PRACE Instytutu Maszyn Matematycznych PAN

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA w Gliwicach

P. 2225 | 66 | 67

Tom IV Praca B 13 (26)

WARSTWA MAGNETYCZNA LM-32 Co DLA PAMIĘCI BĘBNOWEJ

Józefa KARASIŃSKA
Antoni KWIATKOWSKI
Eugeniusz NOWAK

P R A C E

Instytutu Maszyn Matematycznych

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA

P. 2225 | 66 | 67

Tom IV Praca B 13/26/

WARSTWA MAGNETYCZNA LM-32 Co DLA PAMIĘCI BĘBNOWEJ

Józefa KARASIŃSKA
Antoni KWIATKOWSKI
Eugeniusz NOWAK

Warszawa 1966

Copyright © 1966 - by Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa
Wszelkie prawa zastrzeżone

P.W 356/66

K o m i t e t R e d a k c y j n y

Leon ŁUKASZEWICZ /redaktor/, Antoni MAZURKIEWICZ,
Tomasz PIETRZYKOWSKI /z-ca redaktora/, Dorota PRAWDZIC,
Zdzisław WRZESZCZ.
Redaktor działowy: Andrzej KOJEMSKI.
Sekretarz redakcji: Romana NITKOWSKA.
Adres redakcji: Warszawa, ul.Koszykowa 79, tel. 28-37-29.

Instytut Maszyn Matematycznych
Praca B 13/26/
© 1966.03

621.318.1.681.14-523.8

WARSTWA MAGNETYCZNA LM-32 Co DLA PAMIĘCI BĘBNOWEJ

Józefa KARASIŃSKA
Antoni KWIATKOWSKI
Eugeniusz NOWAK

W pracy opisano, w oparciu o literaturę i własne badania, sposób wytwarzania preparatu γ-Fe_2O_3 z domieszką kobaltu, przydatnego do wytwarzania rejestrującej warstwy magnetycznej dla pamięci bębnowej do zapisu z gęstością 9 bit/mm. Podano sposób wytwarzania lakieru ferromagnetycznego i warstwy magnetycznej z 50% koncentracją objętościową proszku w warstwie. Przedstawiono wyniki badań wytworzonego proszku i warstw magnetycznych.

1. WSTĘP

W poprzedniej pracy [1] autorzy omówili pewne zagadnienia związane z wytwarzaniem warstw rejestrujących dla pamięci bębnowych oraz opisali opracowaną w Instytucie Maszyn Matematycznych warstwę magnetyczną LM-18 dla pamięci bębnowych.

Kontynuując prace badawcze nad doskonaleniem warstw tego typu przy współpracy Zakładu Magnetochemii Uniwersytetu Poznańskiego przygotowano proszkowe materiały ferromagnetyczne typu γ-Fe_2O_3 z zawartością różnych ilości kobaltu [2].

W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki prac nad zastosowaniem preparatu γ-Fe_2O_3·1,2% Co, który, jak wykazały badania wstępne, posiada najbardziej optymalne parametry magnetyczne, kwalifikujące go do użycia w rejestrującej warstwie magnetycznej pamięci bębnowej.

2. PROSZKOWY MATERIAŁ FERROMAGNETYCZNY

Surowcem do uzyskania preparatu γ-Fe_2O_3·1,2% Co był szczawian żelazawy z 1,2% zawartością jonu Co^{+2} [2].

Termiczny rozkład z ograniczonym dostępem powietrza prowadzono w komorach umożliwiających kontrolowany dostęp powietrza do środowiska reakcji.

Stosowano następujący reżim rozkładu szczawianu:

1. Ogrzewano preparat od temperatury otoczenia do 400°C z szybkością 10°C/minutę, a następnie utrzymywano w temperaturze 400°C ± 20°C przez 10 godzin.
2. Po wyjęciu komory z pieca studzono ją do temperatury otoczenia i, zwiększając stopniowo dostęp powietrza do wnętrza komory, stabilizowano preparat przez 24 godziny.
   Po stwierdzeniu prawidłowości przebiegu reakcji analizą chemiczną na obecność żelaza dwuwartościowego, oraz analizą rentgenowską na obecność niemagnetycznej odmiany α-Fe_2O_3, magnetyt utleniano tlenem powietrza do formy γ-tlenku.
3. Utlenianie prowadzono w komorach innego typu, umożliwiających stały ale ograniczony dostęp powietrza do ich wnętrza. Magnetyt umieszczono w komorze w cienkiej warstwie i ogrzewano z szybkością 10°C/min. od temperatury otoczenia do 320°C. Po osiągnięciu tej temperatury preparat ogrzewano jeszcze w ciągu 90 min. trzykrotnie mieszając, bez otwierania komory i następnie chłodzono do temperatury otoczenia.

