

磁 気 ド ラ ム Magnetic Drum

熊 谷 千 尋*
Chihiro Kumagai

内 容 梗 概

わが国における電子計算機工業もようやくいとぐちにつき、これに用いられる機器の国産化または開発は目下の急務である。記憶装置もその一つであるが、その中でも磁気ドラムは、最も安定でかつ安価な記憶装置として、多くの計算機に用いられている。本稿では、日立製作所戸塚工場で最初に試作された低速大形磁気ドラムの概要と性能について述べる。

1. 緒 言

電子計算機の内部記憶装置としては、主として次の4種類が実用にされている⁽¹⁾。

- (1) 遅延線
- (2) 磁気ドラム
- (3) 陰極線管
- (4) 磁心マトリックス

これらの利害得失はいろいろあるが、単価の面から比較したものを引用すると⁽¹⁾、第1表のようになる。

アメリカにおける各種電子計算機に、これらの記憶装置が使用されている割合は第2表のとおりである⁽²⁾。

わが国においては、昭和32年度より通産省が助成金を出して、計算機各部の試作が始められた。

日立製作所戸塚工場では、昨年初めより、電気通信研究所で開発された Ni-Co メッキを用いた磁気ドラムを製品化すべく研究開発を進め、8月に第1号機を完成、目下第2号機を製作中である。

これらはいずれもいわゆる低速大形磁気ドラムに属するものである。

2. 磁気ドラムの原理

磁性体の表面を磁化し、それをふたたびピックアップして電圧に変えたとき、その波形が磁化させるために送り込んだ電流波形に等しければ、情報の記録装置として使うことができる。情報が音声や音楽などのアナログ量の場合には、いわゆるテープレコーダとして、マイラーテープの表面にフェライトの薄膜を塗布したものが実用されている。また情報がテレビジョンの映像信号のときはビデオテープレコーダがある。

計算機の中を伝送される情報は電圧パルスによって形造られるいわゆるデジタルコードであるから、波形のひずみに対する要求も楽で、そのままテープに記録することができる。しかしテープのようにリールに巻き取るものを使ったのでは、一度記録した情報をふたたび読み

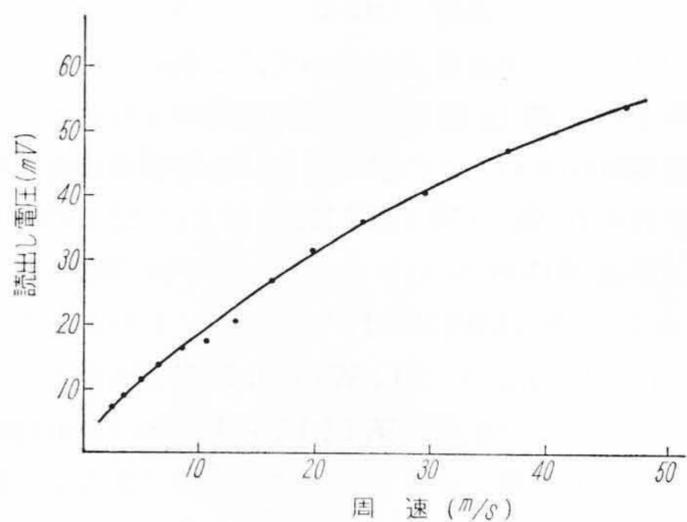
* 日立製作所戸塚工場

第1表 各種記憶装置の単位記憶容量あたりの価格 (Forrester)

記 憶 方 式	¥/ビット
磁 気 ド ラ ム	55
超 音 波 遅 延 線	640
陰 極 線 管	2,920
磁 心 マ ト リ ッ ク ス	365

第2表 アメリカにおける各種電子計算機の記憶装置

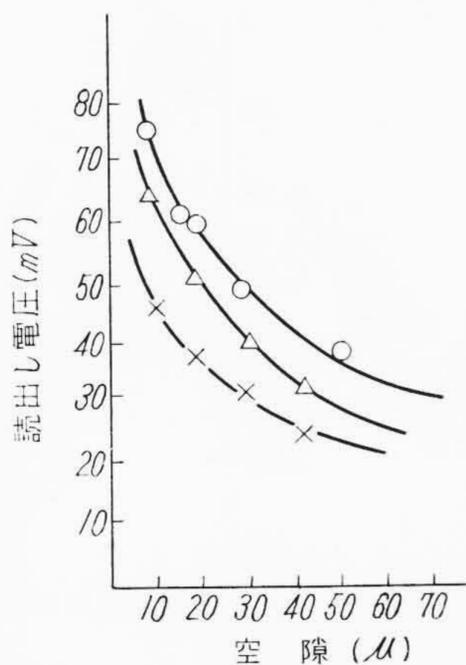
記 憶 装 置	計 算 機 台 数	百 分 率 (%)
遅 延 線	7	5.6
磁 気 ド ラ ム	73	58.4
陰 極 線 管	13	10.4
磁 心 マ ト リ ッ ク ス	32	25.6
計	125	100.0



