

電 磁 流 量 計

Magnetic Flowmeter

植 松 誠*
Makoto Uematsu

松 原 一 郎*
Ichirō Matsubara

鈴 木 敏 孝**
Toshitaka Suzuki

内 容 梗 概

従来、高精度で測定できる流量計は数少なく、管路に設けられた各種装置のため、圧力損失を生じたり、気泡や固形物の混入流体、負圧流体、強腐食性流体などに対しては、測定不可能となるものが多かった。電磁流量計は、導電性液体の体積流量計であって、温度、圧力、粘度、比重、比熱、電気伝導度などの流体の物理的性質を定める定数には、まったく無関係に測定できる。また、強腐食性液、固形物、気泡の混入液をも、容易に測定できるので、特に硫酸、硝酸、塩酸などを扱う化学工業や製紙、食品、醸造の各工業の流量測定に広範囲な利用価値をもっている。

1. 緒 言

本流量計は1800年代にファラデーによって試みられ、その後血液流量などの測定にわずかながら利用されていたが、近年に至って工業用流量計として大きく取り上げられるようになり⁽¹⁾、最近とみに需要が目だってきている。

すなわち、従来の差圧式、面積式あるいは体積式流量計などでは腐食性のきわめて強い液体や固形物および気泡の混入している液体、あるいは内圧が負圧になるようなものに対しては、測定が非常に困難であった。そのため特に混酸や熱濃硫酸の化学工業や製紙、食品、醸造の各工業面において、これらの流量測定が強く要求されるようになった。最近のエレクトロニクスの進歩により工業用電磁流量計が完成した。

2. 原 理

電磁流量計は磁界中を導電性流体が磁力線を切る方向に流れると、磁界方向と流れ方向とに直角に流速に比例した起電力を発生する。この起電力を測定することにより流量を測定するものである。

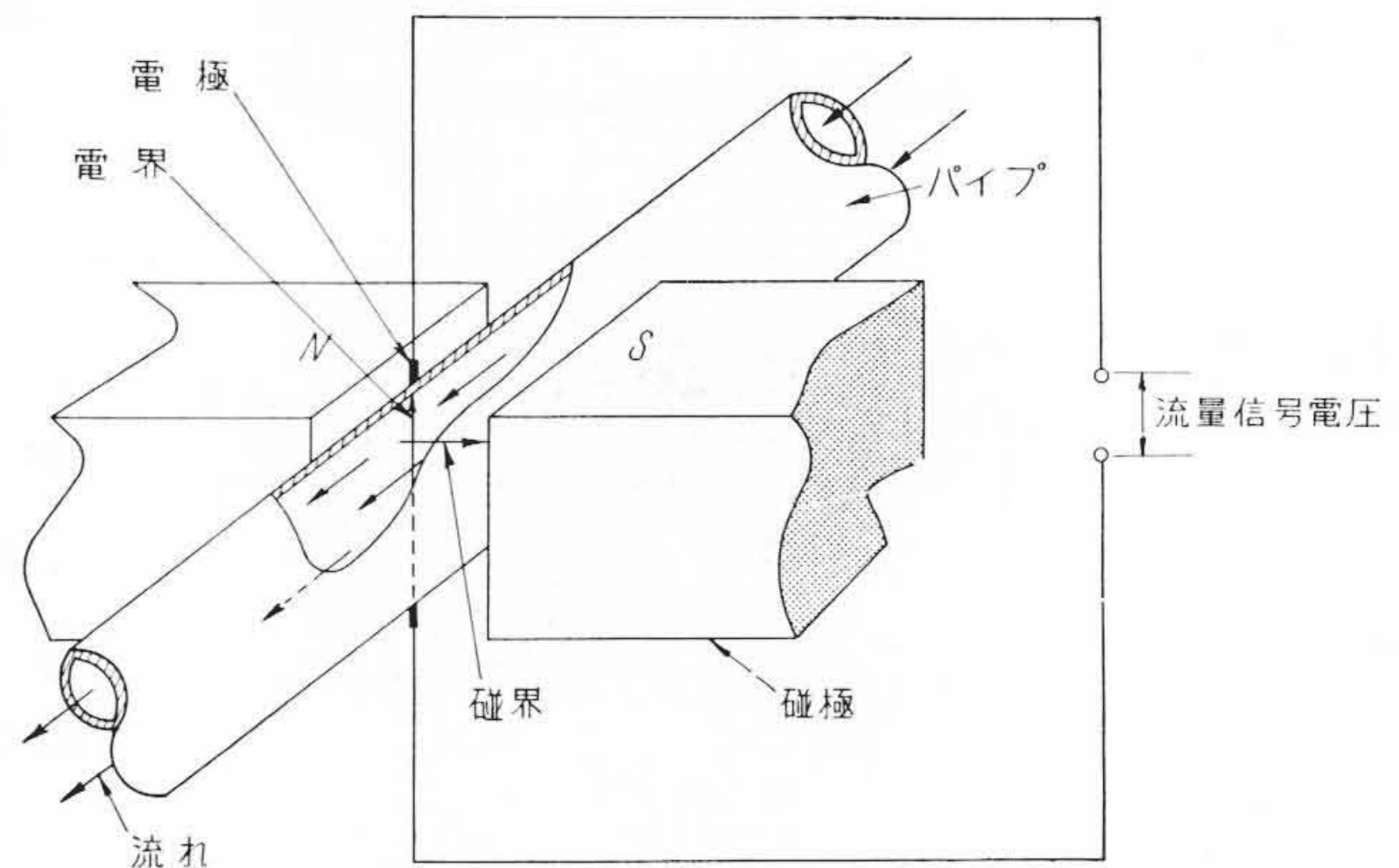
ここで扱う液体は、液体金属を除く一般の電解質液であるから、その電気伝導はイオン電導によるものである。したがって定常磁界は液体中に直流誘起起電力を発生させ、イオン化による液質の変化、検出部のイオン析出による測定不能状態、および増幅の困難を生じ、かつ地磁気の影響も受けやすい。そのため外磁界としては一般に交番磁界が用いられ、かつ取得の容易さから商用電源によって励磁される電磁石が用いられる。

いま導電性流体に磁場がかけられると、その誘導方程式は次式によって表わされる。

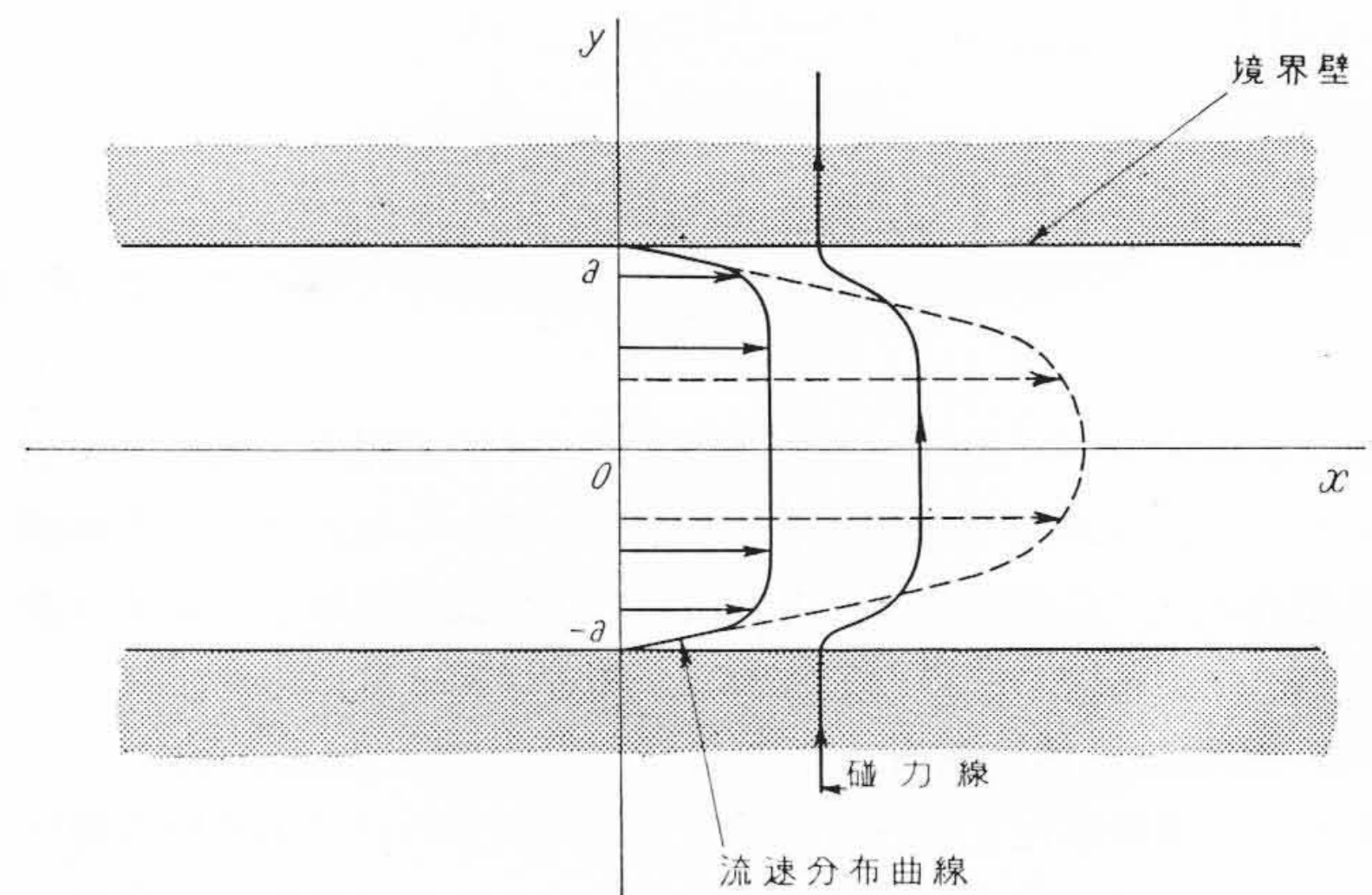
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \text{rot}(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) - \frac{1}{\sigma \mu} \text{rot rot } \mathbf{B}^{(2)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに $\mathbf{B}$: 磁束密度
 t : 時間
 $\mathbf{v}$: 流体速度
 σ : 流体の電気伝導度
 μ : 導磁率

