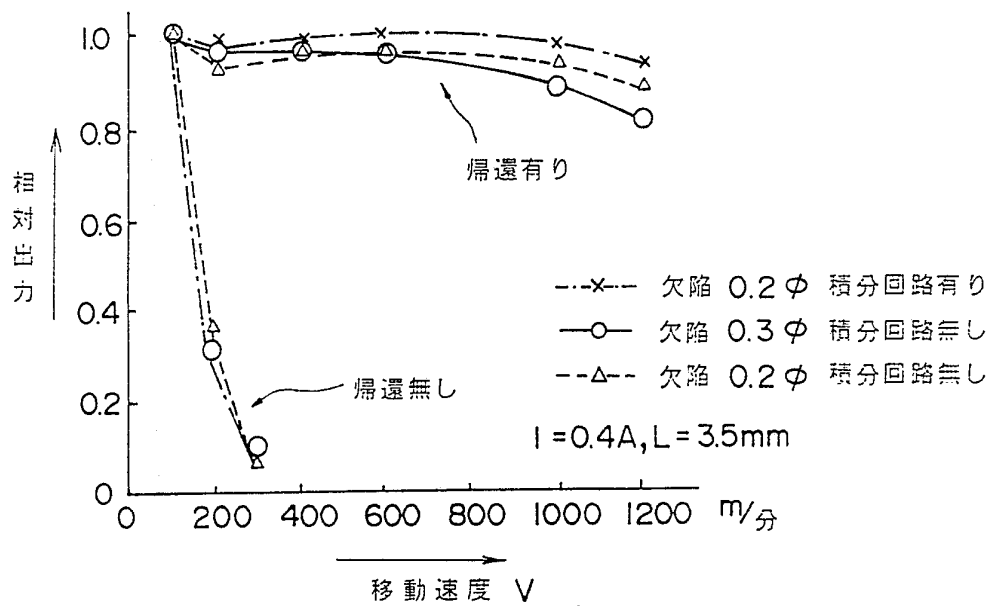


FIG. 12

13/40

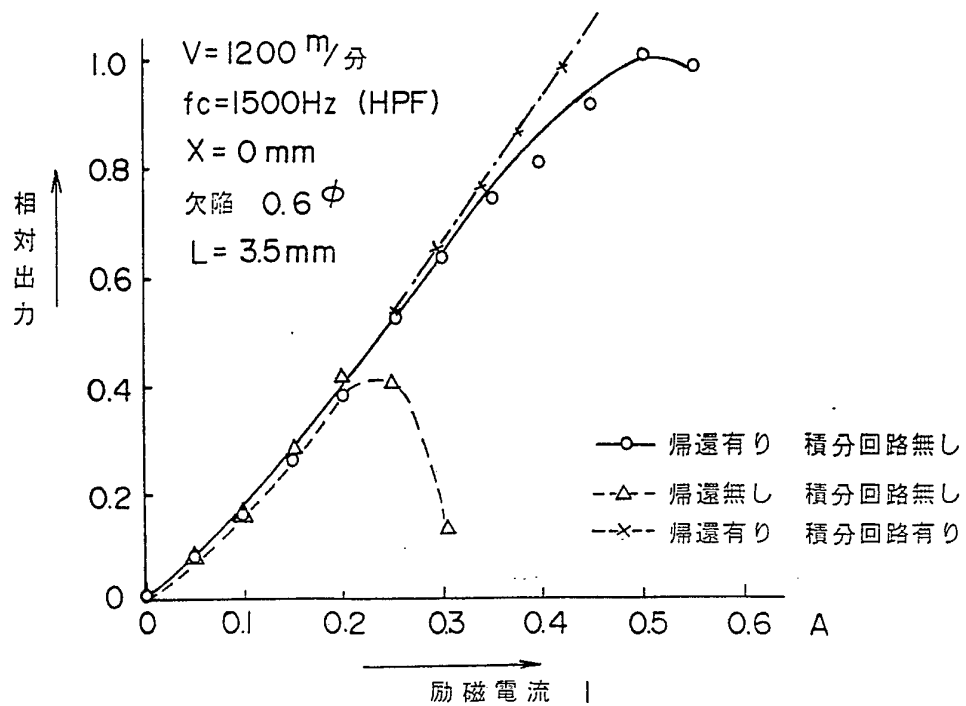


FIG.13

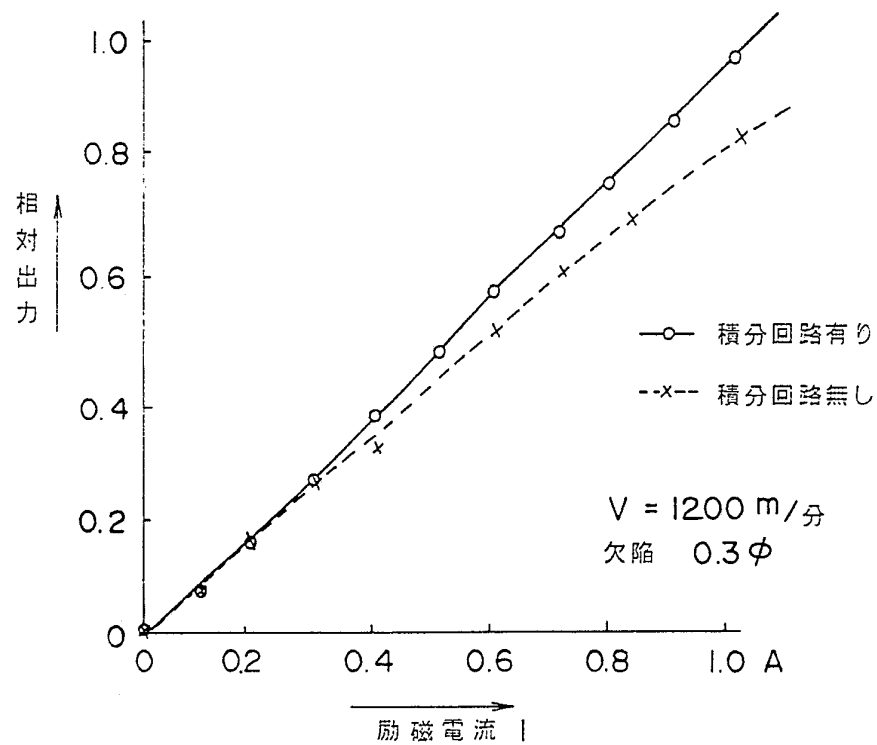
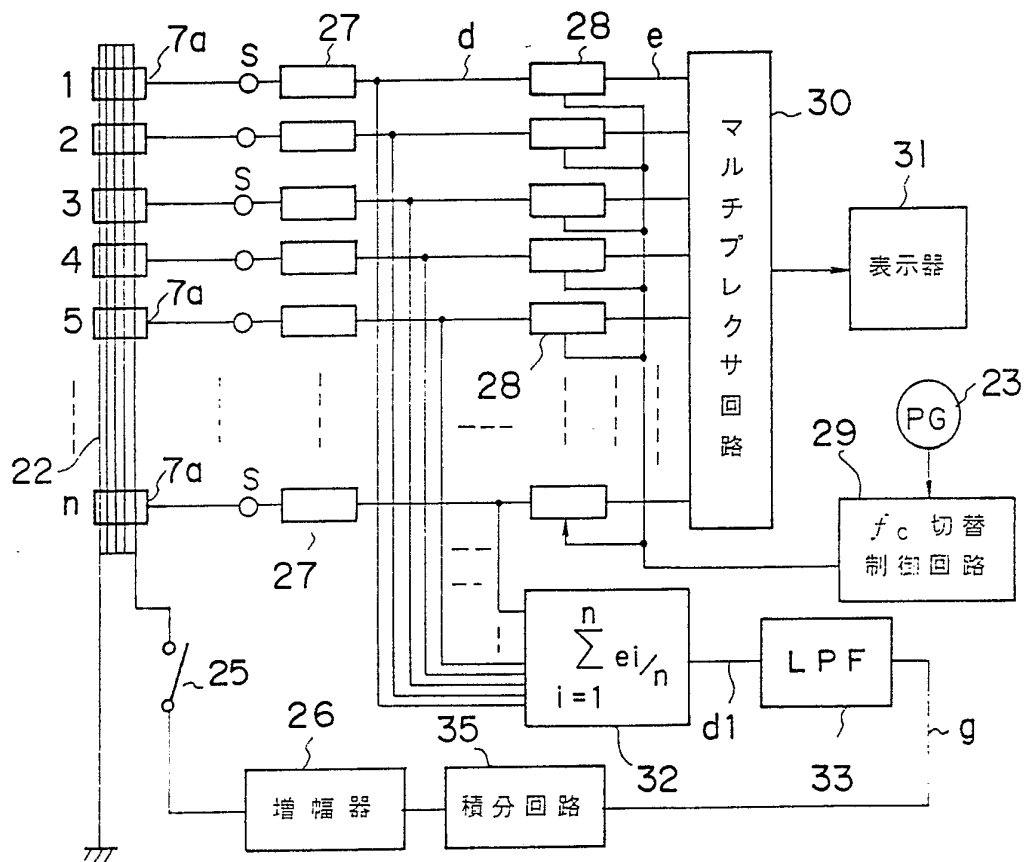
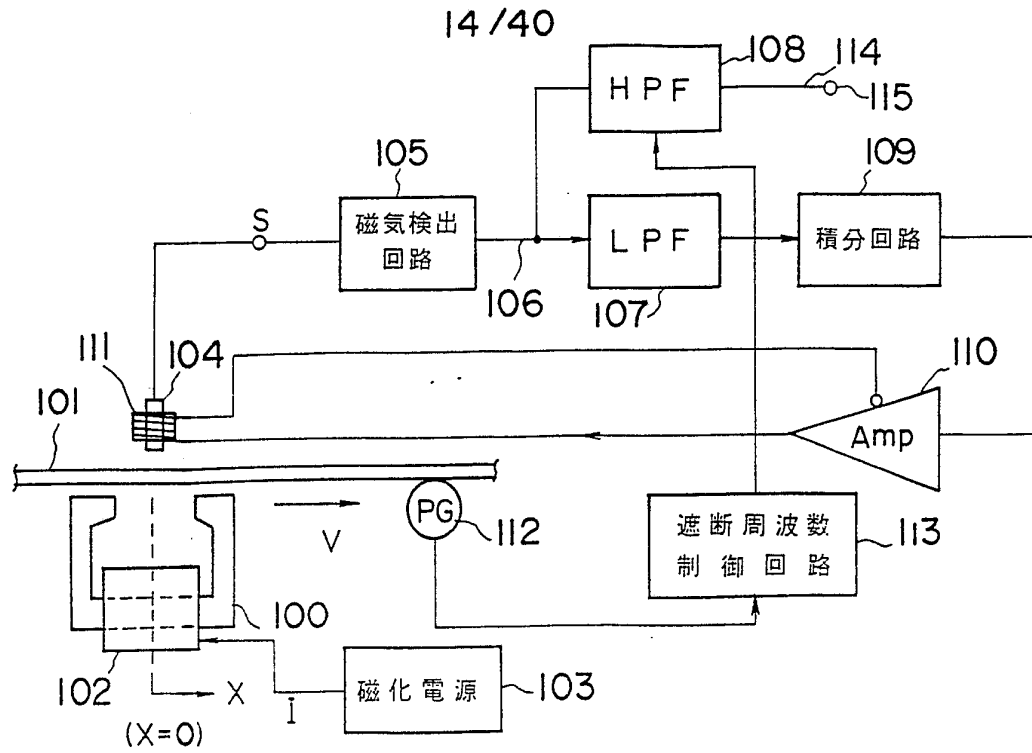