第1図 ドラムの周速と読出し電圧の関係

出すのに時間がかかる**。そこで記録したものがすぐに読み出せるためには、このテープをエンドレスにするか、円筒または円板の表面に磁性体の薄膜を設けて回転させるかしなければならない。ところが情報の読出し電圧は、磁性体と読出しヘッドの間の相対速度が大きいほど大きく、読み出したのちの増幅が楽である。第1図にその間の関係を示す。かつまた、待ち時間を少なくするためにも速く回さねばならない。エンドレステープの場合はテープがヘッドに密着して速く回るために起るテープの摩

** このようなテープ式記憶装置は電子計算機のいわゆる外部記憶装置として使われている。



第2図 ドラムとヘッドの間の空隙と読出し電圧の関係

耗, テープのつなぎ目の処理などの問題が起って実用にはならない⁽³⁾。

そこで円筒または円板ということになる。この場合もはやヘッドは磁性体に密着できない。互に柔軟性がなく, また相互の表面の関係を常に密着した状態に保つような機械精度が存在しえないからである。そこで機械精度の許す範囲で相互の表面を離すことになる。一般にこの機械精度, いい換えれば回転体の表面のフレはわずか $3 \sim 5 \mu$ が最小であり, それ以上の精度は現在までのわが国の工作技術では実現困難とされている。したがって磁性体とヘッドの空隙は $20 \sim 50 \mu$ 以上に離さねばならない。このフレが空隙の変動となって1回転ごとに現われ, それがさらに読出し電圧の変動となるからである。またこの空隙が大きくなるほど書込み電流はよけい必要になり, 読出し電圧も小さくなるので, あまり離すわけにはいかない。その間の関係の一例を第2図に示す。

したがってこのような記憶装置を可能にするには, 回転体の表面のフレをきわめて小さくし, ヘッドとの空隙を小さくするか, あるいは磁性体に保磁力 H_c の小さいものを用い, ヘッドのコアに透磁率 μ の高い材料を用いて書込み電流を減らし, かつ読出し増幅器に余裕をもたせるか, いずれかの方法を探らねばならない。

まず第一の回転体のフレを小さくする点につき, 機械加工の面から考察した円筒と円板の利害得失を第3表にかかげる。これによると, やはり回転体としては円筒形のほうが有利である。回転体の方式が円筒に決まると, 円筒面の仕上工作技術ならびに軸受部の設計技術により精度を確保せねばならない。

次に磁性体として実用にされているものは, フェライトの粉末を接着剤とともに塗布したものが最も多く, ほかに Ni-Co 合金メッキ, Ni-Cr メッキ, Ni メッキのも

第3表 磁気ドラムと磁気円板の利害得失

	磁気ドラム	磁 気 円 板
構 造	比較的簡単	複雑
へ っ ぽ 取 付 け	比較的簡単	複雑。ヘッド調整も困難
精 度	円筒面の精度出しやすい	平面の精度出しにくい。軸に対する平面の直角度も出しにくい
経年変化		ドラムに比して受けやすい
記憶容量		スペースファクターよく大容量としやすい。しかし周辺部と中心部では書き込まれた情報の密度が半径に反比例して異なるのであまり中心に近い部分は使えない。

第4表 各種ヘッドコア材料の透磁率

材 料	最大透磁率 (μ_m)
Alperm	54,700
16-Alfenol	70,000~110,000
45 パーマロイ	25,000~50,000
4-79 パーマロイ	100,000
スーパーマロイ	800,000

のがある。 H_c はフェライトで 300 oe 程度, Ni-Co で $10 \sim 150 \text{ oe}$ である。

次にヘッドコアの材料の最大透磁率 (μ_m) を比較すると, 第4表のとおりである⁽⁴⁾。実用にされているものはパーマロイが多いようである。

読出し増幅器の問題については本稿ではふれない。

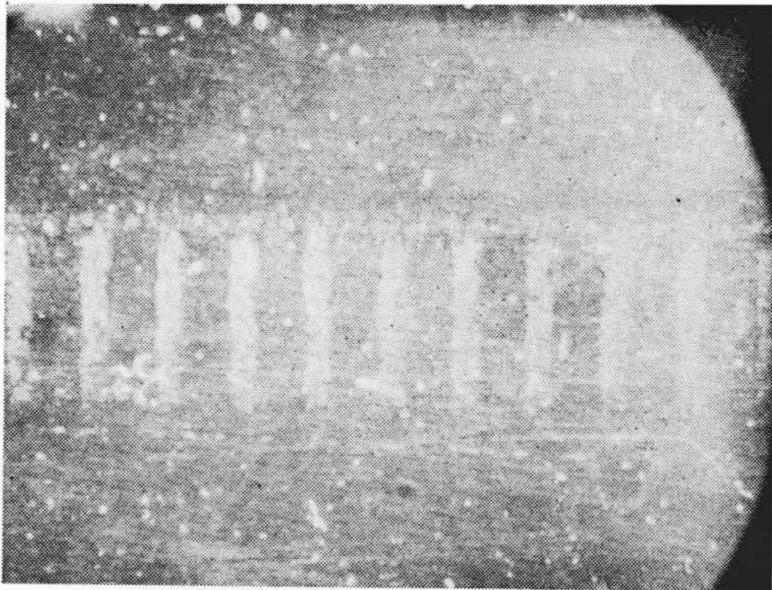
このような理由で磁性体に記憶させる方式の記憶装置にはほとんど磁気ドラムが用いられる。第3図に磁気ドラム表面の磁化状態と磁気テープのそれをカルボニル・アイアンを定着した写真で示す。この磁気ドラムは次に述べるように, さらに2種類に分けられる。