この式は流体力学における非圧縮性流体の運動方程式と類似しており、第1項は対流項を、第2項は拡散項を意味する。この式から流体が完全導体の場合は、磁力線は流体に凍結して運動するというヘルム、ホルツの渦定理に代るものが得られる。このことは流体の電気伝導度が高いほど磁力線は流体にひきずられて屈折しやすくなり、その反作用として流体は流れの逆方向に圧縮されるが、導電率



第1図 ある瞬間におけるパイプ内の流れ、磁界、電界



第2図 液体と磁場との相互作用

が低い場合にはほとんど影響されないことを意味する。

いま簡単のために、導電性流体が無限に広い二つの平行な壁の間をポアズイユ流で流れ、壁に直角に一樣な定常磁界がかけられたとする。このとき流速は次式で表わされる。

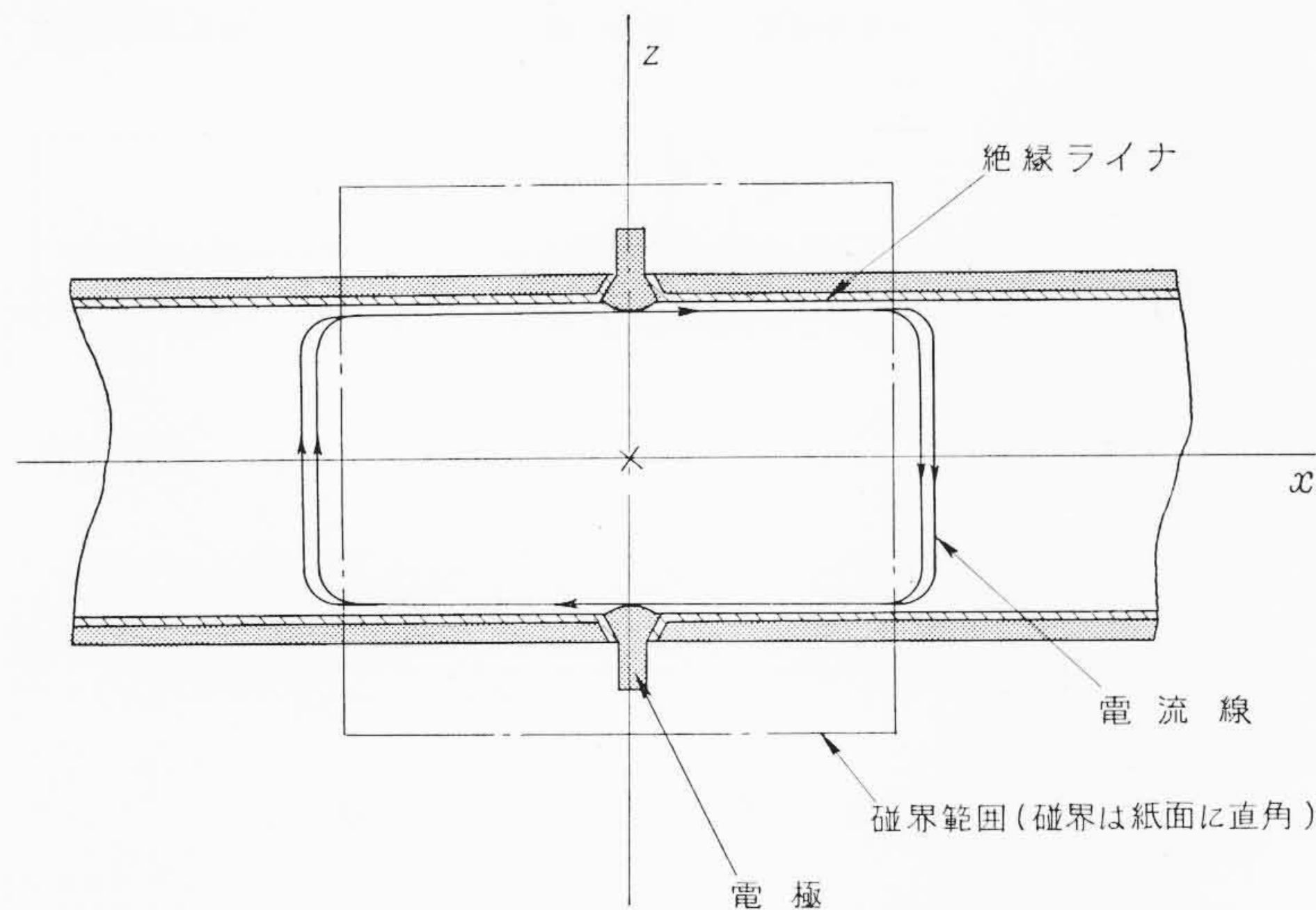
$$u = \left(\frac{\alpha}{\sigma B_0^2} - \frac{E}{B_0} \right) \left(1 - \frac{\cosh My/a}{\cosh M} \right)^{***} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに u : 流速
 B_0 : 外磁界の磁束密度
 α : 圧力こう配
 E : 電導電界強度
 $M = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho \nu}} B_0 a$: ハルトマン数
 y : 壁間中心から磁界方向への距離
 a : 二つの壁間距離
 ρ : 流体の質量密度

* 日立製作所多賀工場

** 日立製作所日立研究所

***ハルトマンによって始めてなされた厳密解



第3図 磁界の交番性によって流体中に生ずる電流

ここで電解質液中, 非常に電気伝導度の高い 25°C , 10^{-4}N の HCl 水溶液を考えると, σ は $0.42\text{ }\Omega/\text{cm}$, $\rho\nu$ は 10 mpoise であり, 他の液体はこれ以下の σ と, これ以上の $\rho\nu$ を有するから, この場合の $B_0 a$ が高々 0.003 Wb/m であることを考慮すれば, ハルトマン数は 6.15×10^{-3} 以下となる。したがって(2)式の Hyperbolic cosineの項を級数に展開し, $M \ll 1$ を考慮して3次以上の項を省略し, そのほか簡単な変形を行うと

$$u \approx a^2(\alpha - \sigma E) \left\{ \frac{1 - y^2/a^2}{\rho\nu(e^M + e^{-M})} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

となるが, $\sigma E \ll \alpha$ であることと, e^M の2次以上の項の省略によって

$$u \approx \frac{\alpha}{2\rho\nu} (a^2 - y^2) \dots\dots\dots (4)$$

と近似される。これはポアズイユの流れを示し, したがって磁場の影響はほとんど無視されたと考えてよい。このことは円形断面を有する管路にも類推できる。

実際, 製作の容易さと使用条件から考えて, 管路としては円形断面を有するものが有効である。以上の結果より円管路に対してきわめて良い近似で電気的現象が解明できる。

円管路内に静止した流体に一様あるいは起電力検出部に比べて十分広範囲に交番磁界がかけられるとすると, 流体中には次式によって表わされる電界が発生する。

$$-\text{rot } \mathbf{E}_1 = \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \dots\dots\dots (5)$$

ここに $\mathbf{E}_1$: 電界強度

また運動流体の場合は, 次の関係が成立つ。

$$\mathbf{J} = \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \dots\dots\dots (6)$$

ここに $\mathbf{J}$: 流体中を流れる電流密度

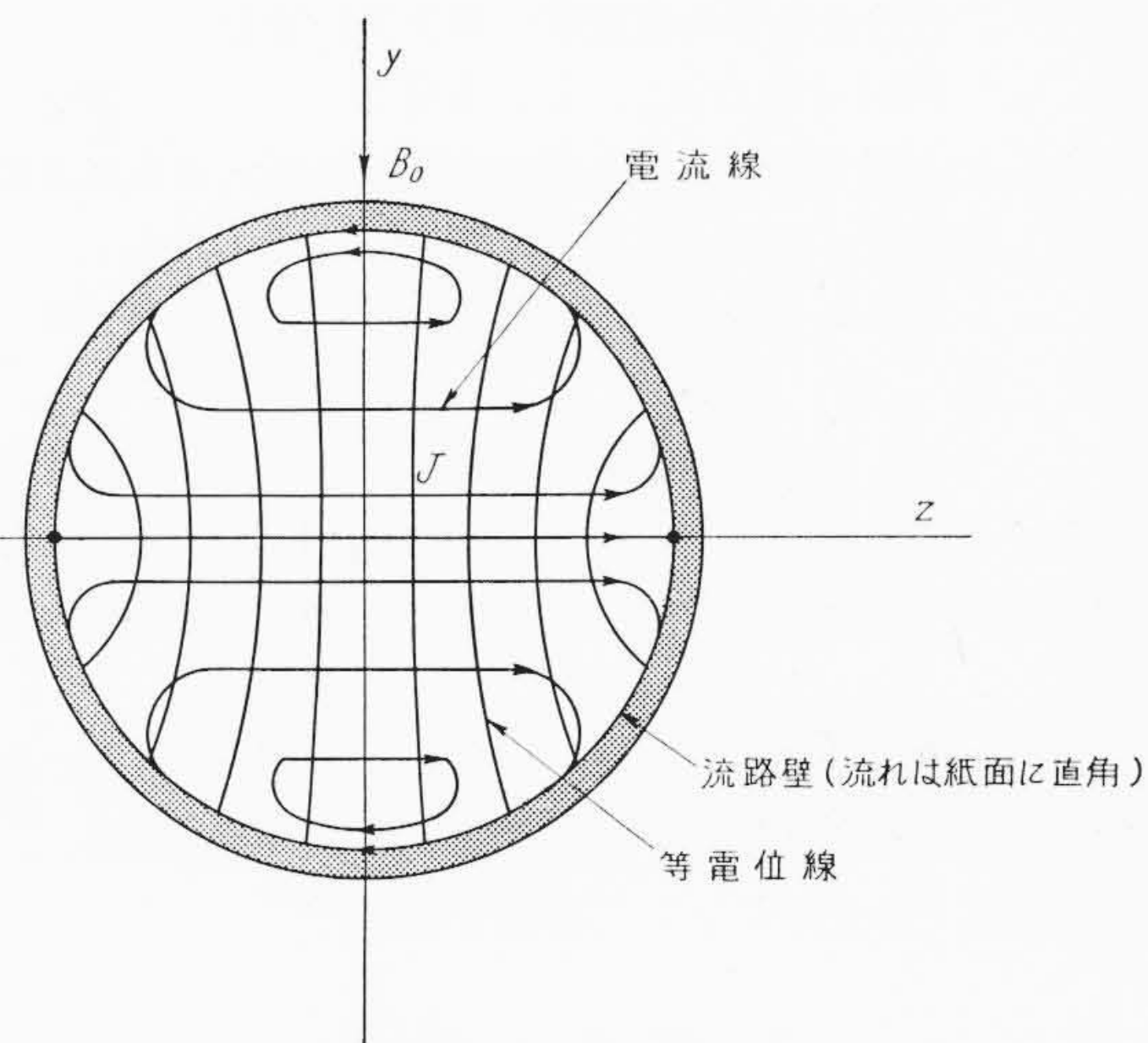
(6)式は磁界の交番性によるものと, 流体の運動によるものを含んでおり, これらを $\mathbf{J}_1$, $\mathbf{J}_2$, $\mathbf{E}_1$, $\mathbf{E}_2$ とすれば, (6)式は次式のように書き直せる。

$$\mathbf{J}_1 + \mathbf{J}_2 = \sigma(\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \dots\dots\dots (7)$$