FIG.14



15 / 40

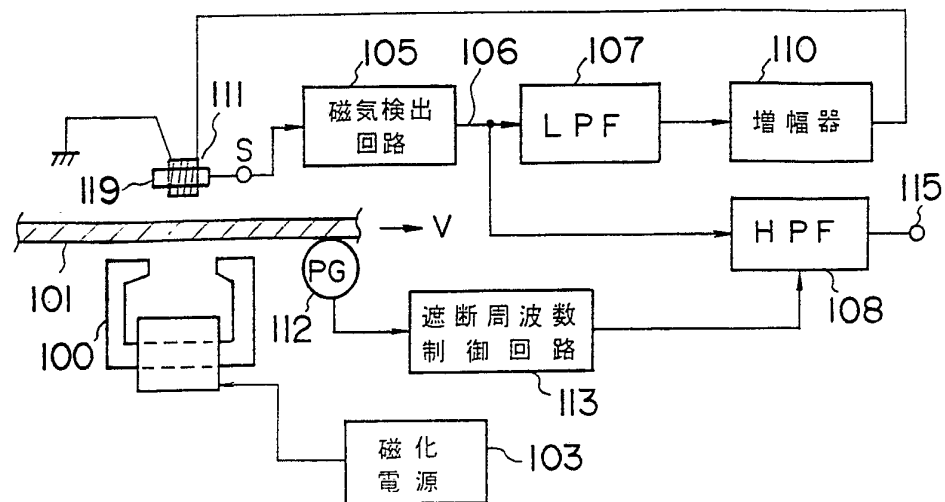


FIG. 17

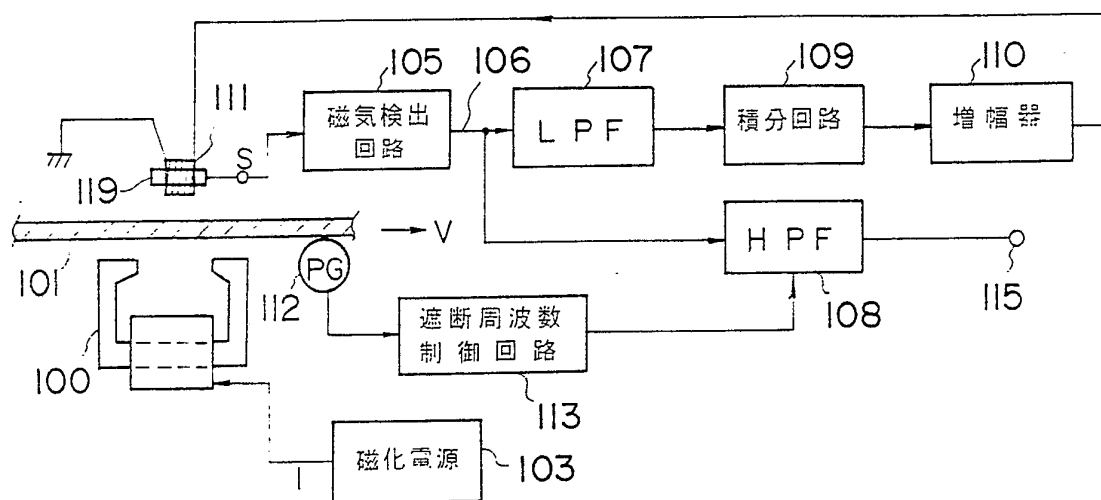


FIG. 18

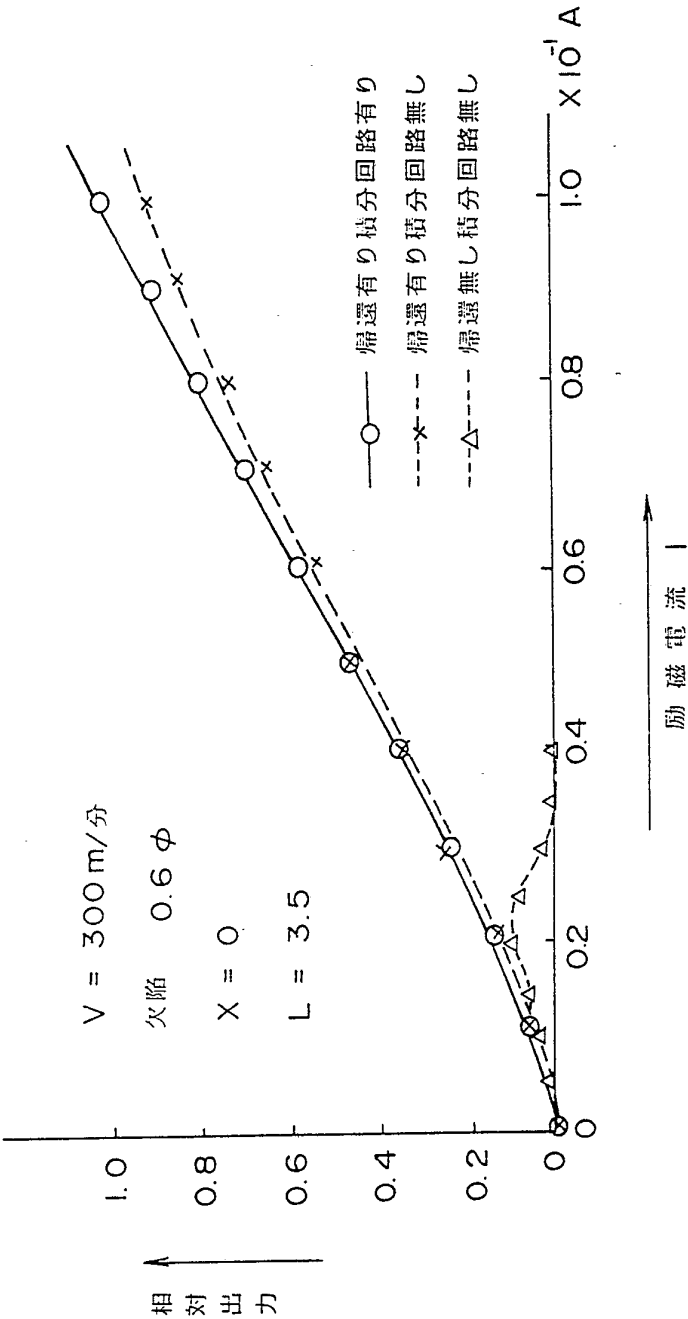


FIG.19

17/40

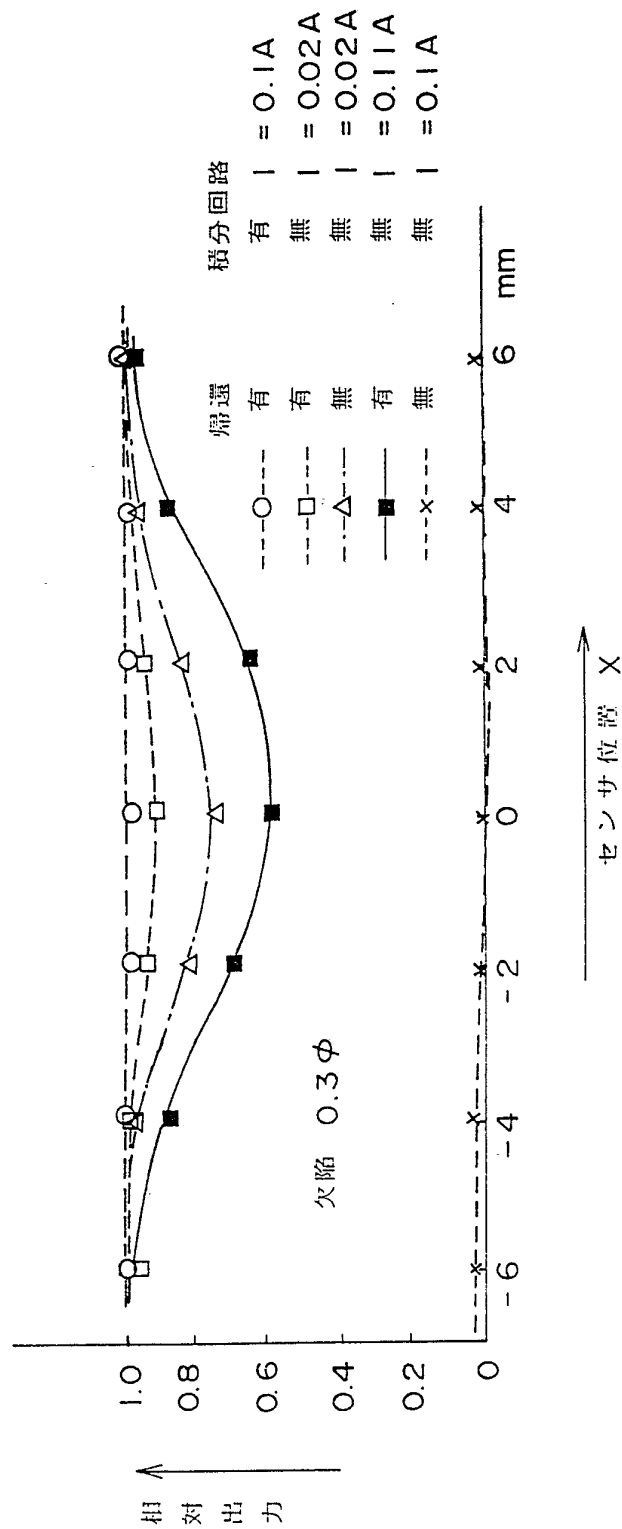


FIG.20

18/40

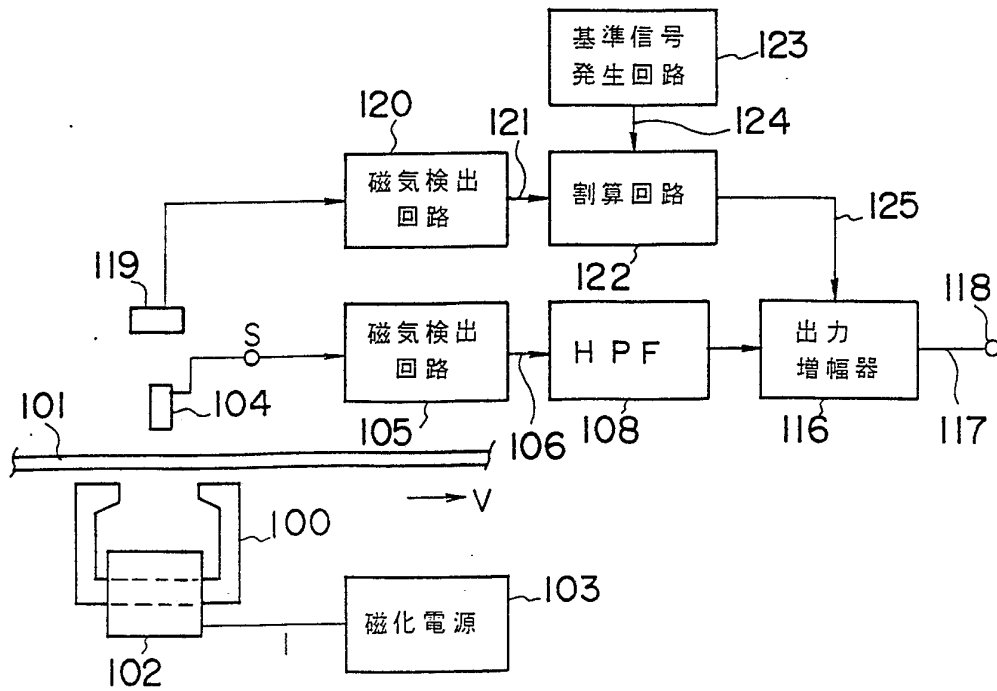


FIG. 21

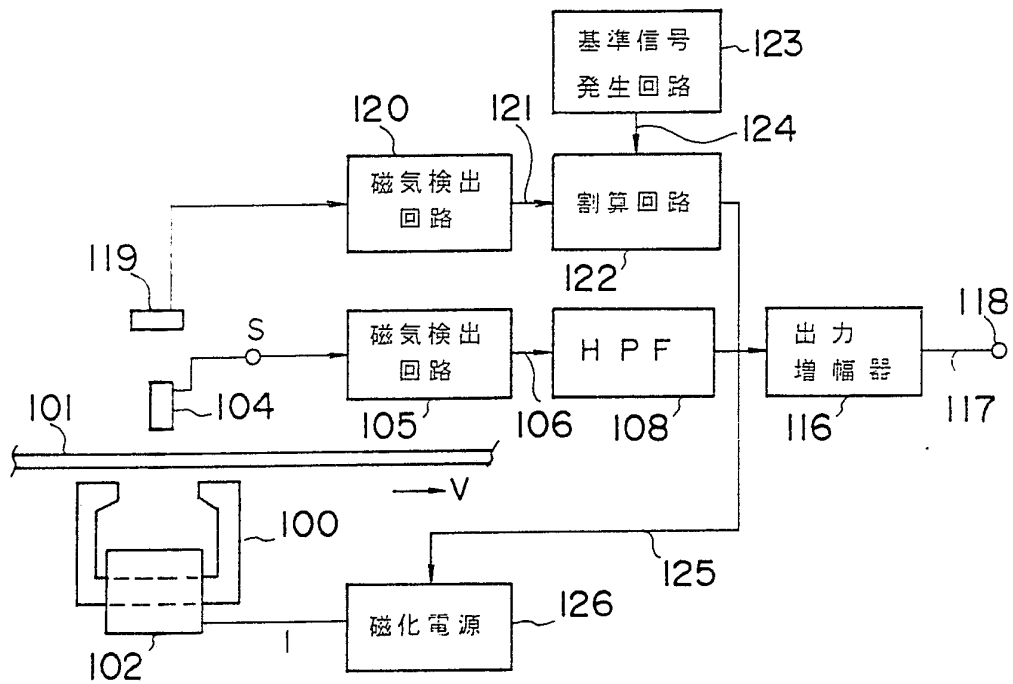


FIG. 22

19/40

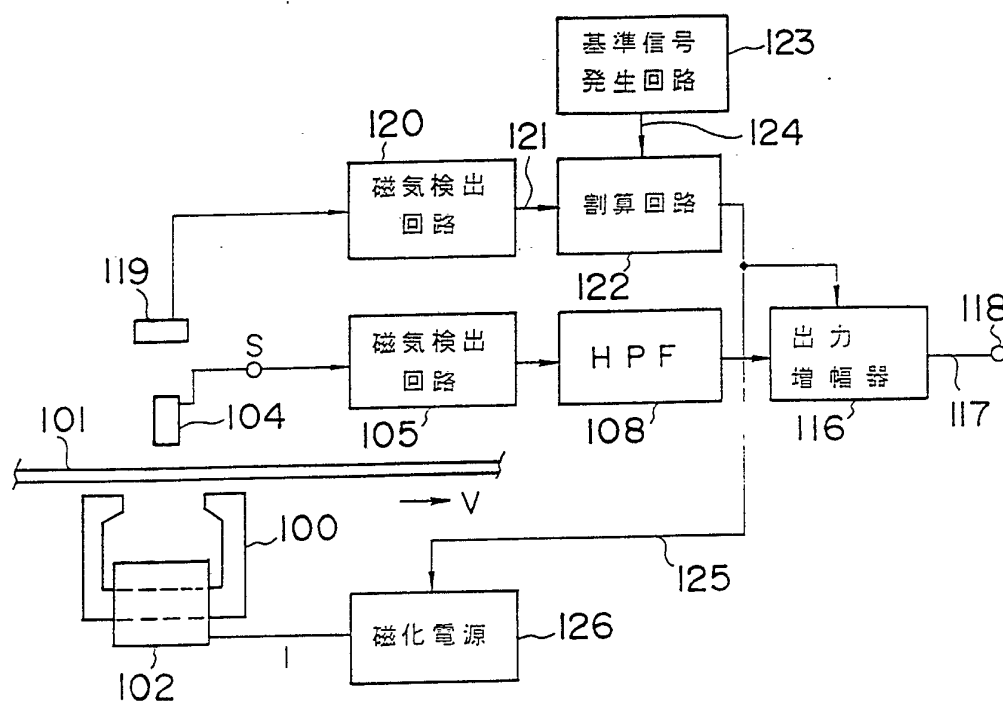


FIG. 23

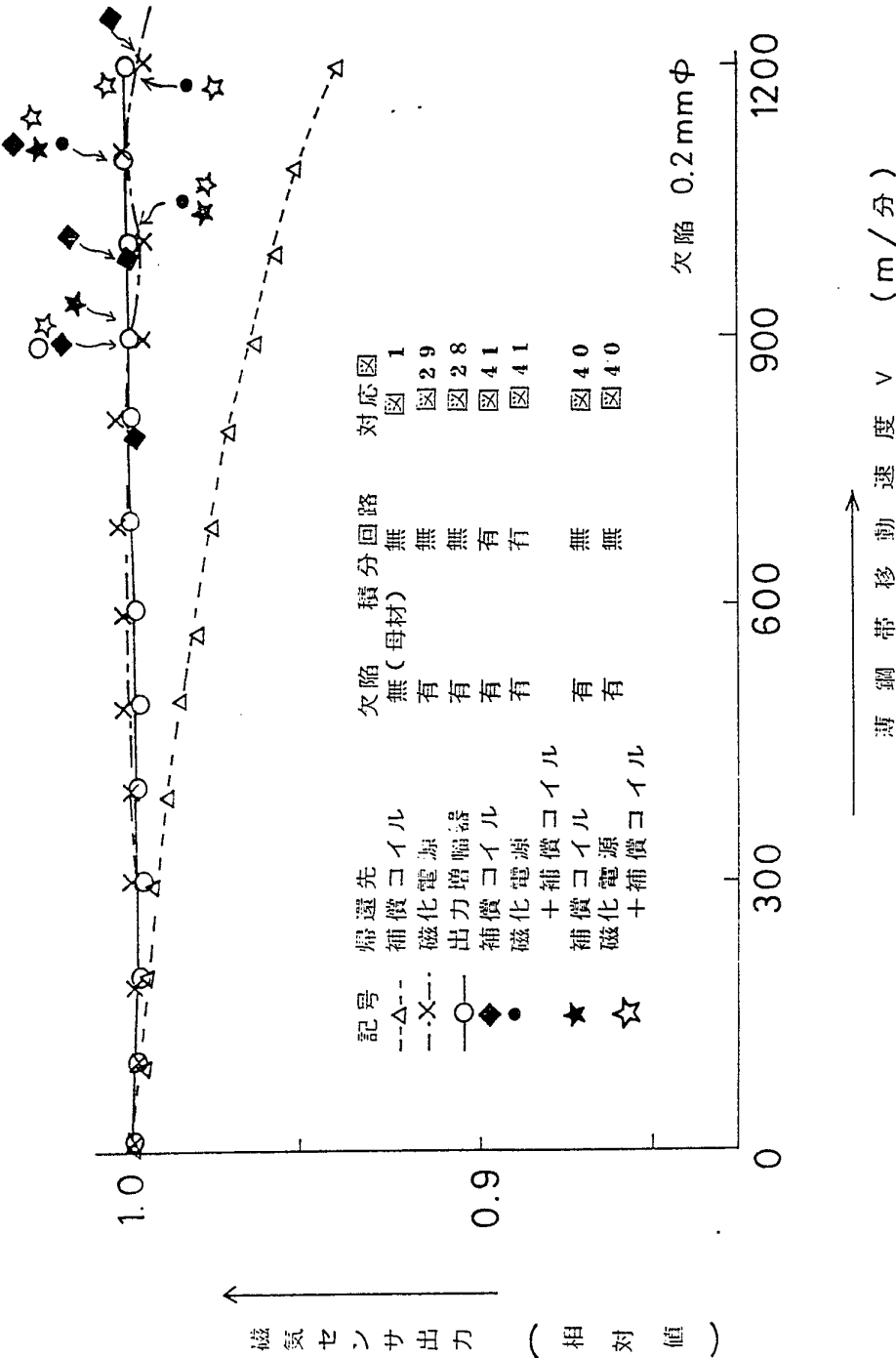


FIG. 24

21/40

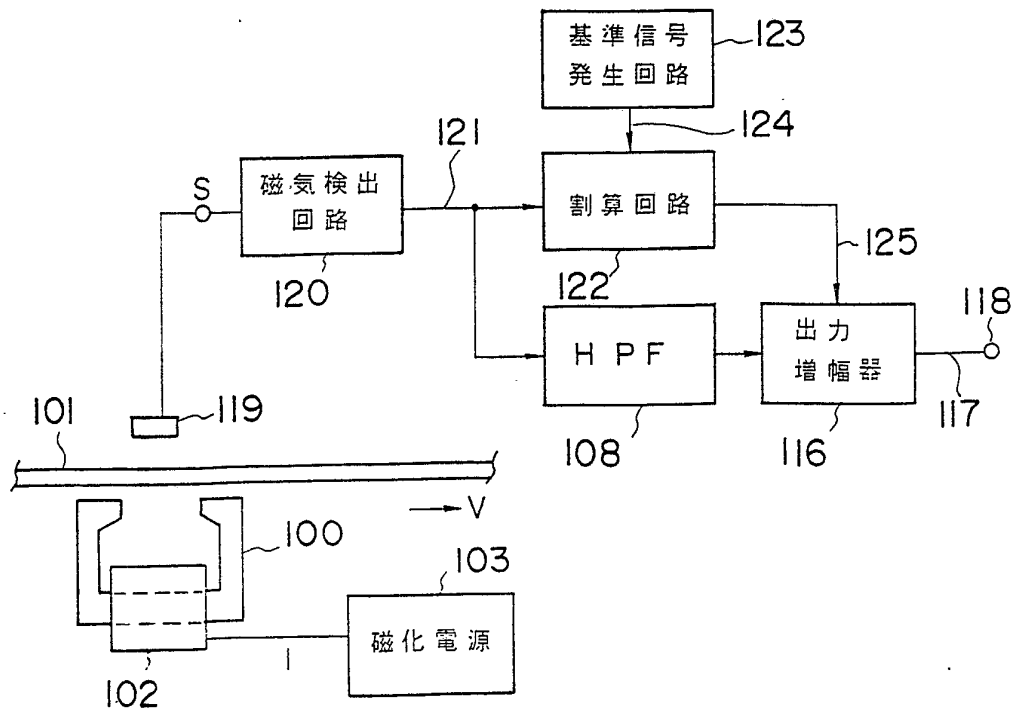


FIG. 25

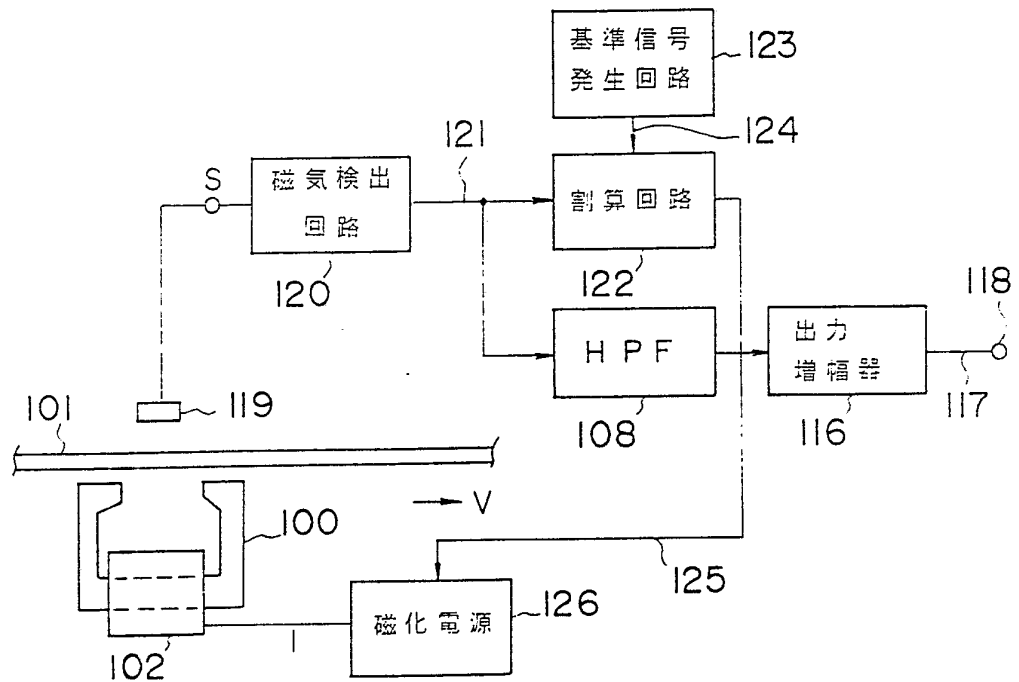


FIG. 26

22/40

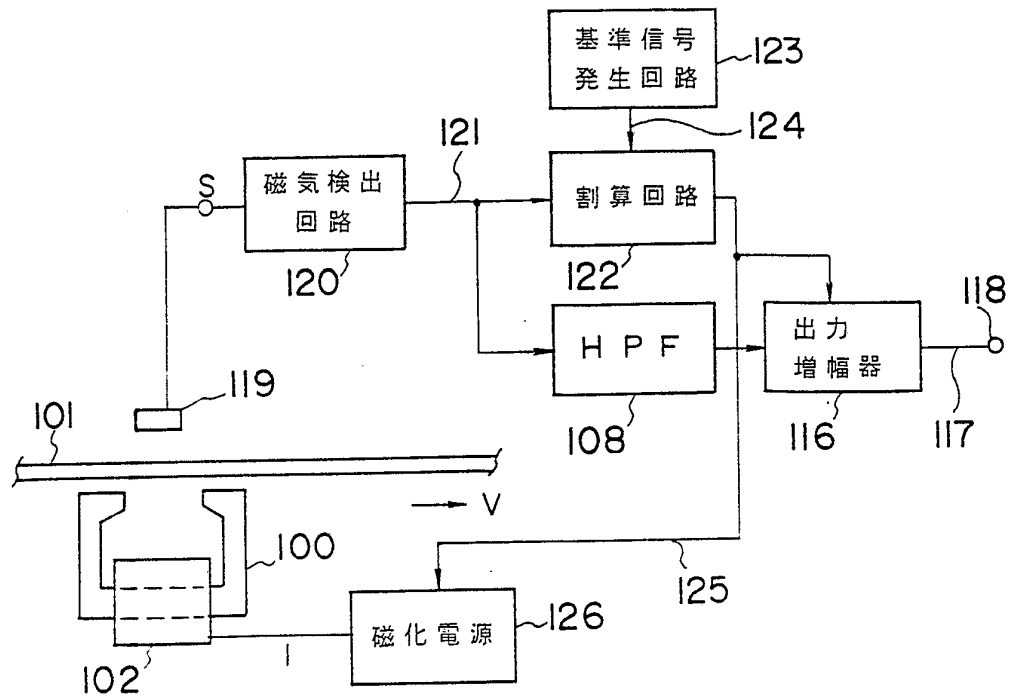


FIG. 27

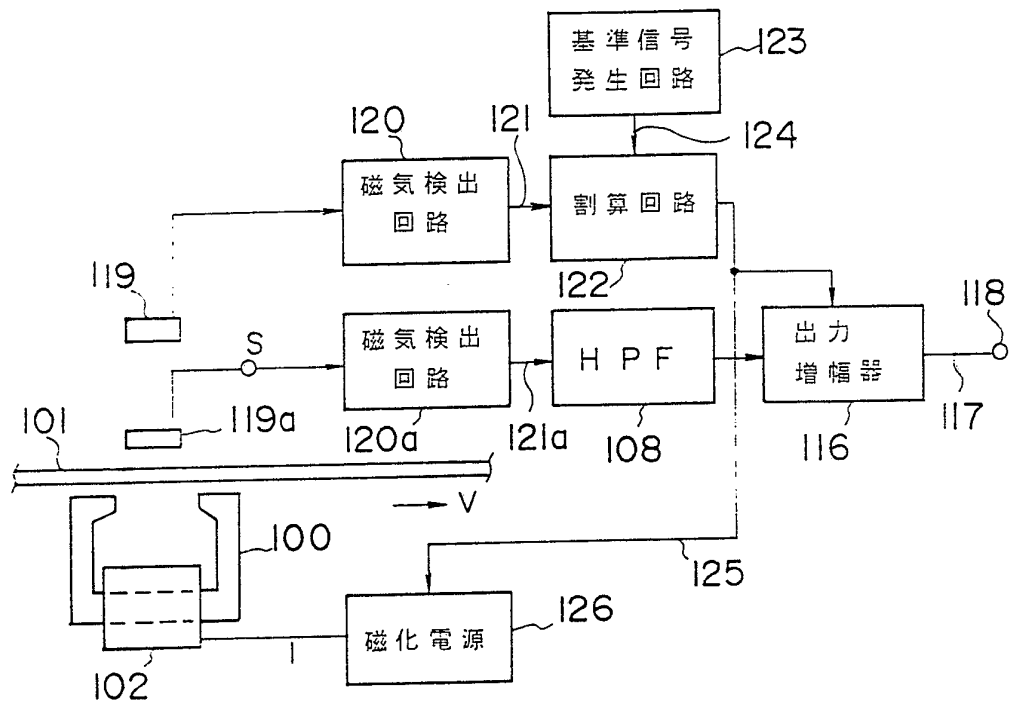


FIG. 28

23 / 40

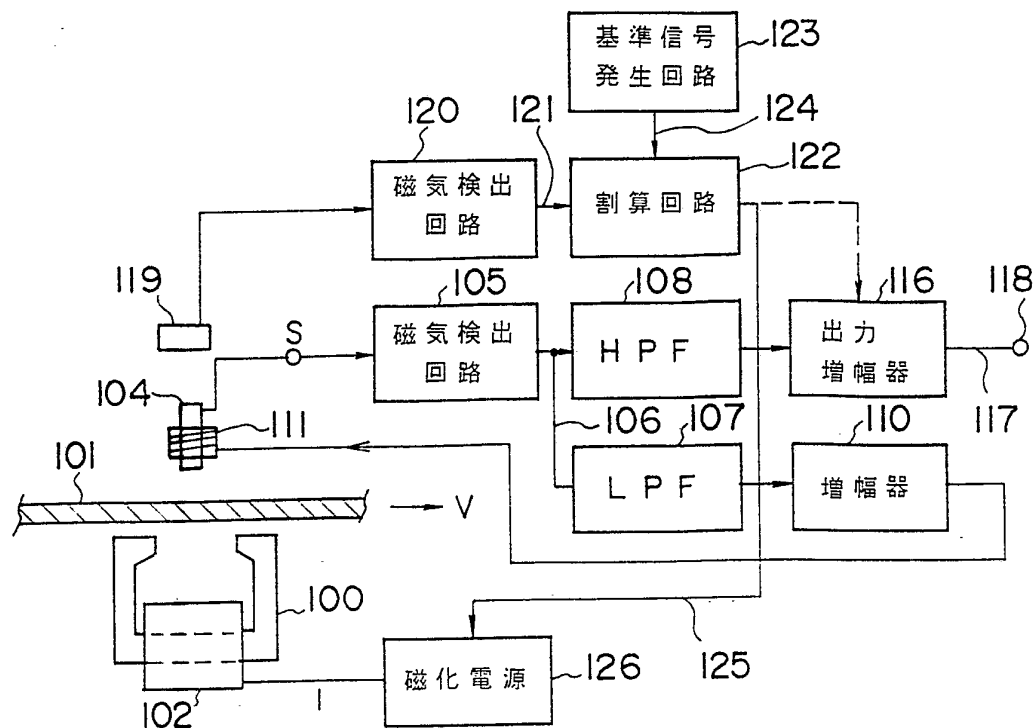


FIG.29A

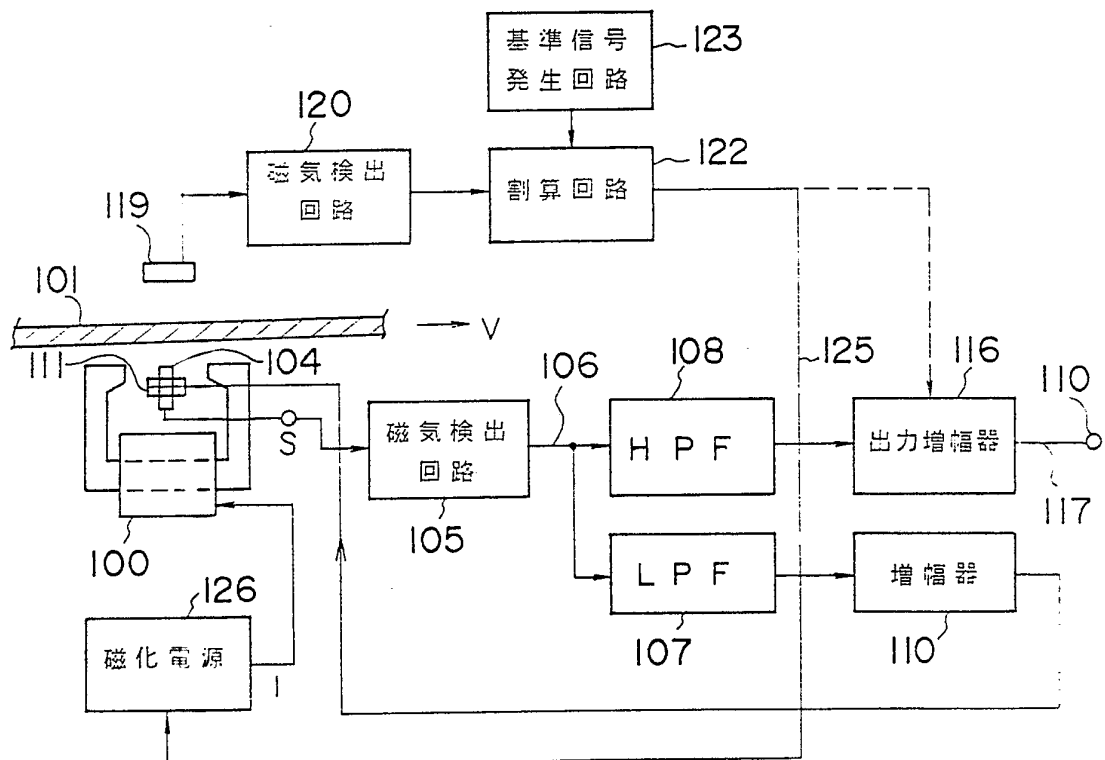


FIG. 29B

24/40