3. 低速大形磁気ドラムと高速小形磁気ドラム

磁気ドラムの記憶容量は大きいほどよいが, 記憶容量を大きくするには磁性体の表面積を大きくするか, 記憶させる密度(情報密度という)を大きくすればよい。

また記憶された情報をふたたび取り出すには, 読み出したい情報が読出しヘッドの下まで回ってくるまで待たねばならない。この時間は最も大きくて回転体が1回転する時間(最大待ち時間という), 最も小さくて零, 平均して最大待ち時間の半分(平均待ち時間という)である。この待ち時間は磁気ドラムを使っている計算機の計算時間に加算されるからなるべく小さくなくてはならない。

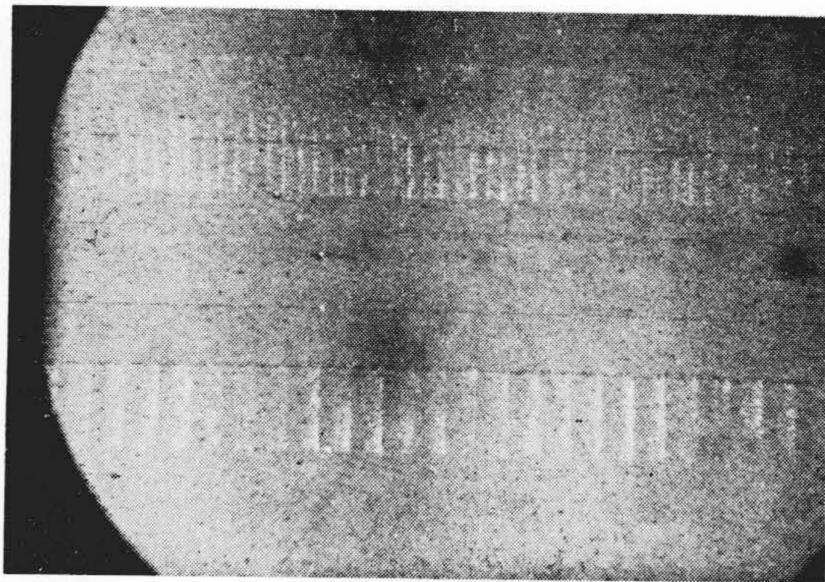
今記憶容量を C ビット, 最大待ち時間を T 秒, 回転体の直径を D mm, 長さ 1 mmあたりの記憶トラックの数を n , 1 トラック上に記憶できる情報の密度を d ビット/mm, 回転体の長さを L mm, $\frac{L}{D} = K$, 同期周波数を f c.p.s とすると, 次のような関係がある。



第3図(a) フェライト塗布ドラムの磁化状態
(カルボニル・アイアンで定着)



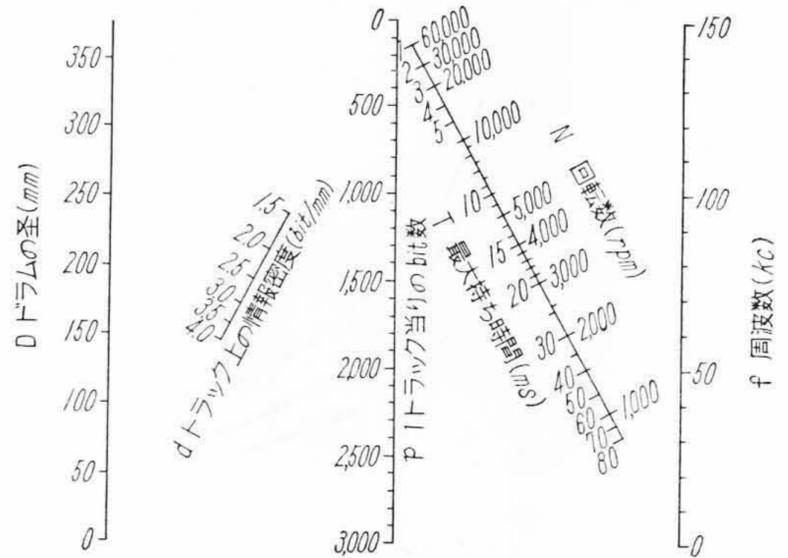
第3図(b) Ni-Coメッキドラムの磁化状態
(カルボニル・アイアンで定着)



第3図(c) 磁気テープ(マイラーベースにフェライト)の磁化状態
(カルボニル・アイアンで定着)

$$C = n\pi d K D^2 = \frac{nK}{\pi d} f^2 T^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$T = \frac{\pi d D}{f} \dots\dots\dots(2)$$



第4図 磁気ドラム設計計算図表

磁気ドラムの設計は C を大きくし、 T を小さくすることに努力が注がれるが、(1)式の1項と3項を見ると、これは相反する要求である。なぜかという、 f は計算機によって決ってくるし、 n にも現在までの技術上上限がある。 d の値にも技術上の上限がある。 K は剛性、振動など機械的性能上の見地より普通1~2の間にとられる。