したがって流体の運動によって発生する電流, 電界は次式で表わされる。

$$\mathbf{J}_2 = \sigma(\mathbf{E}_2 + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \dots\dots\dots (8)$$

そして $\mathbf{J}_2$, $\mathbf{E}_2$ は当然 $\mathbf{v}=0$ の時, 零となるはずであり, (5)式で表わされる電界によって流れる電流は, 磁界が起電力検出電極に対して対称に分布していれば, 第3図に示すように磁界方向に直角な面内を, 電極に対して対称に流れるから, 電極はこの電圧を検出し



第4図 磁場と流れによって生ずる電流線と等電位線

ない。したがって $\mathbf{v}=0$ の時, 電極はなんらの電圧も検知しないはずであるから, 交番磁界によって静止流体中に発生する電界 $\mathbf{E}_1$ は考える必要はない。

そこで, (8)式において $\text{rot } \mathbf{E}_2 = 0$ を考慮し, 両辺の div をとると, $\text{div } \mathbf{J}_2 = 0$ であるから

$$\nabla^2 V = \text{div } \mathbf{v} \times \mathbf{B} \dots\dots\dots (9)$$

となる。ここに V : 円管中心軸に対する電位

いま流れは磁界方向に直角で一様であるとする。またこの場合, ハルトマン数がきわめて小さいから, (1)式の対流項は無視され, 磁力線の屈曲はほとんど生じないと考えてよい。したがって流れ方向を x 軸, 磁界方向を y 軸, これらと直角な方向を z 軸とする右手系を選べると $\mathbf{v}$, $\mathbf{B}$ は次のようになる。

$$\mathbf{v} = (u, 0, 0) \quad \mathbf{u}(y, z) \quad \left. \begin{array}{l} \mathbf{B} = (0, B_0, 0) \\ B_0 = \text{const.} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

流速分布はパイプの中心軸に関して対称であるとし (r, θ, x) , なる円筒座標によって(9)式を解析的に記すと, 次のようになる。

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left[r \frac{\partial V}{\partial r} \right] = B_0 \frac{u'(r)}{\sin \theta} \dots\dots\dots (11)$$

ポテンシャル V は x には無関係であるはずだから

$$V = F(r) \sin \theta \quad *^{(3)} \dots\dots\dots (12)$$

なる解を仮定すると, (11)式は次のようになる。

$$F''(r) + \frac{1}{r} F'(r) - \frac{1}{r^2} F(r) = \frac{B_0 u(r)}{\sin^2 \theta} \dots\dots\dots (13)$$

これを $r=a$ (パイプ半径) で, $u=0$, $F'(a)=0$ なる条件下で積分すると

$$[F(r) \cdot r]' = \frac{B_0 u(r)}{\sin^2 \theta} + \frac{F(a)}{a} r \dots\dots\dots (14)$$

となり, これをさらに積分すると

$$F(r) r = \frac{B_0}{\sin^2 \theta} \int_0^r u(r) r dr + \frac{F(a)}{a} \cdot \frac{h^2}{2} + K \dots\dots\dots (15)$$

となる。いま境界条件として, $r=0$ で $V=0$ を考えると

$$F(r) = \frac{B_0}{r \sin^2 \theta} \int_0^r u(r) r dv + \frac{F(a)}{a} \cdot \frac{r}{2} \dots\dots\dots (16)$$

となり, z 軸上の $r=a$ なる二点について考えると, そこでは $\sin \theta = \pm 1$

となるから,

$$F(a) = \frac{2 B_0}{a} \int_0^a u(r) r dv \dots\dots\dots (17)$$

* Kolin によって行われた仮定

となる。(17)式を平均流速 U で書き表わすと

$$F(a) = B_0 U a \dots\dots\dots (18)$$

が得られ、磁界に直角な方向の管壁間には、平均流速に比例した電位が(19)式のとおり現われる。

$$V = B_0 U D \dots\dots\dots (19)$$

ここに D : 管径

ここで B_0 が正弦的交番磁界であっても、(19)式は時間微分や積分を含まないから、発生電位 V は B_0 と同相、同周期の平均流速と管径と磁束密度に比例したものとなる。

この電位は管壁に取付けられた二つの電極によって検知されるが、数mV以下の低電位であるから、増幅し、標準電圧との比率によって測定する。

3. 構造と機能

電磁流量計は、発信器、前置増幅器、計器から構成されている。

3.1 発信器

発信器は1本のパイプを中心に構成され、パイプ両端にはフランジが設けられ、中央には励磁器および電極などが取付けられている。そしてこれら全体は、励磁電源端子と信号電圧端子とが付属されたケースおよびカバーによって保護されている。

3.1.1 パイプ

製作の容易さと取付け条件から管路には円形断面を有するものが使われるが、磁束を十分かつ平等に貫通させるためには非磁性管が必要である。さらに強度と耐食性および価格の点を考慮し、非磁性ステンレス鋼管を使用している。

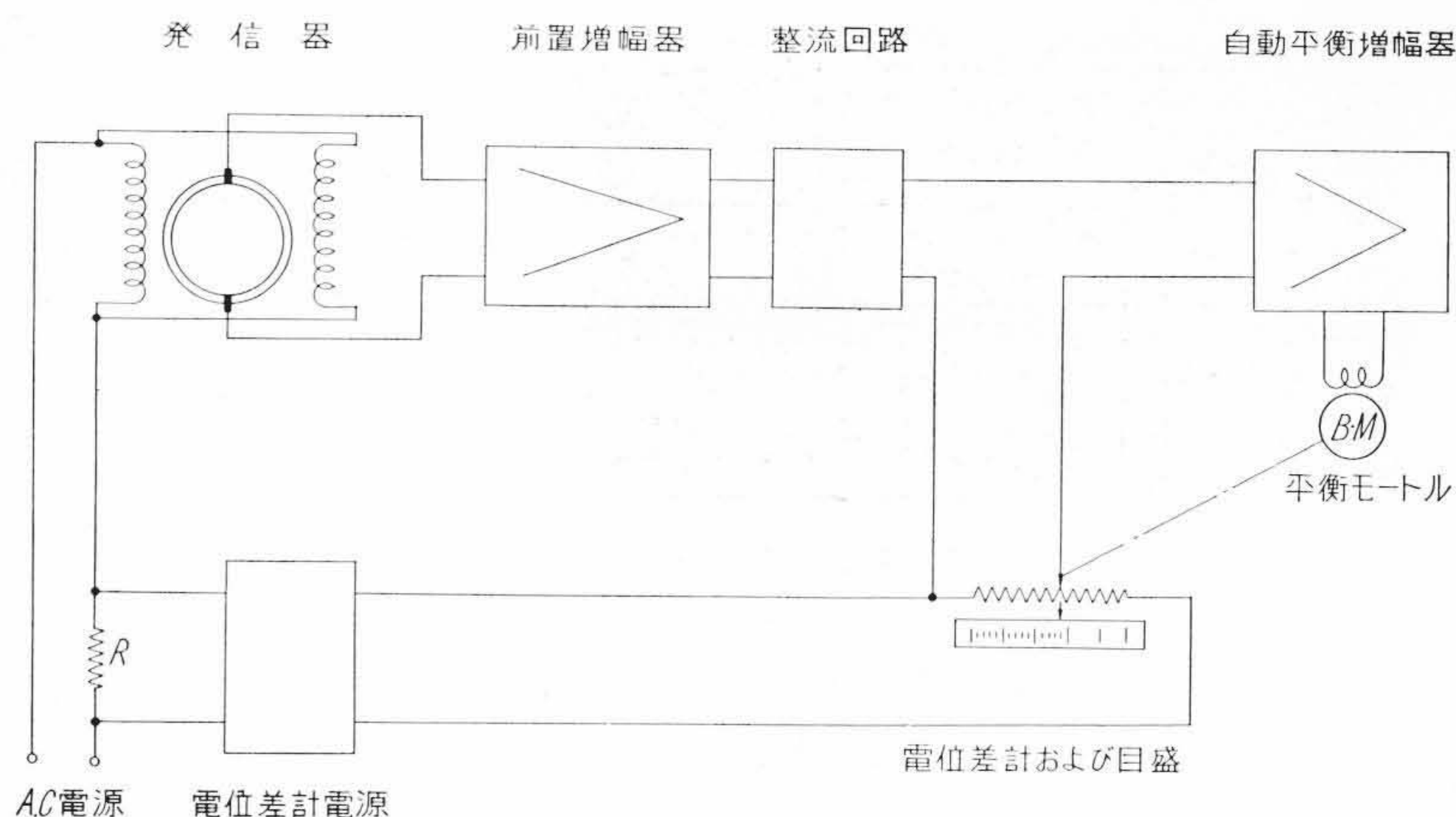
パイプ内面は、発生起電力が金属壁によって短絡されないよう高絶縁性材料によってライニングし、これは同時に耐食作用を有する。ライナには数種類あり、その選定は流体の化学的および物理的性質による(第1表参照)。