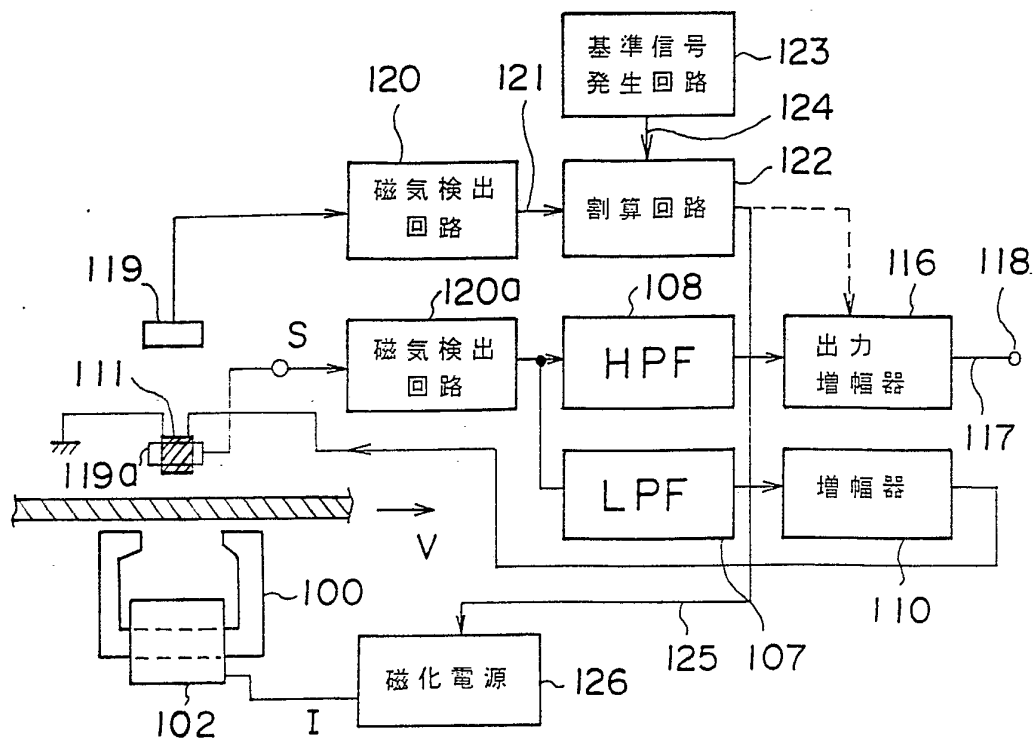


FIG. 29C

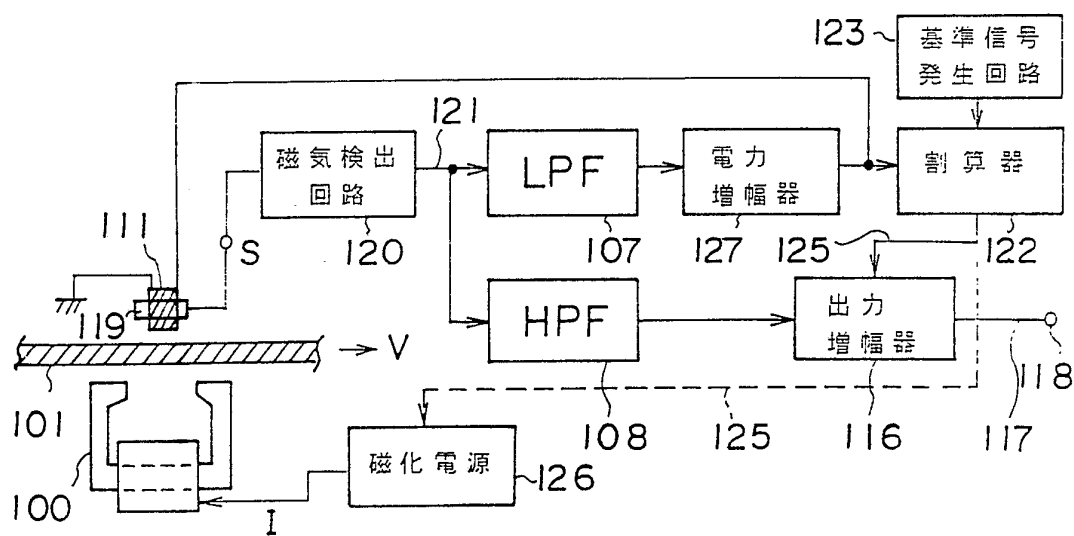


FIG. 30

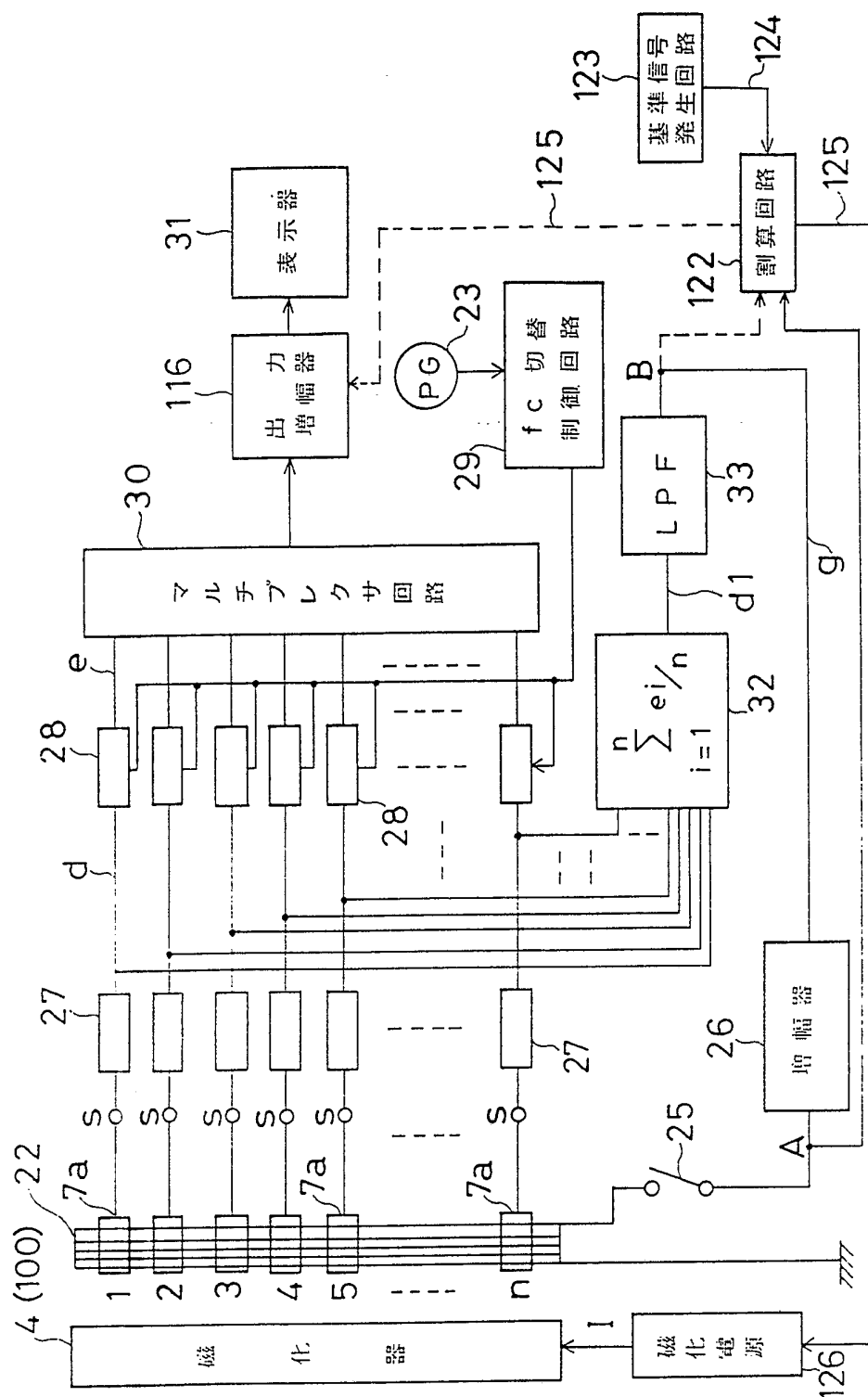


FIG. 31

26/40

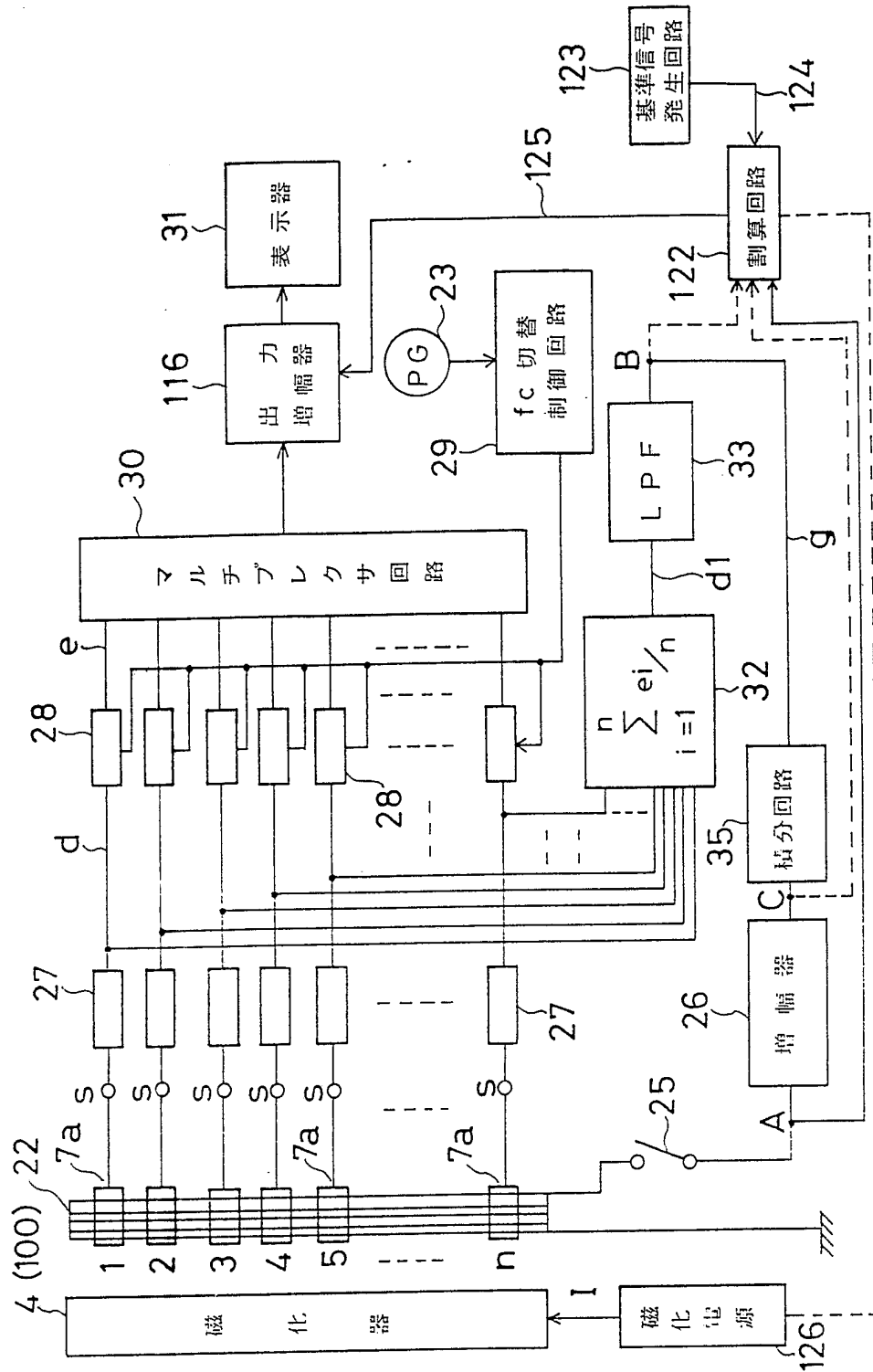


FIG. 32

27/40

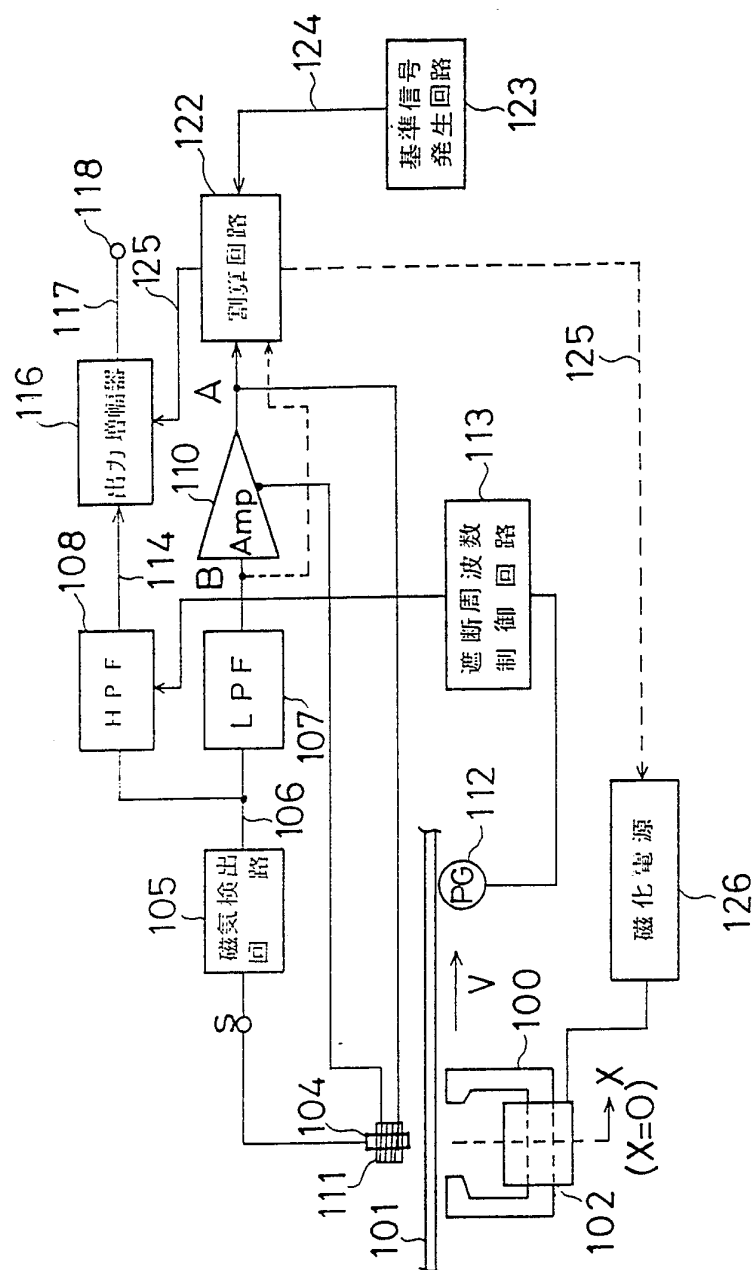


FIG. 33

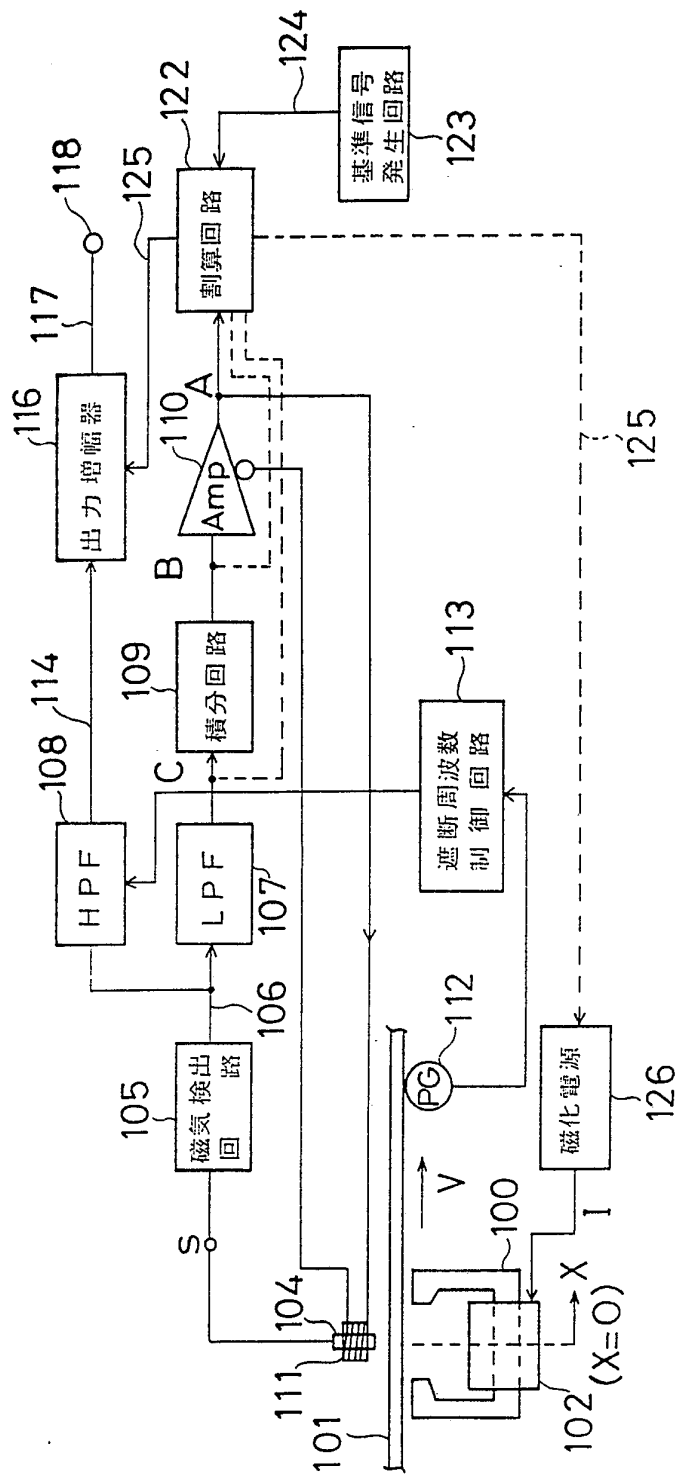


FIG. 34

29/40

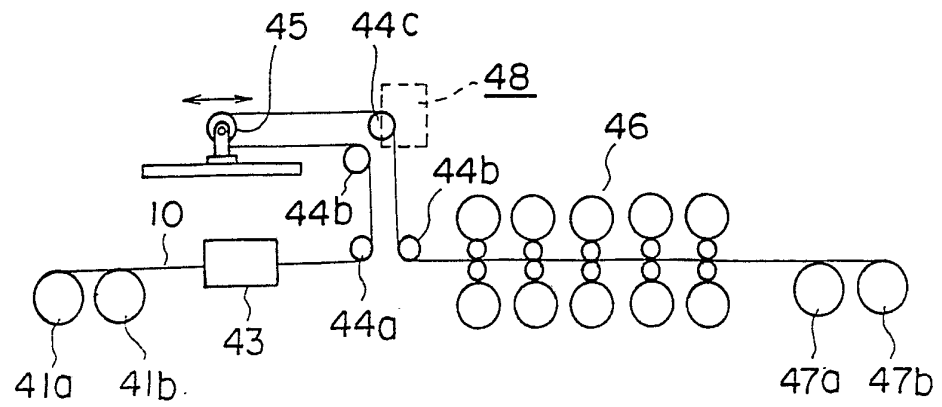


FIG. 35

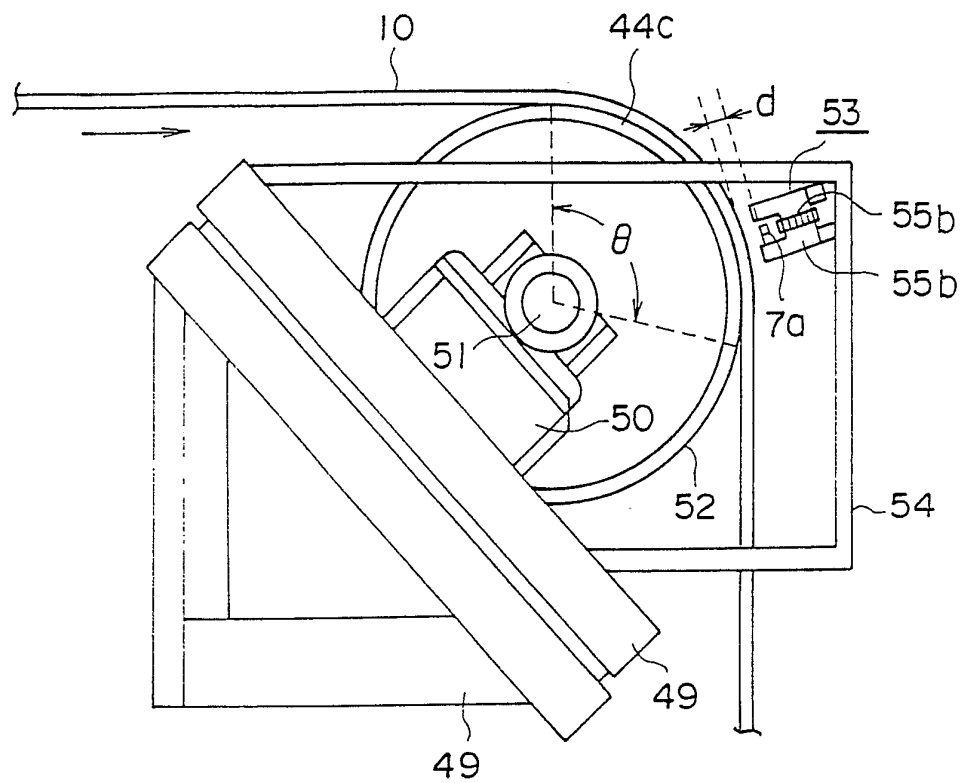


FIG. 36

30/40

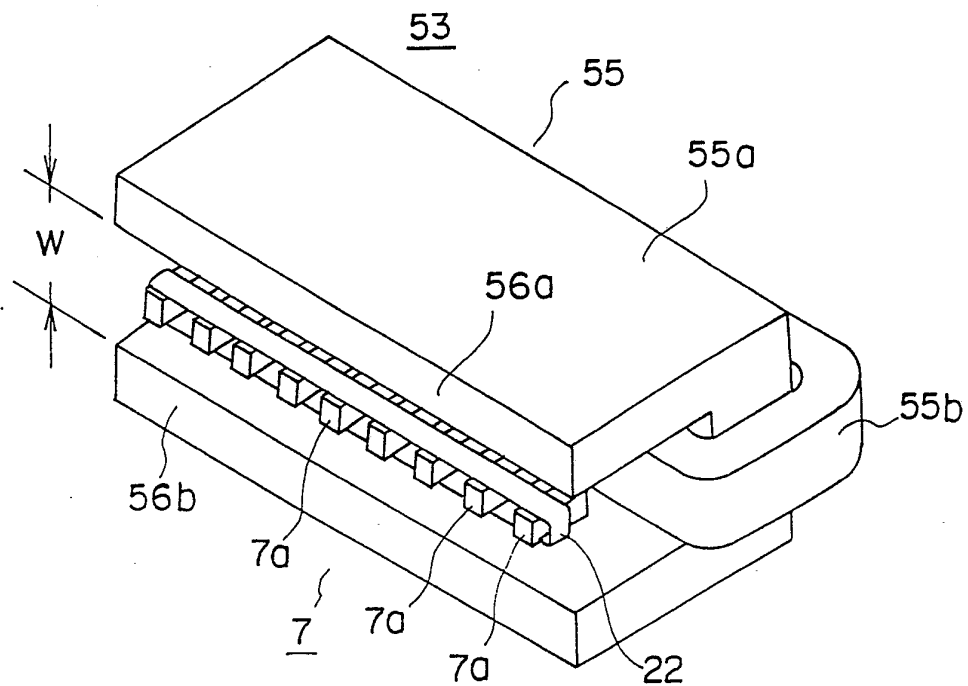


FIG. 37

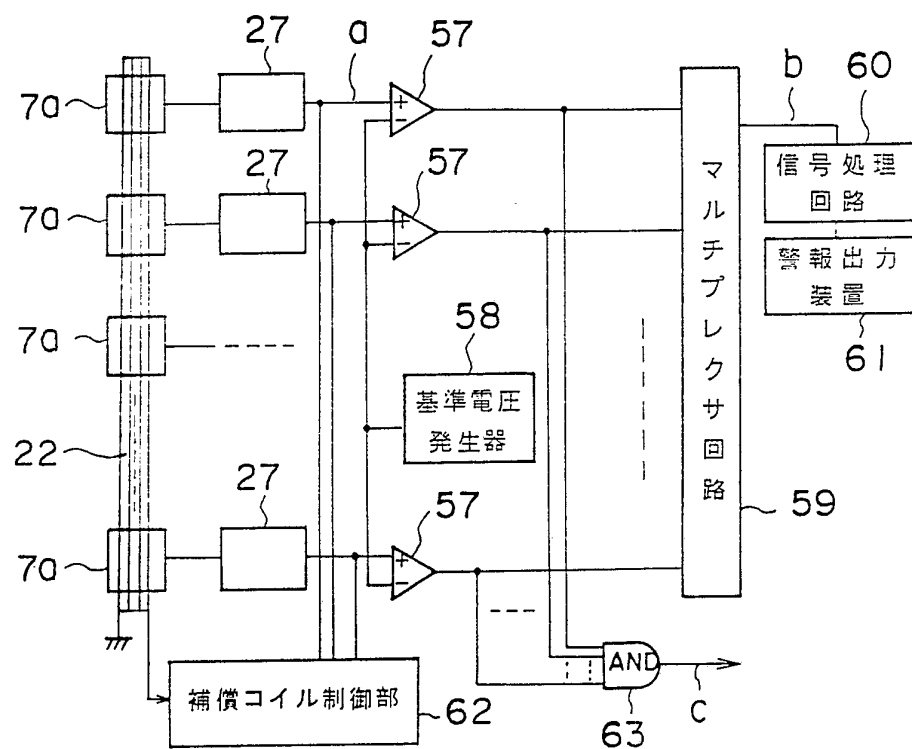


FIG. 38

31/40

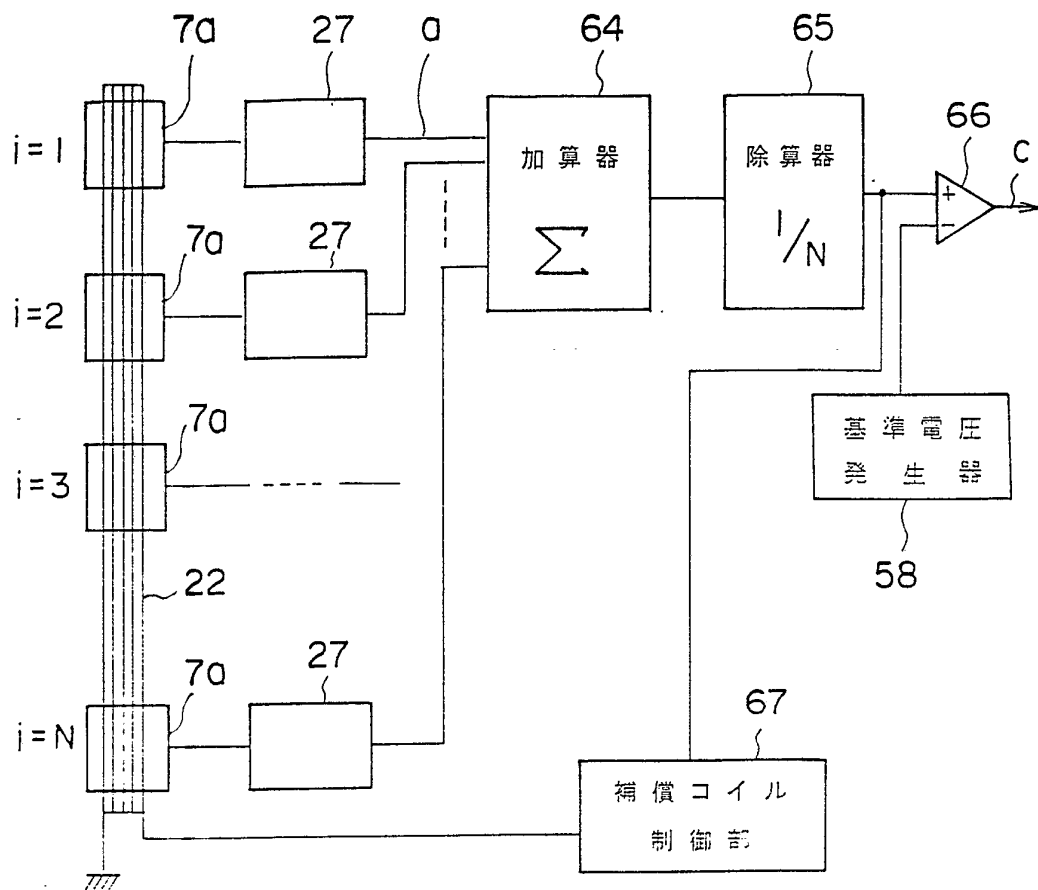


FIG. 39

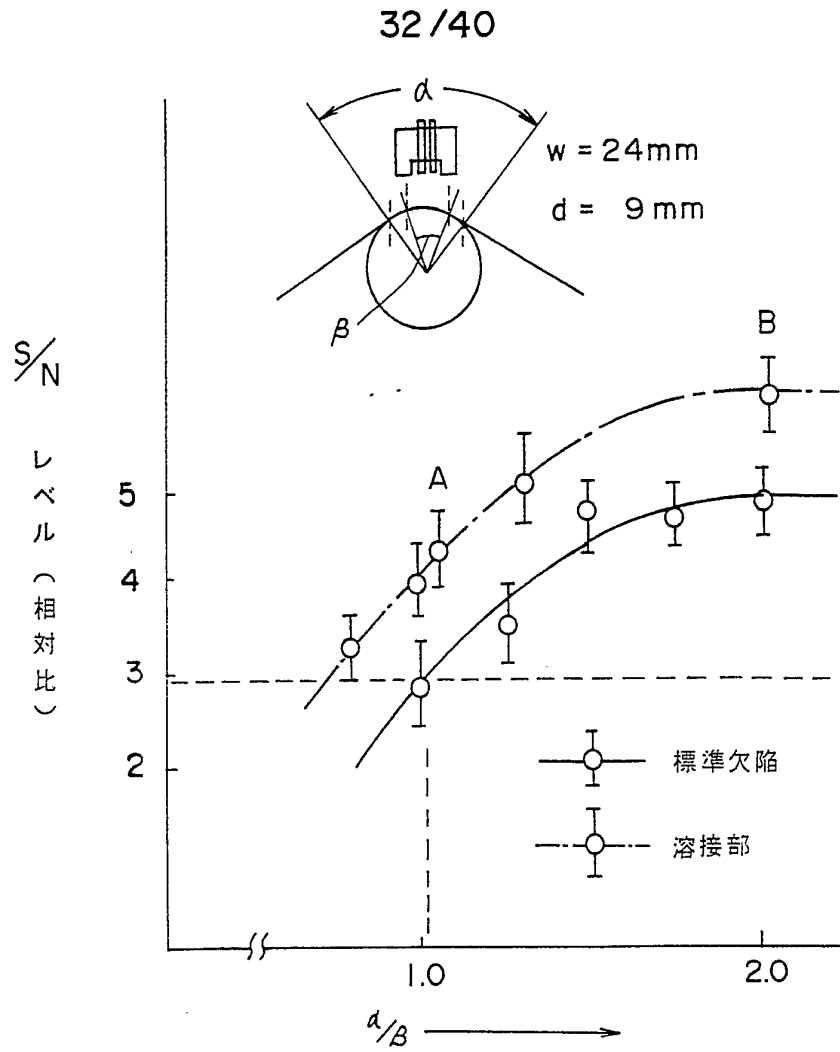


FIG. 40

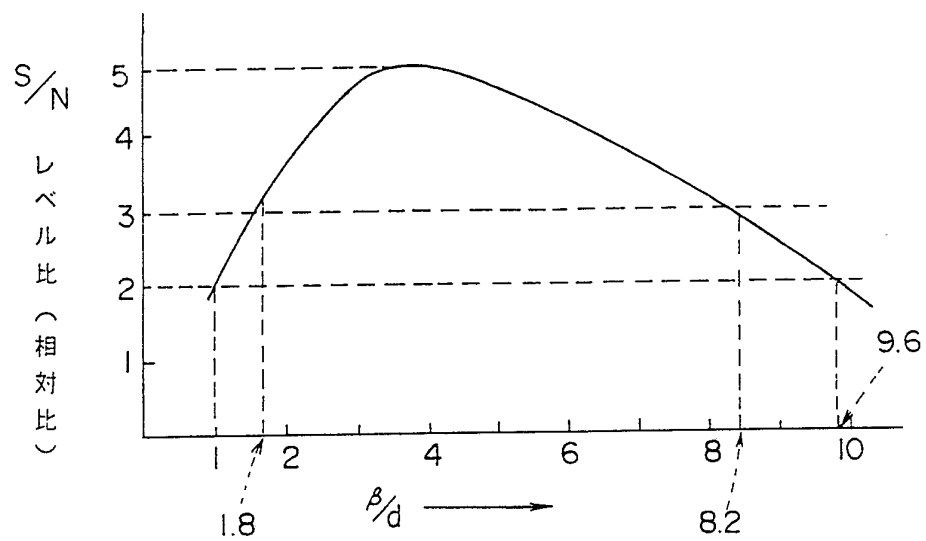


FIG. 41

33/40

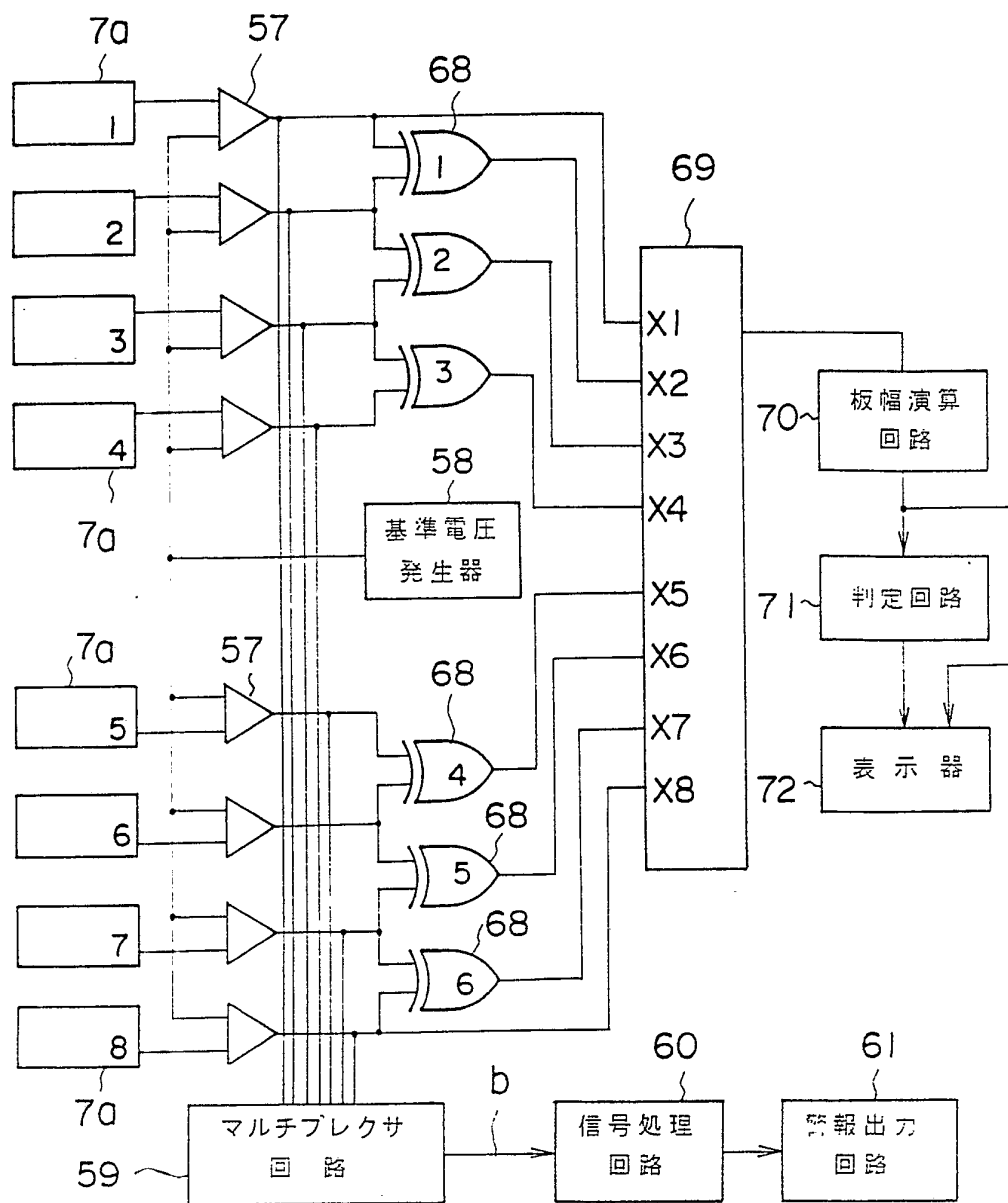


FIG. 42

34/40

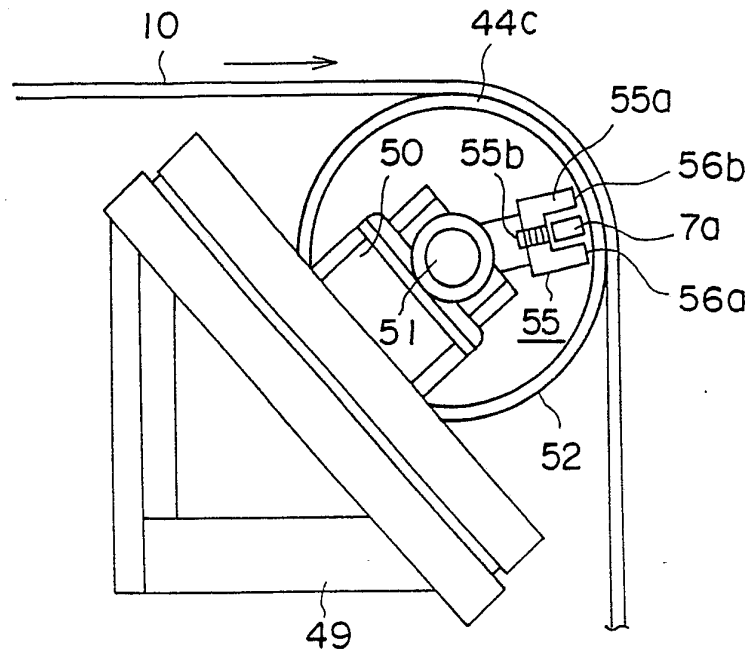