そこで磁気ドラムの設計は、 C を大きくする設計、すなわち記憶容量の大きいことをねらったものと、 T を小さくする設計、すなわち待ち時間の小さいことを特長とするものとの二様の設計に分かれる。(1)式および(2)式より前者は直径 D が大きく、後者は小さい。回転数 N rpm は

$$N = \frac{60}{T} = \frac{60f}{\pi d D} \dots\dots\dots(3)$$

であるから、前者は回転数が小さく、後者は大きい。したがって前者は低速大形、後者は高速小形となるのである。(1)式~(3)式の関係をもノグラフにしたものが第4図である⁽⁵⁾。

4. 低速大形磁気ドラムの設計

4.1 回転体の大きさ

低速大形磁気ドラムを設計するにあたってまず決めたことは

$$f = 150 \text{ kc}$$

$$T = 20 \text{ ms}$$

$$d = 3 \text{ ビット/mm}$$

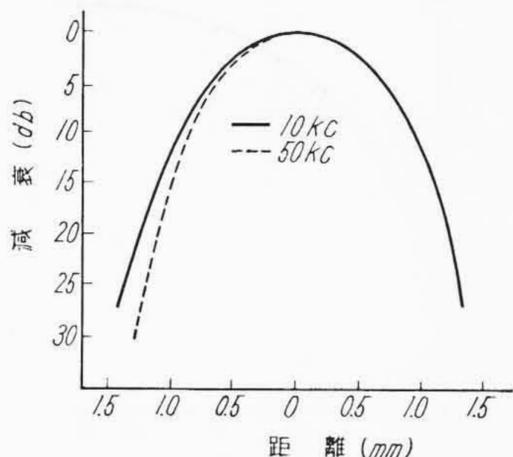
第4図を用いて $D \div 300 \text{ mm}$

各トラック間の許容洩話を -20 dB とすると、第5図より⁽⁶⁾、隣接トラック間のピッチ p の最小値は 1.3 mm となる。

$$n = \frac{1}{p} = \frac{1}{1.3}$$

$K=1$ とすると、 $L = D = 300 \text{ mm}$

周辺 5 mm ずつを同期用トラックに使うと



第5図 あるトラックより読出しヘッドをずらしていったときのずれと読出し電圧の関係

$L = 290$

したがってヘッド数 = $nL = 222$

第4図より、

$N = 3,000 \text{ rpm}$

このときの周速は 47 m/s となる。

4.2 危険回転数

磁気ドラムの危険回転数はことごとく使用回転数より上にとらねばならない。下にあるとそれを通過するとき回転体表面とヘッド表面と接触を起し、磁性体が損傷するからである。一次の危険回転数は使用回転数の3倍にとれば安定な運転ができるとされているから、低速磁気ドラムの場合は容易に実現できる。

一方回転部が軸に直角方向に重力がかかったために起る軸のたわみは回転時の振動振幅に等しいからこれができるだけ小さくとらねばならない。試作機の軸につき計算した値は 0.4μ でこのときの危険回転数は 38,000 rpm である。

4.3 ベアリング

軸受部の剛性を増しかつベアリングの遊隙をなくすため、プリロードをかけた複合アンギュラ・コンタクト形ボールベアリングを使い、ベアリングに原因する軸の振れを小さくするため、超超精密級のベアリングを特製し、たとえば内輪の振れは 1μ 以下におさえた(超精密級のJIS規格は 3μ)。