第1表 ライニングおよびパッキング材料

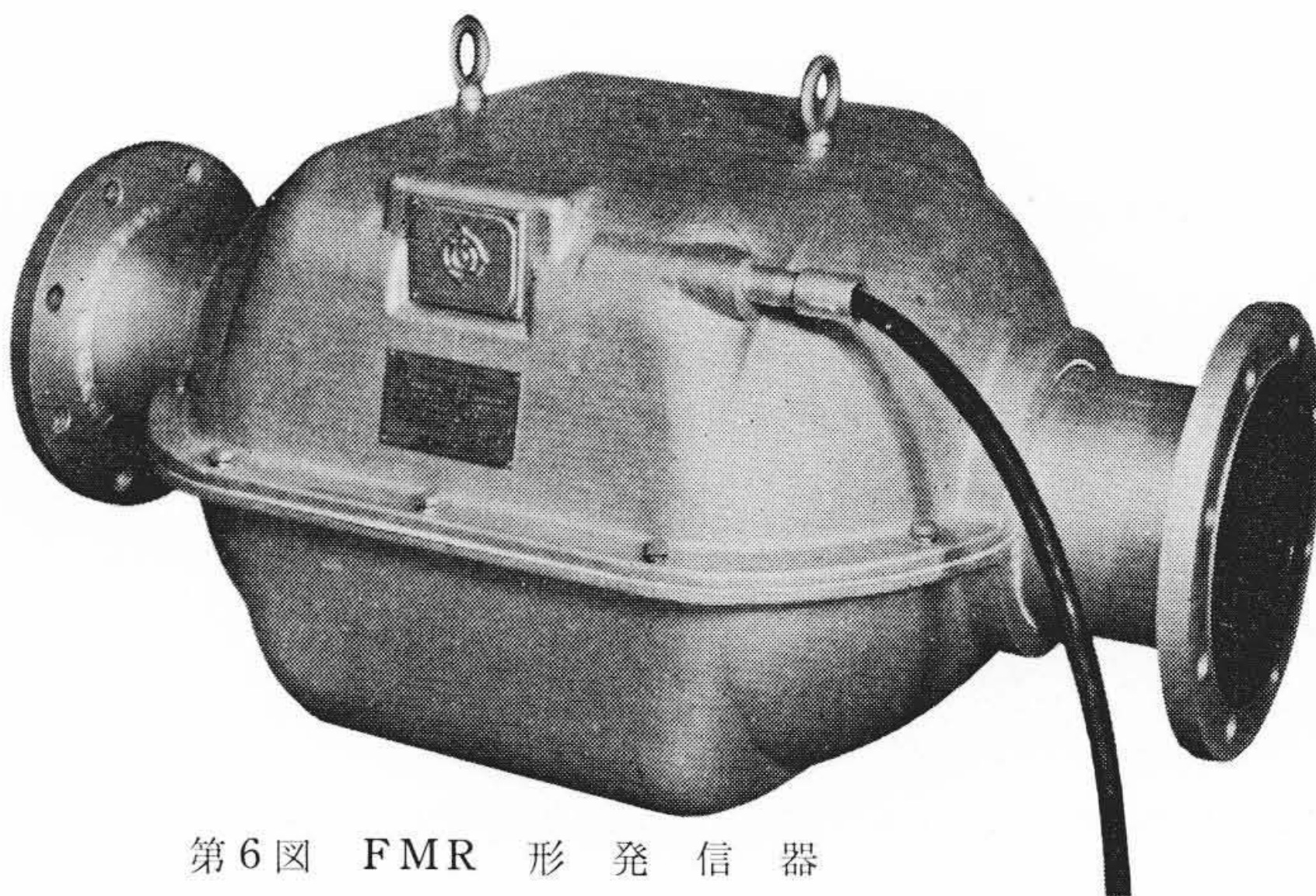
	耐熱性	耐食性	用途	備考
三フッ化樹脂 (Kel-F)	120°C以下	塩素ガス、有機溶剤を除くすべての化学薬品に耐える	塩酸、硫酸、混酸、硝酸、アルカリなど	熱可塑性樹脂
エポキシ樹脂 (酸無水物系)	120°C以下	Kel-Fより劣るが、強酸、強アルカリ、有機物の一部を除けば良い	中性液、弱酸性液、弱塩基性液	熱硬化性樹脂
ガラス	280°C以下	アルカリ、熱騰水フッ化物、リン酸を除けば耐食性はごく優秀	塩酸、熱濃硫酸、混酸、硝酸など	
テフロン	260°C以下	ほとんど全化学薬品に耐える	熱濃硫酸、王水、混酸、アルカリ	パッキング、ライナー両用
ネオプレン・ゴム	120°C以下	塩基性液に対してはきわめて優秀	中性液、全塩基性液	パッキング
フッ素ゴム	200°C以下	Kel-Fとほとんど同じ	中性液、全塩基性液、酸性液	パッキング

第2表 電極材料

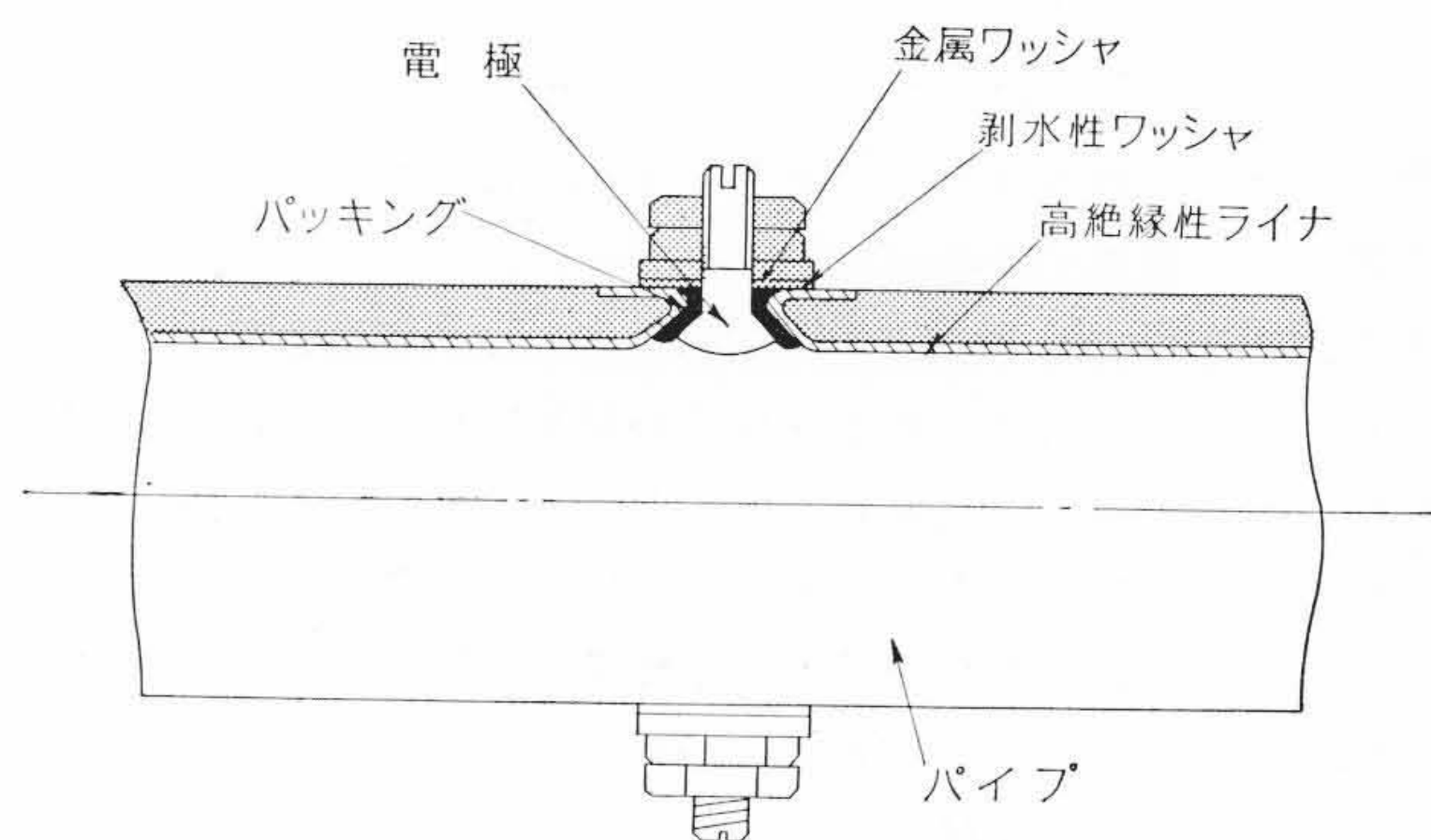
	耐食性	用途
ステンレス鋼 (SUS-32)	強酸を除けば良好	中性液、弱酸性液、塩基性液
白金イリジウム	王水を除く全液体に耐える	王水を除く強酸類
チタン	王水に対し特に耐える	王水



第5図 電磁流量計基本測定回路



第6図 FMR 形 発信器

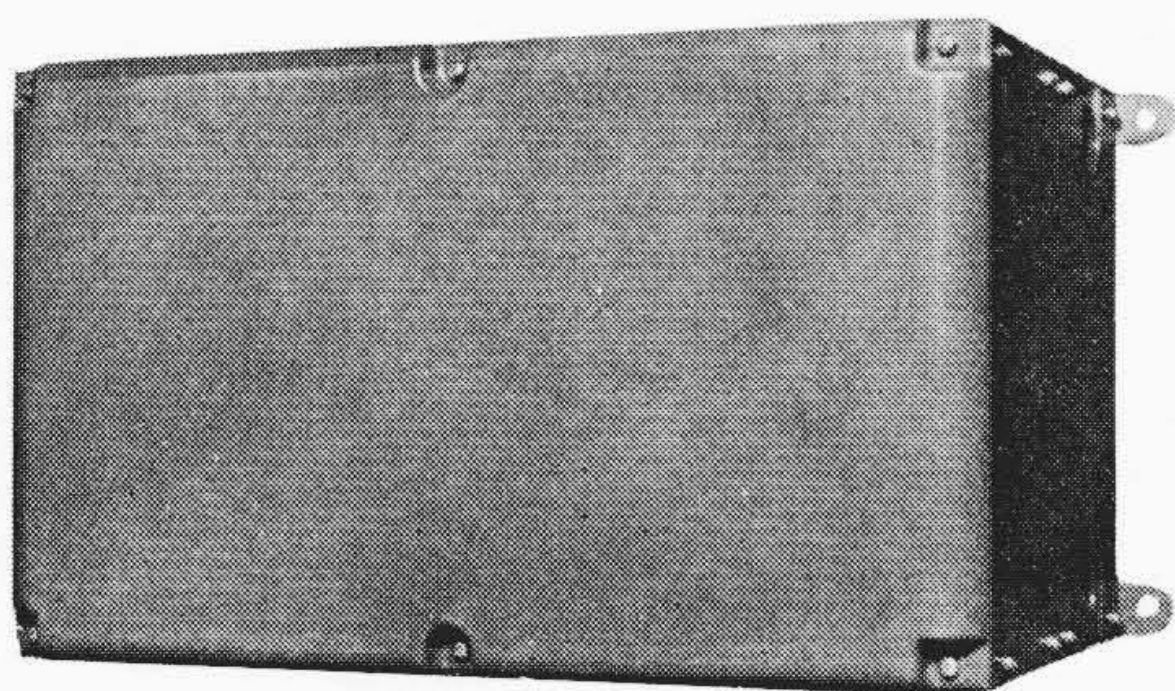


第7図 電極部付近の構造

パイプ中央の内壁には、流れ方向と磁力線に直角な直径上に二つの電極を相対して設け、さらに液密を目的にパッキングを介している。電極およびパッキングにも数種あるが、これも流体の化学的、物理的性質によって選定する(第1, 2表参照)。