FIG. 43

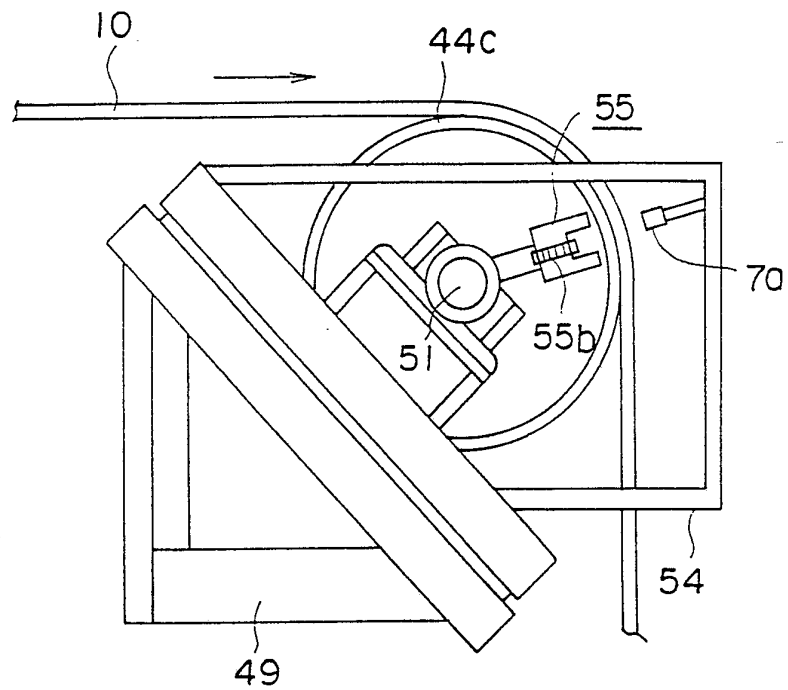


FIG. 44

35/40

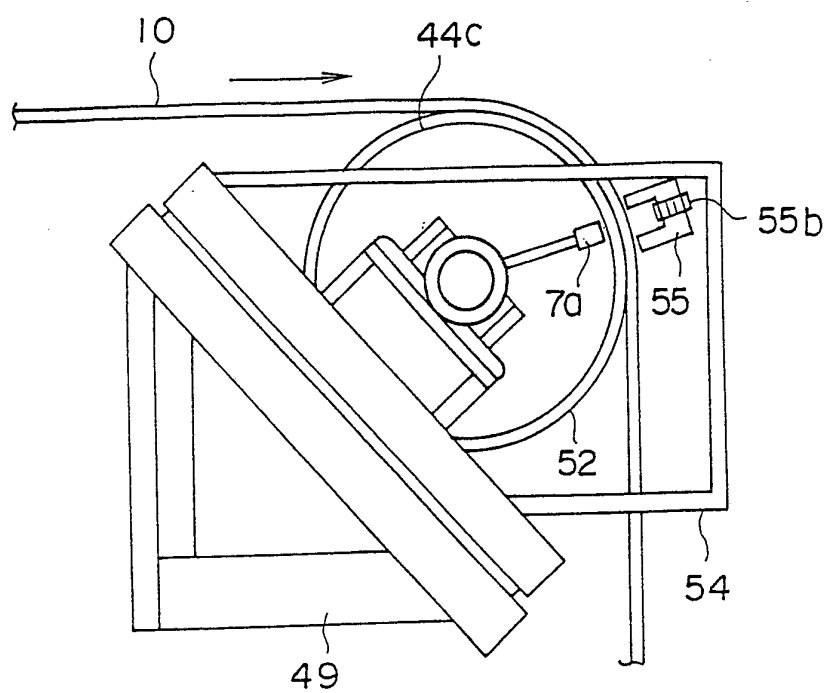


FIG. 45

36/40

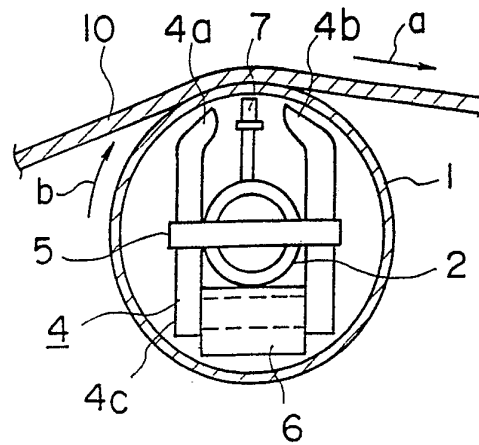


FIG. 46A

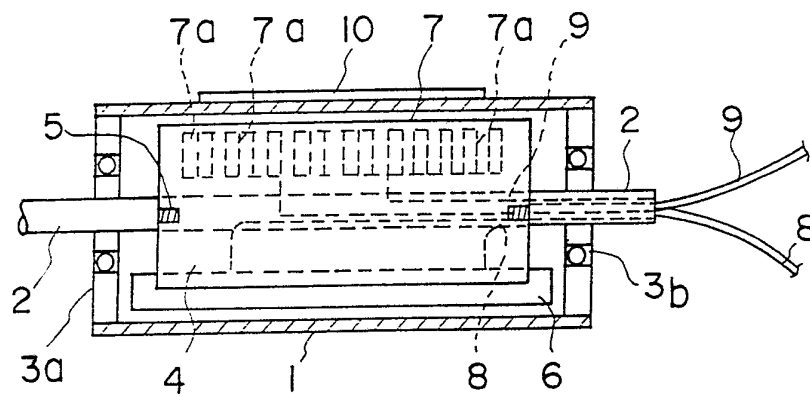


FIG. 46B

37 / 40

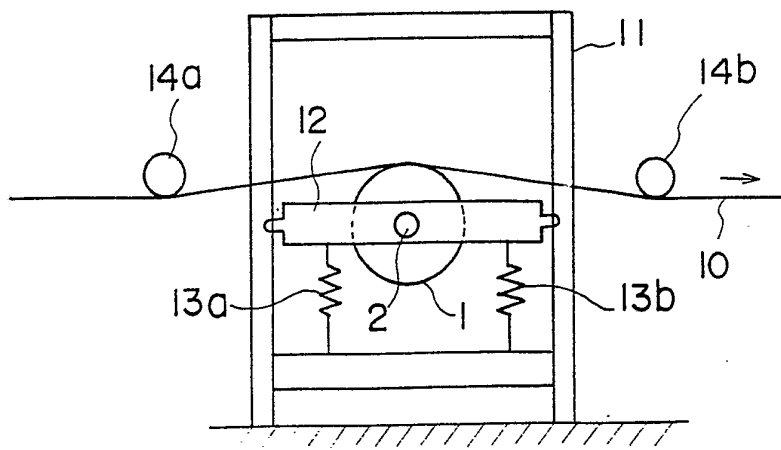


FIG. 46C

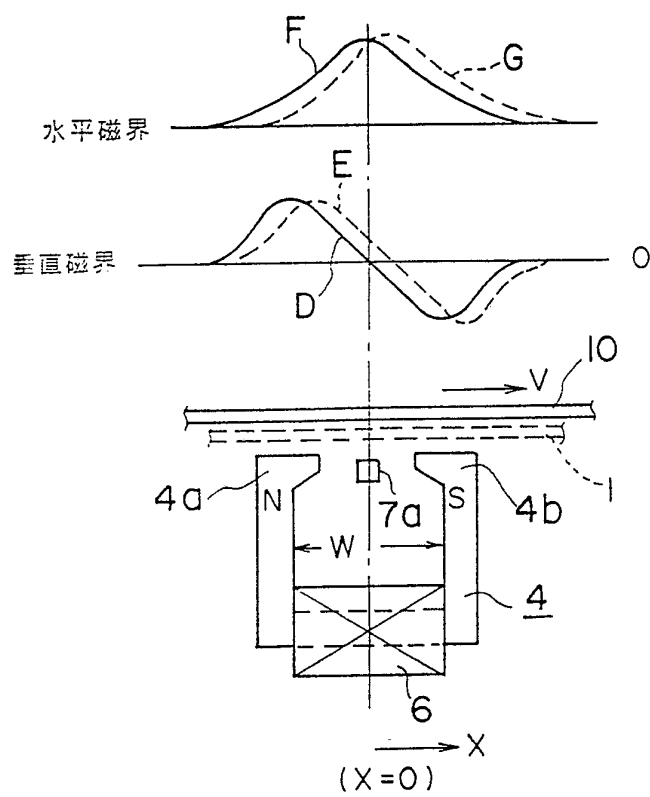


FIG. 47

38/40

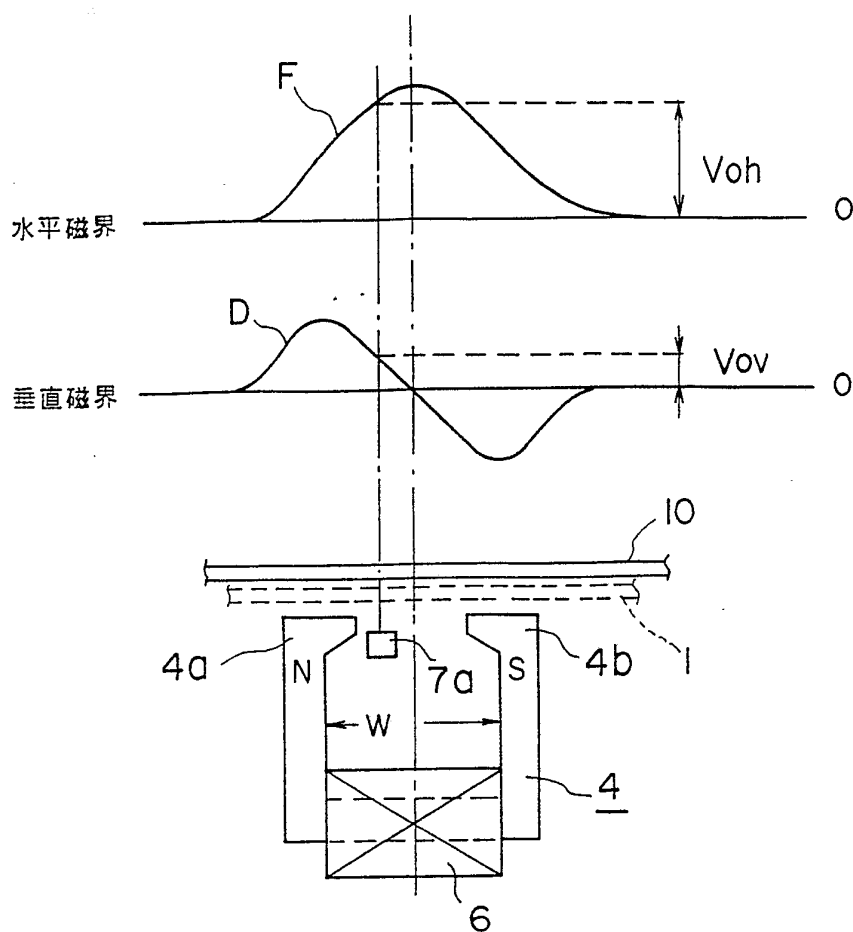


FIG. 48

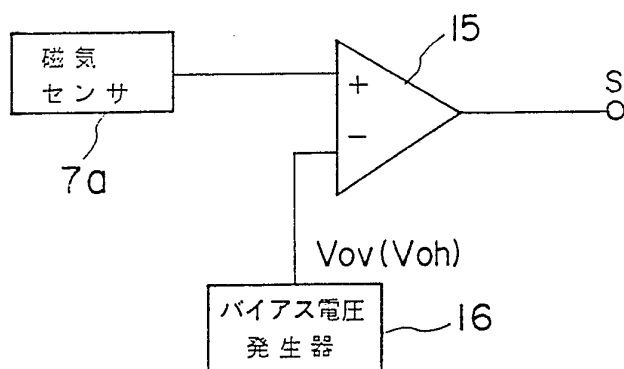


FIG. 49

39/40

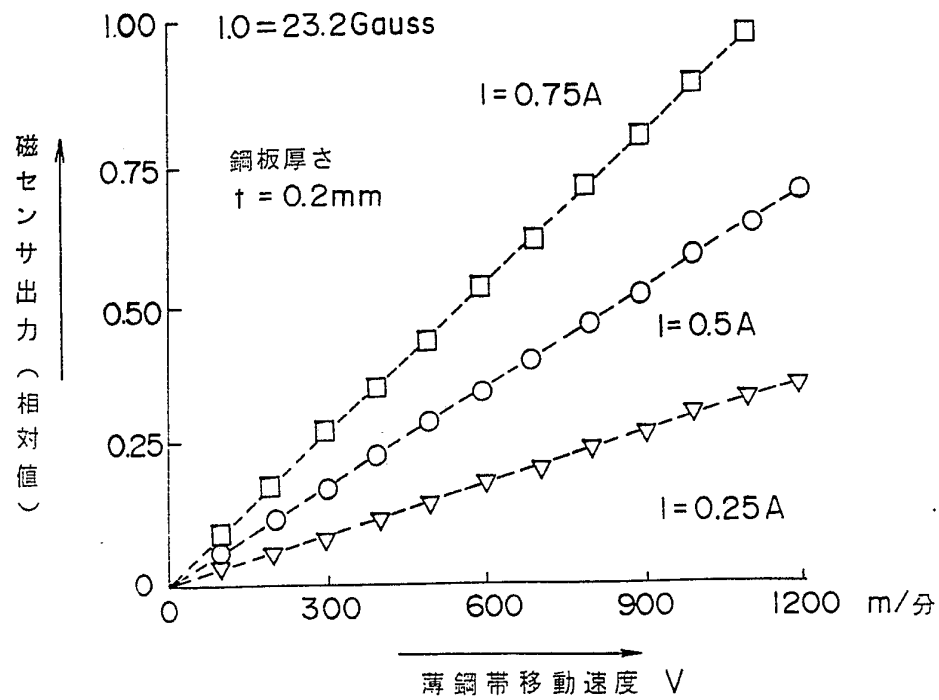


FIG. 50

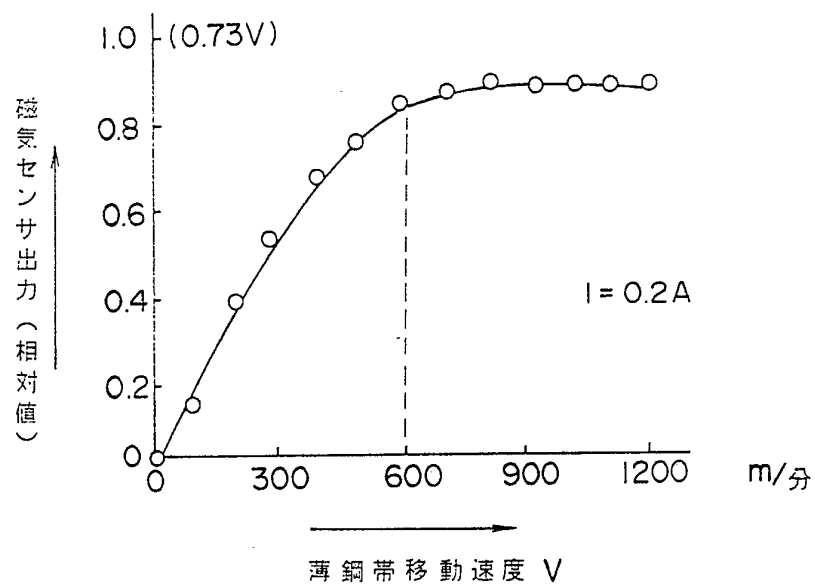


FIG. 51

40/40

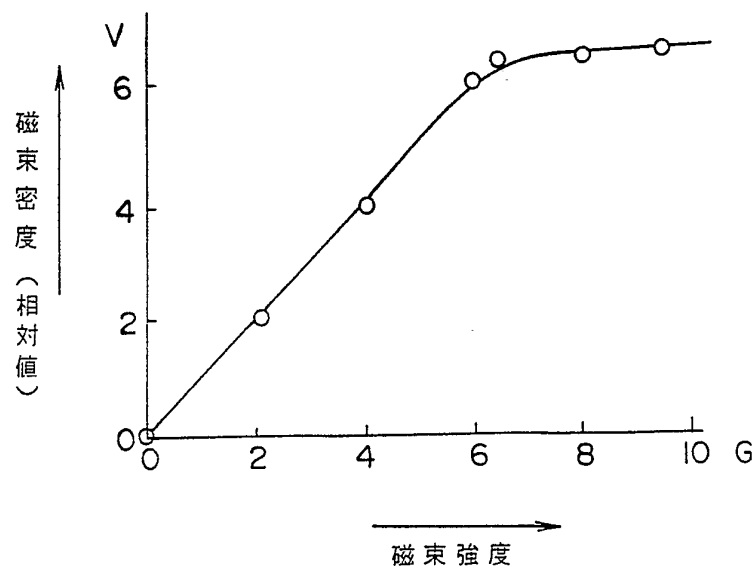


FIG. 52

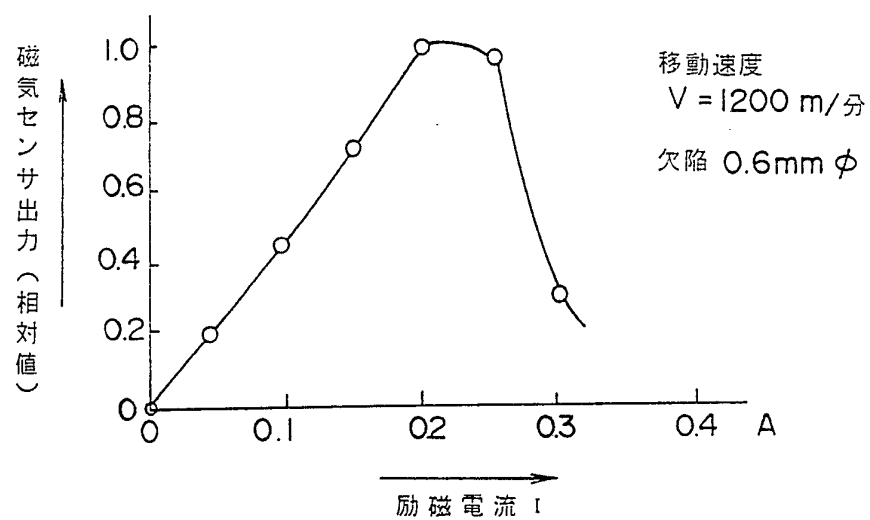


FIG. 53

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP92/00191