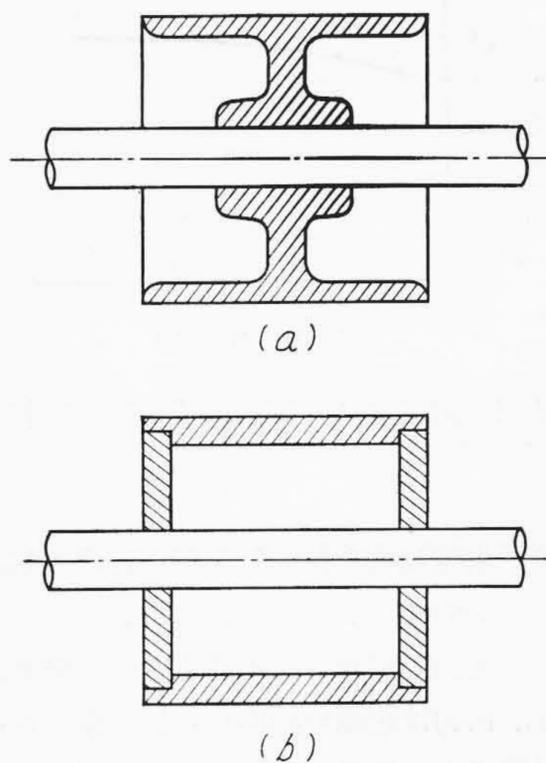
4.4 プランマおよびベッド

プランマおよびベッドは次のような考慮をして設計した。

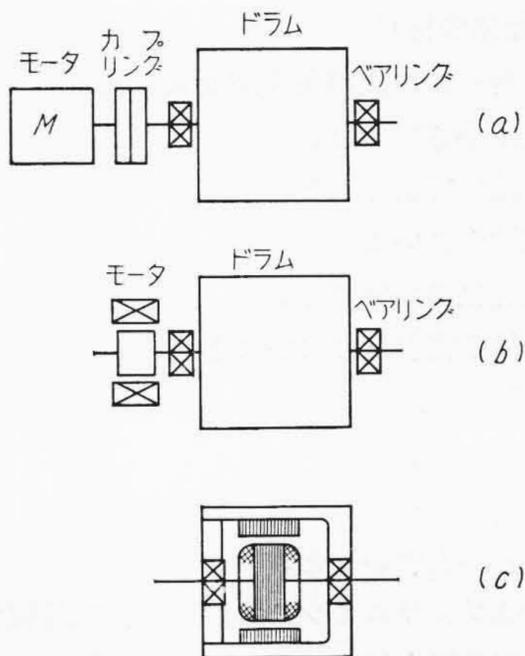
- (1) 左右のプランマの軸心のずれを小さくするような加工が容易であること。
- (2) 弾性変形が少ないこと。
- (3) 残留不平衡量は全重量に反比例するから重量が大であること。
- (4) 置き方によって弾性変形量が変わらないこと。

4.5 ドラムの構造

ベアリングの寿命を大きくし、軸のたわみ、電動機の



第6図 ドラムの構造



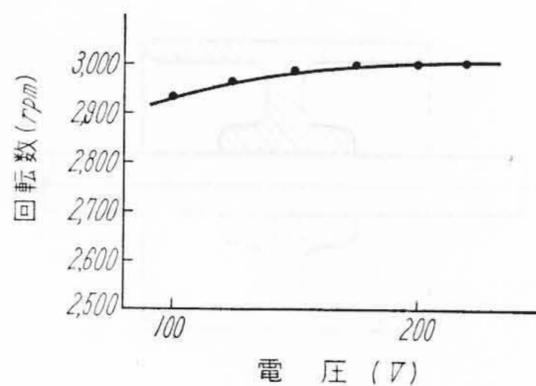
第7図 磁気ドラムの駆動方式

所要出力を小さくするため、回転部の重量ならびに慣性性能率はできるだけ小さいことを要する。そのため比重の小さい材料を使い、かつ肉抜きをする。第6図 a および b のような方法がある。一号機は a, 二号機には b を採用した。a は材料の経年変化または周囲条件の変化による変形をうけやすい。

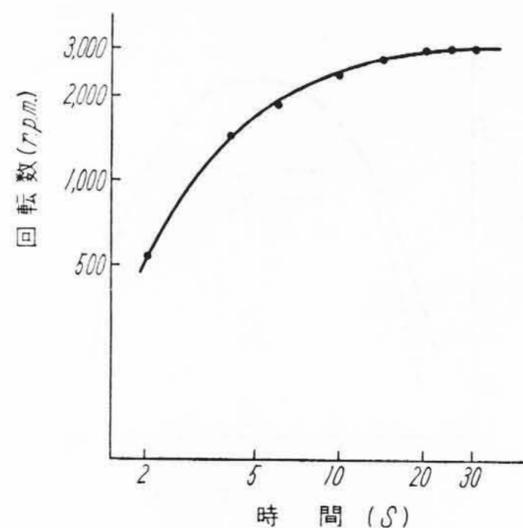
4.6 駆動方式

第7図 (a), (b), (c) の3種類が普通である。一号機では (a), 二号機には (b) を採用した。このほか文献には空気ベアリング、空気タービンを使った高速磁気ドラムもある。

さらに軸を水平にささえるか、垂直にささえるかで横形、縦形に分れる。利害得失はほとんど大差ない。部品の設計ならびに加工法の容易なほうを採用する。日立製作所戸塚工場で製作したものはすべて横形である。



第8図 磁気ドラム駆動電源電圧と回転数



第9図 磁気ドラムの起動時間

電動機は誘導電動機を採用したが、定常運転においては無負荷に近いのでスリップはほとんどない。したがって電源電圧の変動の影響も比較的小さい。第8図にその関係を示す。出力は起動時間30秒として算出された。第9図は一号機について測定した起動時の加速状態である。

4.7 材 料

4.7.1 回転体の材料

回転体の材料には次の条件が要求される。

- (1) 比重が小さいこと。
- (2) 非磁性体であること。
- (3) 加工性のよいこと。
- (4) 経年変化のないこと。
- (5) 磁性体の密着度のよいこと。
- (6) 熱膨脹係数が小さいこと。
- (7) 均質なこと。
- (8) すやピンホールなどの欠陥がないこと。
- (9) 抗張力が大きいこと。