3.1.2 励磁器

これは商用電源によって励磁された電磁石であって、珪素鋼板を積み重ねた磁気材料にコイルを巻き込んだものであるが、この回路は少なくとも管径だけの空隙を有する高磁気抵抗回路であること、流体の粘度と流れ状態の影響をなくすため管径方向の磁界範囲を広げなければならないこと、また大流速に対して直線性がそこなれないために管軸方向にも磁界範囲を広げなければならないこと、さらに励磁電源が定電圧源であるから起磁力の最大値は有限となり、磁界面積に比例して減少することなどのため、高度の磁束密度が得にくい。



第8図 X-E D形前置増幅器外観

この傾向は大管径程著しくなるが、出力信号電圧は

$$V = B_0 \cdot U \cdot D = \frac{N \cdot I \cdot \mu}{D} U \cdot D = N \cdot I \cdot \mu \cdot U \cdot D \quad (20)$$

ここに N : コイルの巻数

I : 励磁電流

と表わされるから、大管径程、コイル線径を太くし、巻数を減じ、電流を増すことによって、ほぼ一定の信号電圧をうることができる。

コイルには 260°C の耐熱性を有するシリコン・エナメル銅線を用い、シリコン・ゴムまたはガラス・クロスのテープおよびシリコン・ワニスで処理し、耐熱性を良好にしている。

3.1.3 その他の構造

以上のほか信号取出線、雑音消去器具などが付属されているが、これらについては次章で述べる。

ケースおよびカバーは外的障害から守るためのものであって、防水構造が施され、外部配線はコンジット方式を用いている。

3.2 前置増幅器

前置増幅器は発信器から前置増幅器入力端子までの間および増幅器内で誘起される雑音電圧を消去するため、全段並行形となっている。したがって発信器の出力電圧は、二つに分割され、流体を接地して両電極端子をそれぞれ入力グリッドに接続する。この集中等価回路は第10図に示すとおりである。

発信器の出力インピーダンスは、かなり高いから、増幅器の入力インピーダンスはできる限り高くする必要がある。発信器の出力インピーダンスに比べ、増幅器の入力インピーダンスが低いと、入力信号レベルが低下するほか、流体の導電率の影響が現われる。

また発信器と前置増幅器間は、高絶縁性三心二重シールドのキャブタヤ、コードを用いて静電誘導を防止しているが、極度の長距離伝送は心線対アース間の静電容量のため誤差を与える。

終段の電力増幅はカソード・ホロウにして出力インピーダンスを下げ、出力電圧は出力変成器を介して、ダイオードによって直流化し、直流電位差計比率方式によって測定する。

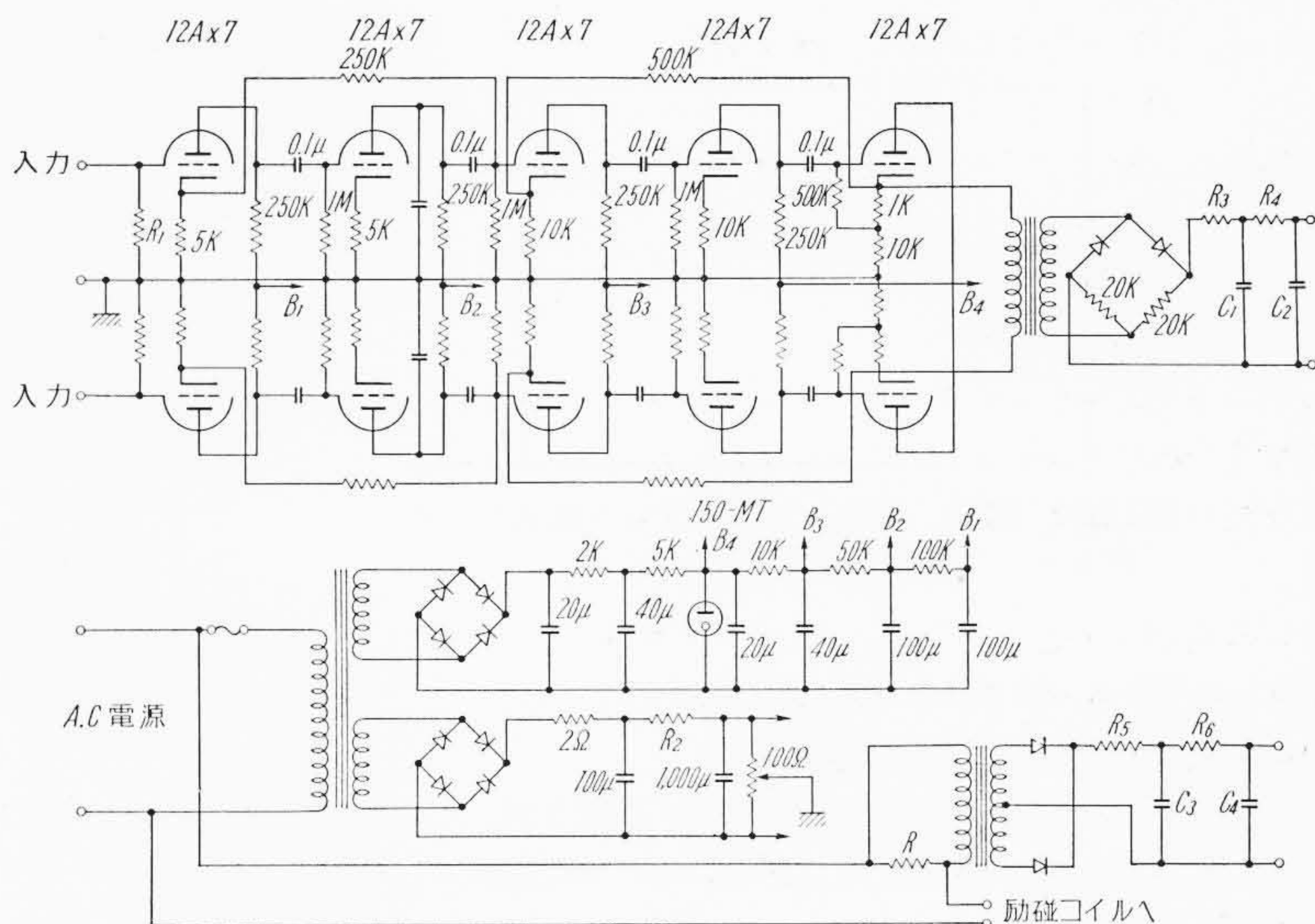
電位差計電源は、励磁コイルに直列に接続された抵抗 R の電圧降下を、変成器によって取り出したもので、電源電圧、周波数、温度による励磁電流の変化によって生ずる指示誤差を測定回路で補償している。

整流および平滑回路は、電源電圧の急変に対する指示スパイクを消去するため、信号と電位差計電源側の過渡特性を一致せしめ、かつダイオードの安定化を計るため平滑回路の抵抗は十分大きくしてある。

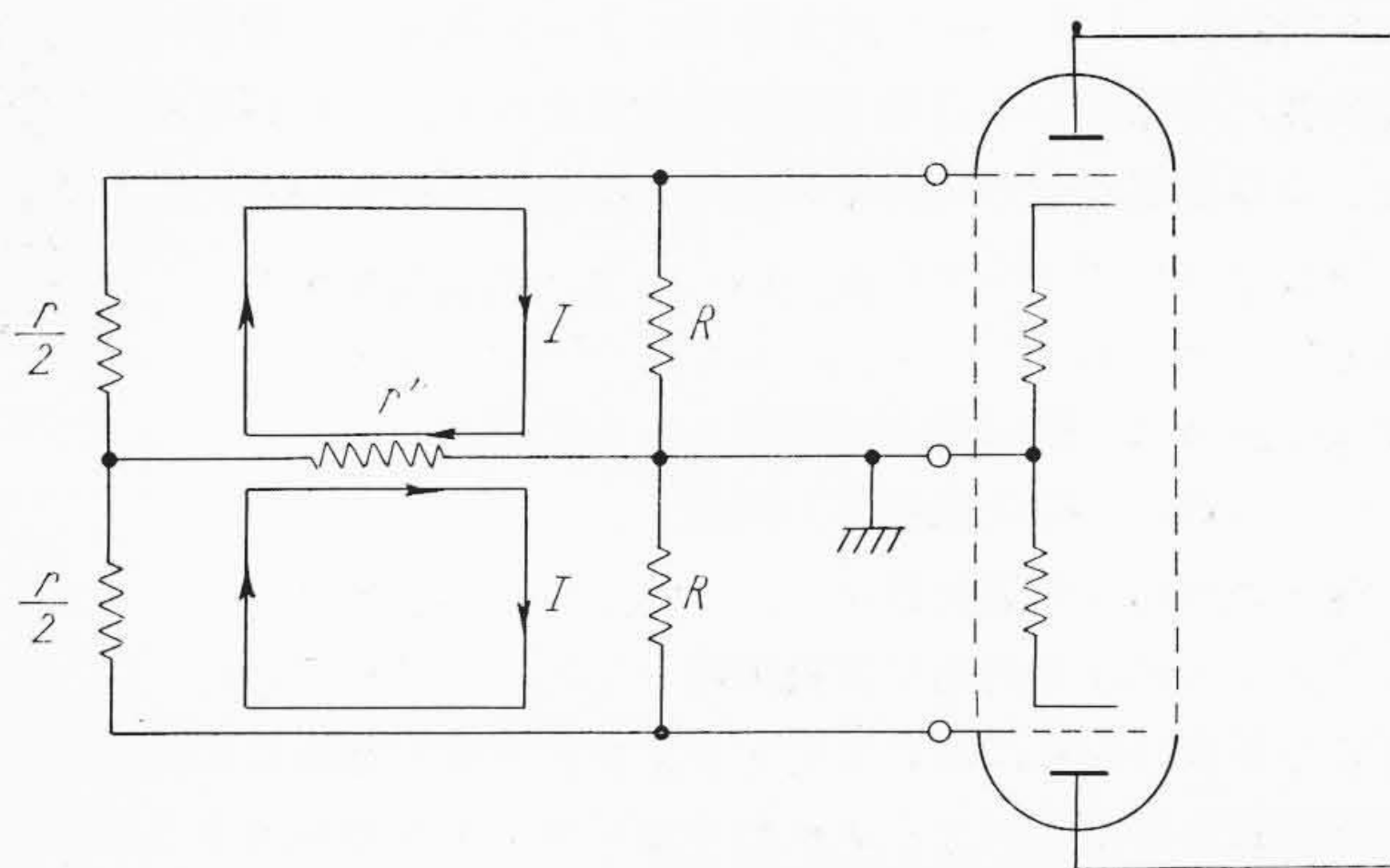
なお当然のことながら、増幅回路には高度の負帰還を施し、ヒータは直流点火、B電源は特に定電圧装置を備え、雑音の皆無と安定性を計っている。