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl ⁵ G01N27/83		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	G01N27/82-27/83, 27/87, G01R33/025, 33/38	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
Jitsuyo Shinan Koho		1925 - 1992
Kokai Jitsuyo Shinan Koho		1972 - 1992
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	JP, A, 51-63666 (Mitsubishi Electric Corp.), June 2, 1976 (02. 06. 76), Line 16, upper right column to line 19, column 5, page 2 (Family: none)	1-31
Y	JP, A, 63-96547 (Nippon Steel Corp.), April 27, 1988 (27. 04. 88), Line 8, upper right column, page 2 to the last page (Family: none)	1-31
Y	JP, U, 61-119760 (Nippon Steel Corp.), July 28, 1986 (28. 07. 86), Full descriptions (Family: none)	7, 8
Y	JP, A, 61-147158 (Nippon Steel Corp.), July 4, 1986 (04. 07. 86), Line 13, lower right column, page 2 to the last page (Family: none)	6, 11, 12, 17, 24
Y	JP, U, 1-148856 (Nippon Steel Corp.), October 16, 1989 (16. 10. 89), Full descriptions (Family: none)	10, 11, 13, 14
¹⁰ Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
April 7, 1992 (07. 04. 92)		May 12, 1992 (12. 05. 92)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
Japanese Patent Office		

国 際 調 査 報 告

国際出願番号PCT/JP 92 / 00191

I. 発明の属する分野の分類		
国際特許分類 (IPC) Int. Cl.⁸ G 0 1 N 2 7 / 8 3		
II. 国際調査を行った分野		
調 査 を 行 っ た 最 小 限 資 料		
分 類 体 系	分 類 記 号	
IPC	G 0 1 N 2 7 / 8 2 - 2 7 / 8 3, 2 7 / 8 7, G 0 1 R 3 3 / 0 2 5, 3 3 / 3 8	
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの		
日本国実用新案公報 1925-1992年 日本国公開実用新案公報 1972-1992年		
III. 関連する技術に関する文献		
引用文献の※ カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号