一号機ではジュラルミン17S鍛造材、二号機ではジュラルミン24S鍛造材を採用し、超音波探傷機で厳重に検査した材料を用いた。

4.7.2 プランマ、ベッドの材料

要求される条件は

- (1) 加工性のよいこと。
- (2) 経年変化のないこと。
- (3) 熱膨脹係数が回転体の材料のそれに近いこと。
- (4) 弾性係数が大であること。

一号機では鋳鉄*、二号機用ではシルミン鋳物を使った。

4.7.3 軸の材料

要求される条件は

- (1) 弾性係数大でたわみが少ないこと。
- (2) 経年変化のないこと。
- (3) 切削性がよいこと。

使った材料は Ni-Cr-Mo 鋼である。

* 鋳物材は日立製作所亀有工場に依頼した。

5. 磁気ドラムの加工

機械加工で最も問題となるのはドラムの研磨とプランマの加工である。

5.1 ドラムの研磨

ドラム面の仕上精度は高度の精密加工が要求される。また仕上面はメッキの下地として十分平滑でなければならない。仕上加工は円筒研磨を行うが、材料がジュラルミンであるのと石の目づまりを起しやすいこと、外径も研磨盤としては大きいほうに属することなどのため、加工条件の決定に新しい研究が行われた。研磨直後の測定では偏心 $0.5\sim 0.9\mu$ にはいっている*。これはその後メッキなどの工程を経たときの温度変化のために材料に変形を起したため、円筒面中央部で 2μ 、端部で 9μ 程度に増加した。この偏心が 3μ 以内であればほぼ磁気ドラムの性能は満足されることがあとの実験でわかった。二号機では第6図bの構造にしたため変形はほとんどない。また表面あらさは 1.5S 程度である。

5.2 プランマの加工**

ボールベアリングのハウジング孔径の精度ならびに両側プランマの心合せの精度のためむずかしい工作である。これも $2\sim 3\mu$ 以内にはいっている。

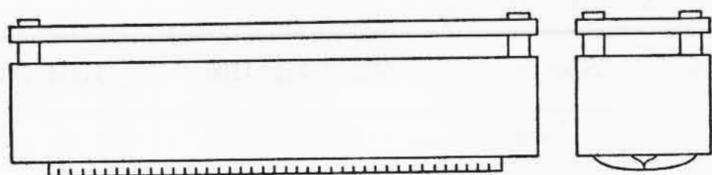
6. ドラム表面の磁性体

前述したように情報を記録する媒体としての磁性体は次の性能を持たねばならない。

- (1) 書込み電流が小さいこと。
- (2) 読出し電圧が大きいこと。
- (3) 情報密度が大きいこと。
- (4) 記憶させた情報を消去するまでは情報が保存されること。
- (5) 全表面にわたり磁性が均質であること。

* 研磨は日立製作所亀戸工場の研磨盤で行われた。

** プランマの精密中グリは日立製作所国分工場および川崎工場に依頼した。



第10図 37トラック・ヘッド・ブロック

第5表 Ni-Ci メッキとフェライト塗膜の性能比較

	情報密度 (ビット/mm)	書込み電流 (AT)	読出し電圧 (mV)	Hc œ
Ni-Co メッキ	2	2	60	15
フェライト塗膜	3	7~10	40	300

書込みは RZ 法, ヘッドとドラム表面の空隙 30 μ

- (6) ドラムへの密着度が大きいこと。
- (7) 処理工程中ドラム材料へ変形変質を与えぬこと。
- (8) 厚み一定になるよう制御が容易に行えること。

これらの点より実用されている方法はメッキと吹付け塗装である。一号機においては Ni-Co メッキとフェライト塗装の2種について種々の性能を調べた。

6.1 メッキ*

Ni-Co 合金をドラム表面に一様な厚みにメッキする。このメッキはドラムがジュラルミンであること、メッキ厚みを一様にする、メッキを均質にするための高度の技術を要する。また書込み電流からはメッキの Hc を小さくし、B-H 曲線が長方形に近いのがよいとされるが、情報密度の点からは Hc は大きいほうがよい。メッキの厚みは 10 μ にしている。

6.2 フェライト塗布**

酸化鉄粉末を接着剤とともにドラム表面に吹き付ける。

Fe₂O₃ か Fe₃O₄ かで褐色または黒色を呈する。厚さは 15 μ に塗っている。

6.3 メッキと塗装の比較

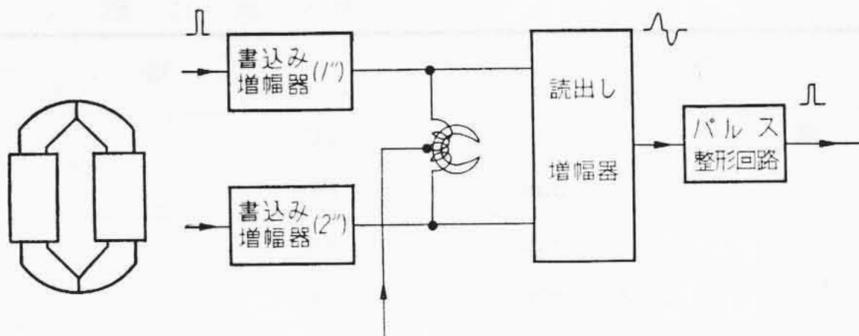
一号機についてメッキと塗装の比較をすれば第5表のとおりである。

7. ヘッド

書込みヘッド, 読出しヘッドは共通に用い222トラック設ける。別に同期用のトラックを2トラック設ける。これだけは洩話をおさえるため別のブロックにする。同期用のトラックをドラム周辺に彫刻する方法もあるが⁽³⁾, 加工精度に難があって用いなかった。222個のヘッドは37個ずつを1ブロックにして一直線上にならべる。その構造を第10図に示す。これをドラムに取り付けた状態ではヘッドの面の直線性およびドラムの円筒度が個々のヘ