3.3 計 器

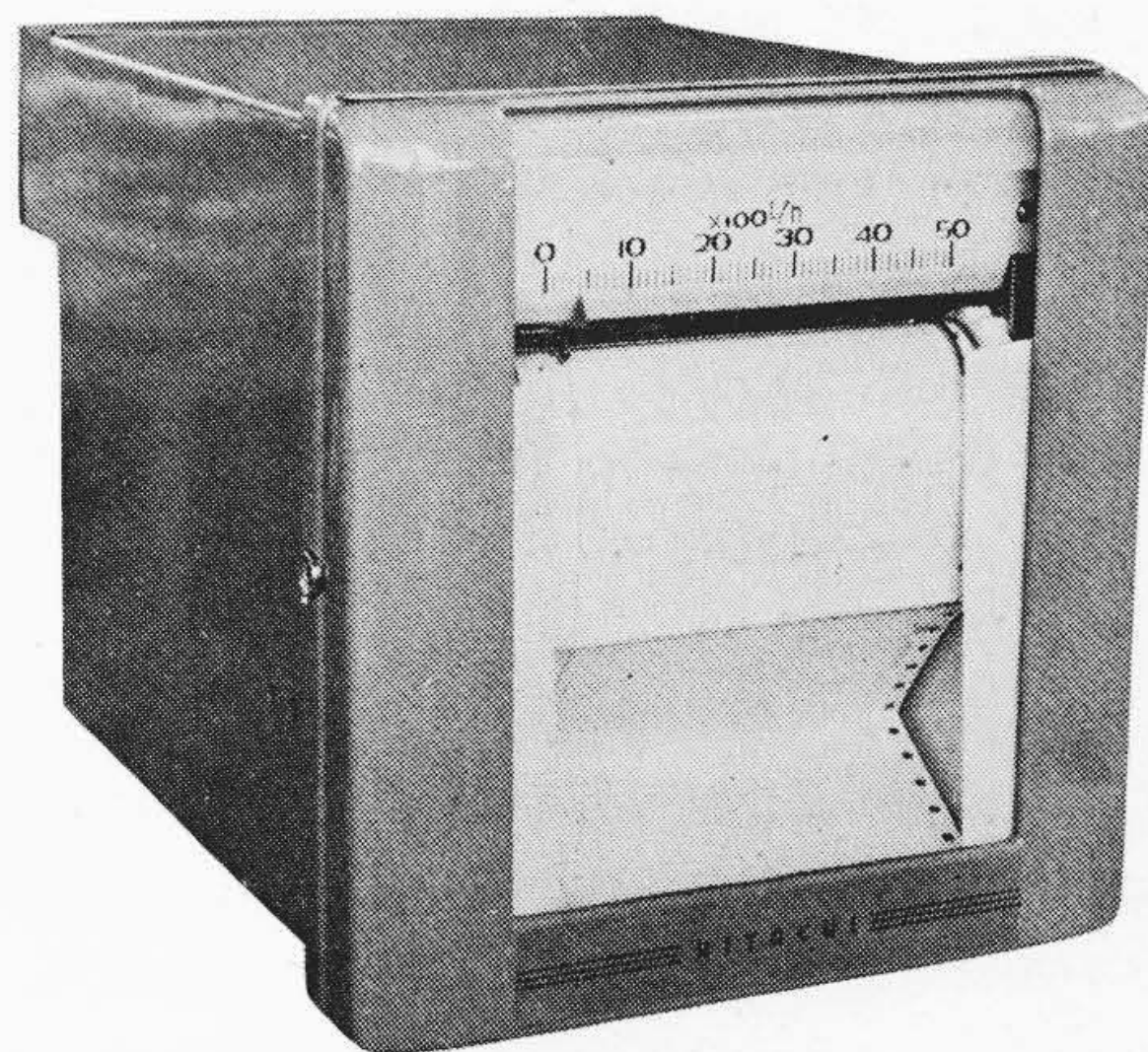
指示および記録は直流電位差計比率方式による電子管式自動平衡



第9図 前置増幅器回路図



第10図 発信器前置増幅器間等価回路

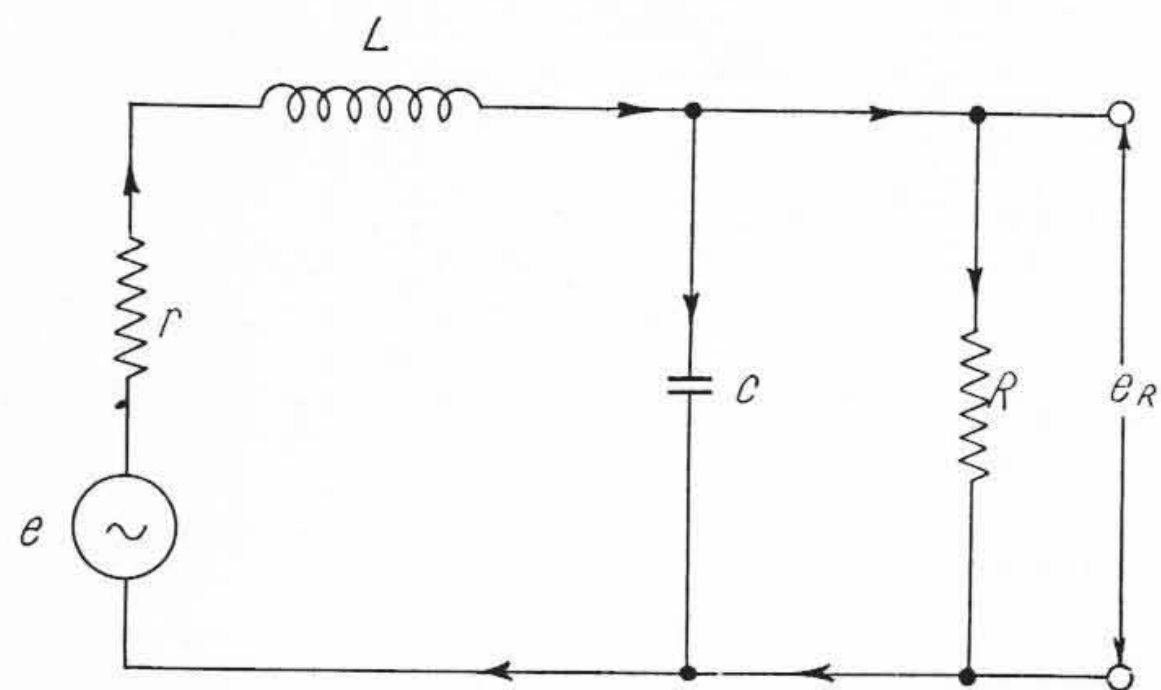


第11図 VKP₃₂ 形電子管式記録計

計器が一般に用いられるが、本流量計はきわめて感度が高いので、流れの多少の変動も敏感に検知するから、細かい指示変動が激しく、スライド抵抗の寿命を短くする恐れがある。そのため計器は調節の場合調節弁の応答時間に支障のない範囲で十分に制動してある。

4. 雑音電圧とその対策

理論で述べたような理想的な場合には、信号電圧以外になんらの電圧も発生しないが、実際の製品では工作精度の限界と材質の不均一性のため雑音電圧が発生する。この雑音には磁界と同一周波数のもの2種と残留磁気による高調波雑音とが存在するが、前者の一つは信号と 90° 位相を異にしたもの、一つは信号と同位相または逆位



第12図 流体、導線、入力グリッド抵抗などが作るループの等価回路

相のものであり、後者はほとんど無視される。

4.1 信号と90°位相を異にしたもの

交番磁界内に置かれた導体内には電界が誘起され、この導体が閉回路を成せば電界に比例した電流が流れる。実際電極からの導線は流体抵抗と前置増幅器の入力インピーダンスとによる閉ループを構成したまま磁界中に置かれている。これの集中等価回路は第12図のようになる。したがって磁気誘導によって発生した電界による伝導電流は、増幅器の入力端子間に電位差を与え、これが雑音電圧となる。この誘起起電力は磁界が正弦波であれば次式で表わされる。

$$e = -\frac{d \sin \omega t}{dt} B_m S = -\omega B_m S \cos \omega t \dots\dots\dots (21)$$