Y	JP, A, 51-63666 (三菱電機株式会社), 2. 6月. 1976 (02. 06. 76), 第2頁右上欄第16 行-第5欄第19行, (ファミリーなし)	1-31
Y	JP, A, 63-96547 (新日本製鐵株式会社), 27. 4月. 1988 (27. 04. 88), 第2頁右上欄第8 行以下全文, (ファミリーなし)	1-31
Y	JP, U, 61-119760 (新日本製鐵株式会社), 28. 7月. 1986 (28. 07. 86), 全文, (ファミリーなし)	7, 8
Y	JP, A, 61-147158 (新日本製鐵株式会社), 4. 7月. 1986 (04. 07. 86), 第2頁右下欄第13 行以下全文, (ファミリーなし)	6, 11, 12, 17, 24
※引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリーの文献		
IV. 認 証		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
07. 04. 92	12.05.92	
国際調査機関	権限のある職員	2 J 9 1 1 8
日本国特許庁 (ISA/JP)	特許庁審査官 須 磨 光 夫 ®	

第2ページから続く情報

(重 複 の 続 き)

Y JP, U, 1-148856 (新日本製鐵株式会社), 10, 11, 13,
16. 10月. 1989 (16. 10. 89), 全文, 14
(ファミリーなし)

V. ☐ 一部の請求の範囲について国際調査を行わないときの意見

次の請求の範囲については特許協力条約に基づく国際出願等に関する法律第8条第3項の規定によりこの国際調査報告を作成しない。その理由は、次のとおりである。

1. ☐ 請求の範囲_____は、国際調査をすることを要しない事項を内容とするものである。
2. ☐ 請求の範囲_____は、有効な国際調査をすることができる程度にまで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。
3. ☐ 請求の範囲_____は、従属請求の範囲でありかつPCT 規則6.4a 第2文の規定に従って起草されていない。

VI. ☐ 発明の単一性の要件を満たしていないときの意見

次に述べるようにこの国際出願には二以上の発明が含まれている。

1. ☐ 追加して納付すべき手数料が指定した期間内に納付されたので、この国際調査報告は、国際出願のすべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加して納付すべき手数料が指定した期間内に一部しか納付されなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付があった発明に係る次の請求の範囲について作成した。
請求の範囲_____
3. ☐ 追加して納付すべき手数料が指定した期間内に納付されなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲に最初に記載された発明に係る次の請求の範囲について作成した。
請求の範囲_____
4. ☐ 追加して納付すべき手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加して納付すべき手数料の納付を命じなかった。

追加手数料異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加して納付すべき手数料の納付と同時に、追加手数料異議の申立てがされた。
- ☐ 追加して納付すべき手数料の納付に際し、追加手数料異議の申立てがされなかった。