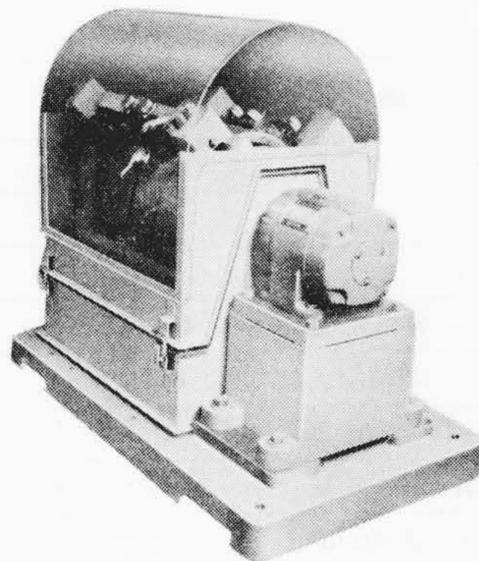
* メッキは通研の御指導により行った。

** 塗装はソニー株式会社に依頼した。

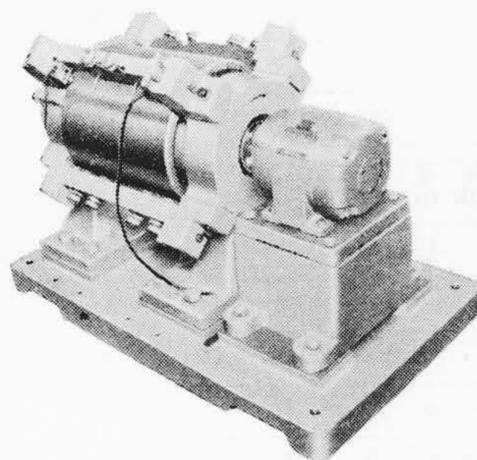


第11図
ヘッド

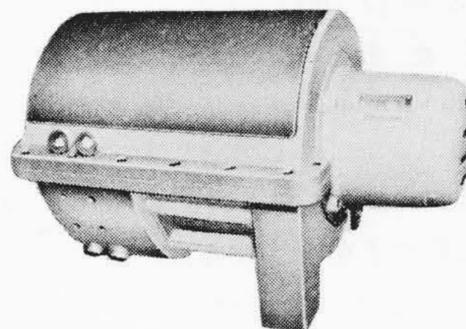
第12図 書込み読出し回路ブロックダイヤグラム



第13図 一号磁気ドラム外観



第14図 防塵カバーをはずした一号磁気ドラム



第15図 二号磁気ドラム外観

ッドとドラムとの間の空隙に影響を与える。したがってこの直線性もヘッド・ブロックの全長にわたって1 μ 以下におさえないと個々のヘッドの読出し電圧にばらつきを生ずる。実際には2~3 μ 程度にしかはっていない。実際問題としてはさらにヘッドの感度のばらつき, ドラム表面の磁性体の不均質などのために読出し電圧中心値の

第6表 試作磁気ドラムの性能

	一 号 機		二 号 機	Sperry	RR Type 1100	IBM-734
幅 (mm)	535		494	406	266	
高 (mm)	730		470	435	280	
長 (mm)	900		725	355	890	
ドラム直径 (mm)	300		300	229	216	272
ドラム長さ (mm)	320		320		368	317
回転数 (rpm)	3,000		3,000	2,500	3,510	3,750
ドラム表面	Ni-Co	フェライト	フェライト	Ni		
表面粗度	1.5S		1.2S			
ドラム偏心	中央 2μ 端部 9μ		1.5~ 2μ	1.3 μ		
残留不平衡量	0.05 μ			0.04 μ		
潤滑	グリース潤滑		グリース潤滑			
トラック数	222			108	224	210
記憶容量	417,000	626,000		305,316	470,400	420,000
記憶方式	RZ*	RZ			RZ	
情報密度 (ビット/mm)	2	3		4	3.2	2.3
トラックあたり容量	1,880	2,820		2,827	2,100	2,000
トラック幅 (mm)	1			0.76		
トラックピッチ (mm)	1.3			1.27	1.59	
モータ出力	0.75 kW (1 HP)		1.1 kW		0.25 kW ($\frac{1}{3}$ HP)	
ベアリング	20 ϕ		50 ϕ			
電源	3 ϕ 200V 50~		3 ϕ 200V 50~			
周速 (m/s)	47		47	30	40	54
書込み電流 (mA) (peak to peak)	70 (2AT)	200 (7AT)		500	500 (15AT)	
読出し電圧	60 mV	40 mV		500 μ V	250 mV	
ヘッド巻数	35 \times 2		35 \times 2		30(センタタップなし)	
ドラム・ヘッド空隙	30 μ		30 μ	25 μ	50 μ	
ヘッドコア材料	パーマロイ		パーマロイ		フェライト	
インダクタンス (μ H)	100		100		10	
パルス幅 (μ s)	2				1.5	
最大待ち時間 (ms)	20		20		17	16
同期周波数 (kc)	100	150			128	125