- ここに e : 閉回路中に誘起される起電力
 B_m : 磁束密度の尖頭値
 ω : 角周波数
 S : 有効錯交磁束面積

ところが第12図においてインダクタンス分を無視し、発信器と前置増幅器との距離がケーブルのキャパシテイを無視できる程度であれば、この回路に流れる電流は(22)式で表わされ、増幅器の入力端子間には(23)式で表わされる電位差を生ずる。これは磁界すなわち信号と同一周波数で90°位相の遅れたものとなる。

$$i = \frac{e}{R+r} = -\frac{\omega B_m S \cos \omega t}{R+r} \dots\dots\dots (22)$$

$$e_R = -\frac{R S B_m \omega}{R+r} \cos \omega t \dots\dots\dots (23)$$

- ここに i : 閉回路中を流れる電流
 R : グリッド抵抗
 r : 流体抵抗
 e_R : グリッド端子間に現われる電圧

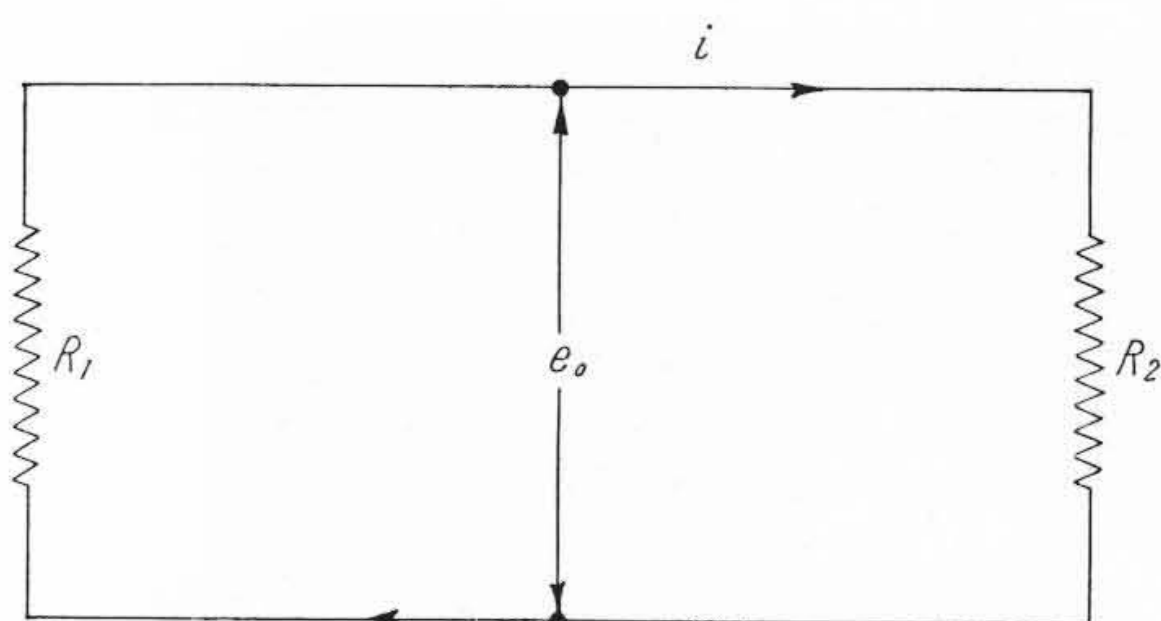
このほかこれと同種の雑音原因が考えられる。これは磁界が交变的であるため、磁力線と直角な流体平面内を環状電流が流れ、二つの電極を結ぶ直線に対して磁束錯交数が不平等であるため、電極間に電位差を生ずる。この集中等価回路を第13図に示す。この場合も当然、磁界とは90°位相が遅れる。

これらの雑音に対しては、導線などの作る閉回路の有効磁束錯交面積が実質的に最小となるようにすればよい。その方法には種々あるが、われわれは次の方法を選んだ。すなわち電極から二本の導線をパイプ円弧に沿って張り、このループの面積を最小とし、中央部でよじり合わせ、磁極片の中央にあけられた穴を通して外に引き出し、このループ面が磁力線と平行になるようにした。

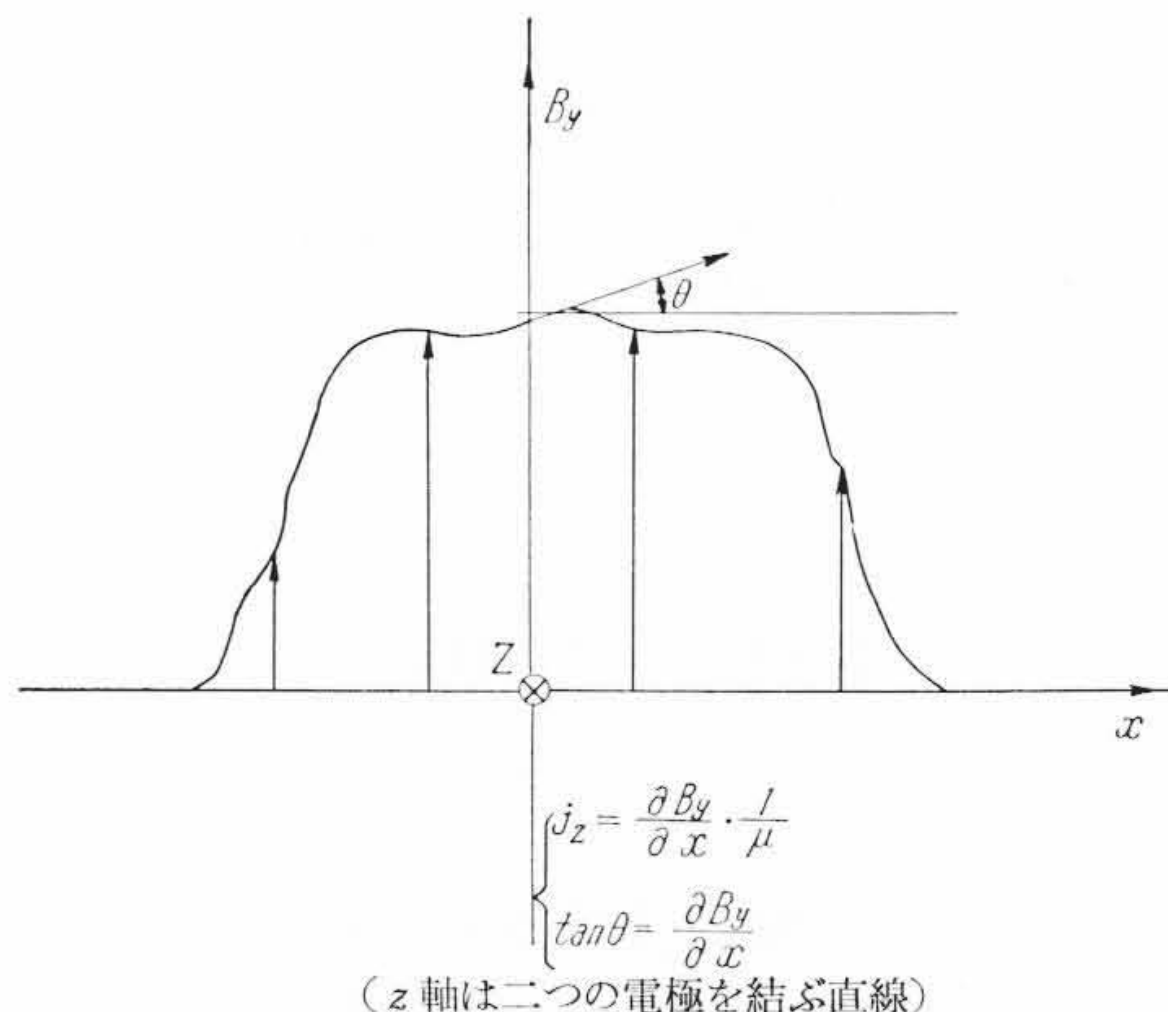
このようにすればループに錯交する磁束数は零となり、雑音の発生を防ぐことができる。

4.2 信号と同位相または逆位相を有するもの

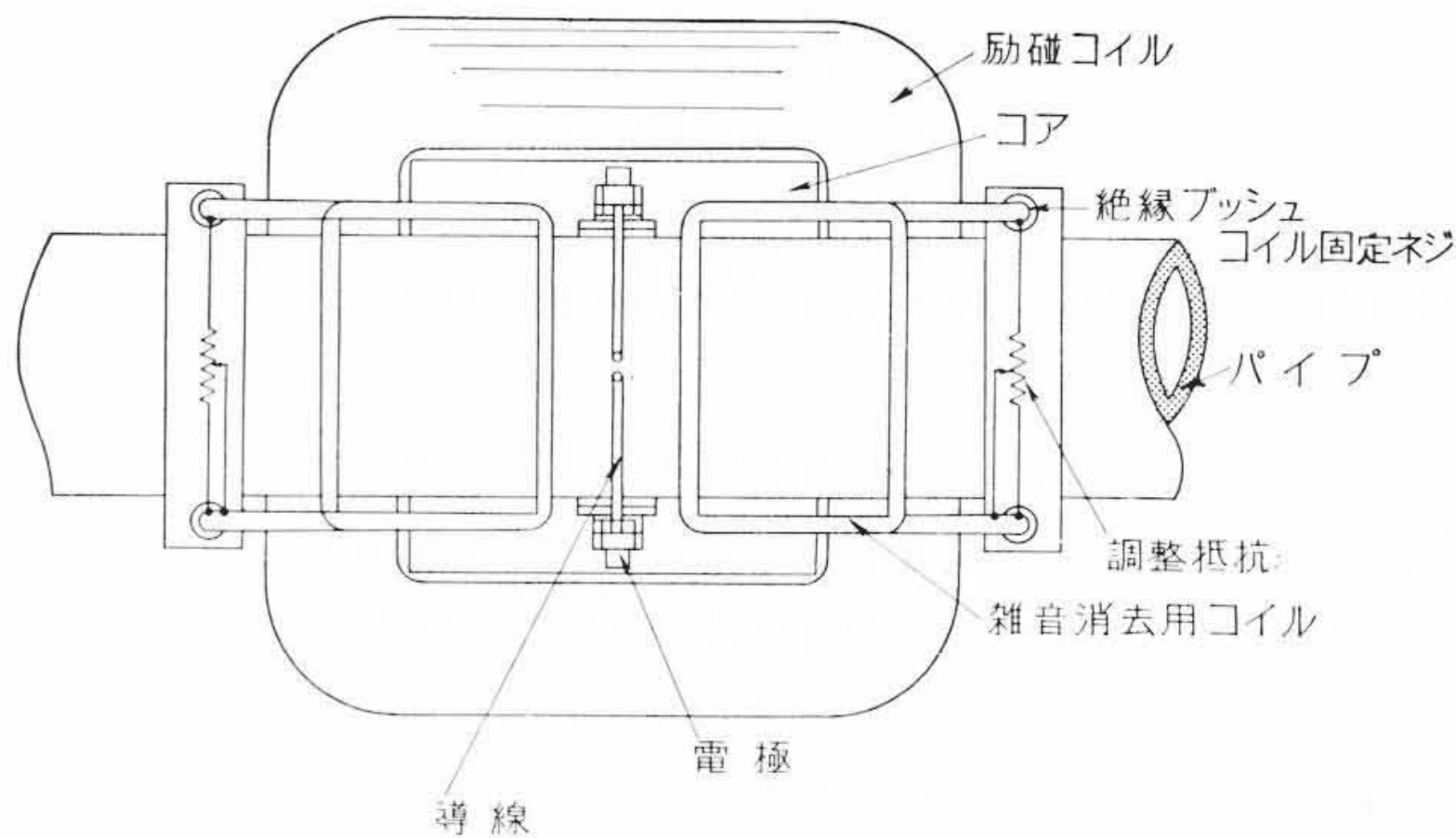
これは発信器構成材料の材質および構造が影響するものであって一般に流体中の磁束分布は第14図のように各部一様ではない。磁束分布が場所的に一様でない、こう配をもつ部分で