* Return-to-Zero

±10~30%におよぶ。RR*, Bryantなどのドラムではこのようばらつきをなくするため次のようなヘッド取り付けを行っている⁽⁷⁾。すなわちヘッド1個1個を独立に取り付け、空隙の測定は直接に行わず、書込み読出しを行いながらヘッドをドラムに近接させてゆき正規の電圧が読み出された点で固定する方法である。

個々のヘッドは第11図のような構造である。コアは厚さ50 μ のパーマロイを重ねて1mmの厚みにしたものである。巻線は150kcにおいて半コイル25 Ω を目標とし、中間タップ付70ターン(35ターン+35ターン)と

* レミントンランド

した*。

第5表で見られるようにメッキの場合の書込み電流70mA(2AT)フェライトの場合200mA(7AT)だからトランジスタ回路で書込み読出しを行うことができる。先端のギャップは厚さ約50 μ の雲母板を間隔片として保たれている。この部は機械的精度をうるため多トラックのブロックに組み立てたのち研磨を行うので部分的に μ が下り実効ギャップはもっと大きいらしい。

書込み読出し回路のブロックダイアグラムを第12図

* ヘッドはソニー株式会社製

に示す⁽⁸⁾。

8. 試作磁気ドラムの性能

試作機の性能諸元をほかの二、三の低速大形磁気ドラムの性能と対照したのが第6表である。メッキのドラムは情報密度が小さいのが難点であるがほかの点ではほとんどすぐれている。情報密度を上げるために多くの実験が重ねられているが実験室的にはかなりのところまで上げることが可能である。

9. 結 言

結論を要約すると次のようになる。

- (1) 磁気ドラムの性能上許容される回転体の偏心は組上り後 3μ である。
- (2) Ni-Coメッキのドラムは情報密度は小さいが書込み電流の少ない点ですぐれている。
- (3) 情報密度を大きくすることも実験室的には成功しているので製品化のための研究を重ねる必要がある。
- (4) 寿命の点、材料の経年変化の点についてはなお不明の箇所があるので試験を重ねる必要がある。

本機的设计製作にあたっては電気通信研究所電子応用研究室喜安室長ほか研究室の毛利・川又・柏原三氏の全面的な技術指導をいただき、また東京大学巨理教授の御助言をえた。また日立製作所では中研・亀戸・亀有・国分・川崎をはじめ全社の技術をあげて協力をいただいた。誌上をかりて厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 高橋：電気通信学会全国大会シンポジウム予稿，(昭 32-11)
- (2) A Second Survey of Domestic Electronic Digital Computing Systems. Ballistic Research Lab. Report No. 1010 1957 406
- (3) R.K. Richards: Digital Computer Components and Circuits 314 (1957)
- (4) 比留間：電気材料，161 (昭-33 日刊工業)
- (5) D.G. O'Connor: Electronics 26, 11, 196 (Nov. 1953)
- (6) 植村・熊倉：電子計算機研究専門委員会資料(昭 32-12)
- (7) R.L. Perkins: Product Engineering 24, 8, 192 (Aug. 1953)
- (8) 松崎・高橋：トランジスタ回路研究専門委員会資料 (昭 33-7)

日立製作所社員社外寄稿一覽

(その1)

(昭和34年3月受付分)

寄 稿 先	題 目	所 属	執 筆 者
日本学術会議	Xeの有害作用による中性子束分布の振動 JRR-3(国産1号実験用原子炉)の設計 工場防爆機器の試験装置	日立工場	横見 迪 郎
日本機械学会		日立工場	島 井 澄 夫
労働省産業安全研究所 安全博物館協会		日立工場	松 村 睦 夫
オーム社	シリコン整流器生産の実状と開発体勢 揚水発電所ポンプ水車	日立工場	高 木 正 一
日本機械学会		日立工場	深 栖 俊 一 長 沼 進 亨
日本機械学会	揚水発電所用水車およびポンプ	日立工場	小 森 谷 亨
日本鉄道車輛工業協会	ポリビア向蒸気機関車について 特急「あさかぜ」の照明について	笠戸工場	高 橋 顕 一
照 明 学 会		笠戸工場	中 丸 良 郎
		本 社	中 田 中 正 次
		日立ランプ	西 岡 博 雄 熊 谷 幹 雄
日本科学技術連盟	常備品在庫量調整事務の機械化 沼沢沼揚水発電所用ポンプウオーターハンマーにつ いて	亀有工場	田 口 栄 治
水門鉄管協会		亀有工場	小 堀 威 威
日本鋳物協会	合成砂の配合と抗圧力について 石炭の水力輸送装置 日立600mm BG-1かさ歯車連続研削盤	亀有工場	南 郷 忠 男
日本産業機械工業会		亀有工場	寺 田 進 進
工業調査会		川崎工場	明 山 正 之 花 岡 浩 久
技術出版社	オイルレスコンプレッサー 日立600BG-1かさ歯車連続研削盤の完成	川崎工場	重 松 久 三
日刊工業新聞社		川崎工場	石 岡 昇 三 阿 武 芳 朗

(第52頁へ続く)