第13図 (第3図)の集中等価回路



第14図 流方向の磁束分布とこう配



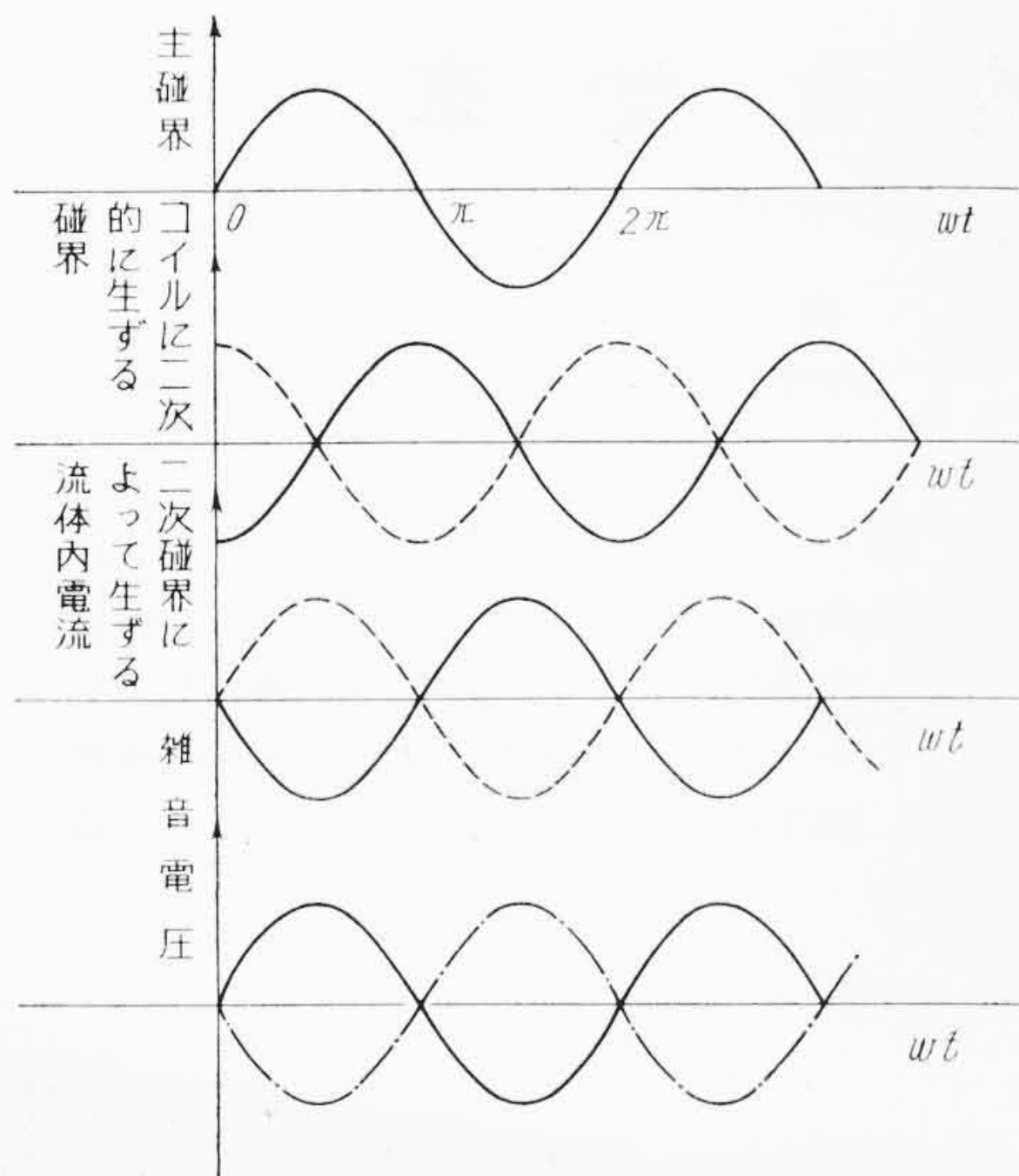
第15図 雑音消去用コイル取付概略図

$$J = \frac{1}{\mu} \text{rot } B \dots\dots\dots (24)$$

なる電流が流れ、もし二つの電極の接液面を上下面とする水柱を含む近傍で磁束のこう配が存在し、かつ電極の中心線に対してその大きさが等しくないならば、電極は磁束密度のこう配に比例した電位差を検知する。これは流速とは無関係であるから雑音となる。

この周波数は磁束密度と同等であり、位相は(24)式において時間微分を含まないから、磁束密度のこう配が考察点で正であるか負であるかによって、信号と同位相か逆位相のいずれかが現われるわけである。

この消去方法の一つは、第15図に示すとおり数巻の閉ループをもつコイルを、二つの電極を結ぶ直線に関して対称に各一個ずつ磁界中にそう入し、コイル内に適当な可変抵抗器を直列に入れ、この閉ループに誘起される電流を制御することによって行う方法である。このようにすると主磁束がこのコイルに錯交し、コイル内には(21)式と同様の起電力が誘起される。コイルのインダクタンスはレジスタンスに比べ十分小さいから、この閉回路に流れる電流は信号に対し90°の位相遅れを生ずる。この電流は新たに磁場を作って流体を貫通し、流体中に新たな電流を生ずる。この電流は前電流に対し、さらに90°位相遅れを生ずる。ところが対称に設けられた二つのコイルには、最初から互に逆位相の電流を生ずるから、流体中に



第 16 図 雑音消去用コイルの位相効果

は信号と 180° または 360° 遅れた位相の電流が流れる。したがって二つの可変抵抗あるいはいずれか一方を調整することによって雑音消去を行うことができる。

5. 用途および特長

以上の結果をまとめると、電磁流量計は下記する多くの用途と特長を有する。

- (1) 電解質液は比較的導電率が低いので、流れは磁場によって影響されない。
- (2) (19)式の右辺には、電気伝導度、圧力、密度、温度、粘度などの物理変数が陽に含まれていないから、誘起起電力はまったくこれらに影響されない。
- (3) 流量の検出が直接電氣的に行われるので、応答が速く、かつ間接的な電気変換器を必要としない。
- (4) 誘起起電力は流量に正比例しているので等分目盛が可能である。
- (5) 誘起起電力は交流であるから、増幅が容易であり、イオンが電極に析出して測定不能状態をもたらすことがない。
- (6) 流路内には器械的装置が皆無に等しいため、気泡や固形物が混入していても容易に測定できる。また圧力損失がない。
- (7) 体積流量計である。
- (8) パイプ内面は電気絶縁のためのライナが敷かれているが、これは同時にすぐれた耐食性を有するための王水などの強腐食性

第 3 表 特 性 表

項 目	一 般 性 能
電 源 電 圧	100V または 110V
電 源 周 波 数	50 c/s または 60 c/s
精 度	{ 定格流速 1 m/s 以上で定格値の±1%以内 { 定格流速 1 m/s~0.3m/sで定格値の±3%以内
電 源 電 圧 の 影 響	定格値の±10V変化に対し±0.3%以下
電 源 周 波 数 の 影 響	定格値の±2c/s 変化に対し±0.2%以下
電 源 電 圧 急 変 の 影 響	定格値の±10V変化に対し±0.3%以下
励磁コイルの温度上昇	各管径とも 50°C以下
被測定液の制限温度	-20~100°C
被測定液の制限圧力	10kg/cm ² 以下
被測定液の電気伝導度	100μS/cm 以上
流体温度変化による誤差	制限温度以下でなし
流体粘度変化による誤差	なし
流体電気伝導度による誤差	0.2S/cm 以下で水道水に対し+0.3%以下
流体圧力変化による誤差	制限圧力以下でなし

液の測定が容易である。しかし耐熱性は金属に比べ劣るので流体温度はせいぜい 150°C 程度までである。

(9) エレクトロニクスの進歩に伴って微小電圧の測定が容易となっているため、少流量の測定が可能である。

(10) 感度、精度がきわめて高い。

(11) 起電力は電気伝導度によらないが、装置の点であまり導電率の低い流体は測定不可能であり、少なくとも 100 μS/cm 以上の導電率を必要とする。

(12) 流れ方向の逆転は起電力をも逆転させるので、正逆両方の測定が可能であり、その向きも判定できる。

(13) 起電力は平均流量に関するものであるから、流れの状態にはよらず、乱流、層流を問わず測定できる。

第 3 表に一般的な性能を示す。

6. 結 言

現行の電磁流量計は導電率 100 μS/cm 以上、圧力 10 kg/cm² 以上の液体に限られているが、その範囲内の液体流量の測定にはきわめて優秀な性能を発揮する。目下、導電率 100 μS/cm 以下、耐圧 10kg/cm² 以上にも使用できる電磁流量計を試作中であるが、これが完成すれば、その用途はかなり広くなると考えられる。

終りに当って、本流量計の試作研究ならびに製品開発にご指導、ご協力くださった上司および関係者各位に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 斉藤：日立評論 Vol. 35, No. 6, p. 27 (昭 28)
- (2) 今井、桜井：岩波講座 現代物理学 14-3
- (3) Alexander, Kolin: The Review of Scientific Instrument Vol. 16, No. 5, p. 109 (1945)

Vol. 23 日 立 No. 5

◎巻頭随筆.....大塚末子
◎団 地 の 水 道 設 施
◎新 し い 照 明 施 設
◎天 然 ガ ス の 採 取
◎プ ロ セ ス 制 御 と 電 子 式 調 節 計
◎皇 太 子 殿 下 御 結 婚 記 念 大 噴 水 塔
◎放 射 線 化 学 と 加 速 器

◎明 日 へ の 道 標
◎産 業 タ ー ビ ン の 話
◎ト ラ ン ジ ス タ イ メ ー ジ オ ル シ コ ン カ メ ラ
◎全 自 動 洗 濯 機
◎ヒ タ ノ ー ル の 新 し い 兄 弟
◎日 立 だ よ り
◎電 線 百 話 (5) 「紙 巻 きの シ ヲ と 年 輪」

発行所 日 立 評 論 社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座 東京 71824 番
取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座 東京 20018 番