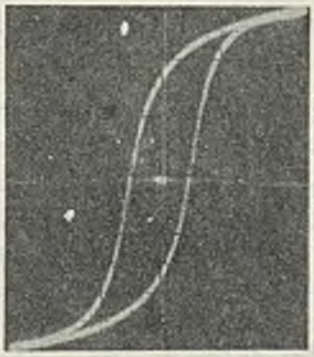
W tablicy 1 przedstawiono charakterystykę właściwości fizykochemicznych i magnetycznych preparatu γ-Fe_2O_3·1,2% Co, a na rys. 2 i 3 obraz tego preparatu w mikroskopie elektronowym.

Tablica 1.

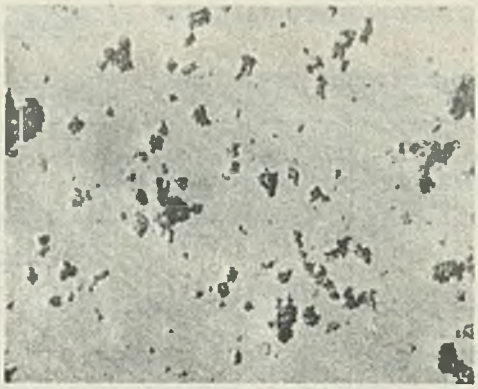
Właściwości fizykochemiczne i magnetyczne preparatu γ-Fe_2O_3·1,2%Co.

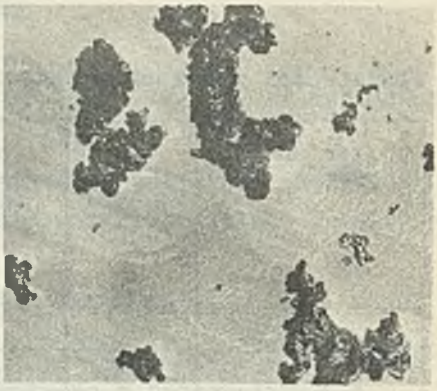
Wzór chemiczny	d_{25} [g/cm^3]	Forma cząstek	Wielkość cząstek [μ]	Właściwości magnetyczne /badanie prowadzono w polu Hm = 1000 Oe/				
				*	$_IH_c$ [Oe]	$4\pi I_r$ [Gs]	$4\pi I_m$ [Gs]	$\frac{I_r}{I_m}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
γ-Fe_2O_3·1,2% Co	5,5-5,6	sferyczna	0,05 - 0,1	1	230	630	1200	0,56
				2	220	1240	2150	0,58

* - koncentracja objętościowa γ-Fe_2O_3·1,2% Co w badanej próbce 1 = 30%
2 = 50%



Rys. 1. Kształt dynamicznej pętli histerezy γ-Fe_2O_3·1,2% Co /zdjęcie wykonano na ferrotesterze f-my "Orion"/.





Rys. 2. Pow. 7200 razy Rys. 3. Pow. 15000 razy

γ-Fe_2O_3·1,2% Co. Badanie w mikroskopie elektronowym.

3. LAKIERY FERROMAGNETYCZNE I MAGNETYCZNE WARSTWY REJESTRUJĄCE

Lakiery ferromagnetyczne z opisanym wyżej preparatem γ-Fe_2O_3·1,2% Co przygotowano przez mielenie w młynie kulowym. Stosowano wstępne 24-godzinne mielenie z rozpuszczalnikiem i dyspergatorem. Następnie dodawano osnowę i lakier mielono dalej przez 24 godziny. W końcowej fazie mielenia dodawano utwardzacz i taką ilość rozpuszczalnika, aby doprowadzić lepkość lakieru do 4-6 cP.

Spoiwo warstwy magnetycznej stanowiły żywice epoksydowe modyfikowane ftalanem dwuoktylu. Jako utwardzacz zastosowano dla lakierów o niższej zawartości proszku ferromagnetycznego trójetylenoczteroaminę, a dla lakierów o większej zawartości γ-Fe_2O_3·1,2% Co poliamid C.

Metoda nakładania lakieru na powierzchnię bębnów była taka sama jak opisano w pracy [1].

Otrzymano warstwy magnetyczne o zawartości 27% do 56% objętościowo proszku ferromagnetycznego. Warstwy te w czasie wysychania i utwardzania wykazały dobrą kohezję oraz adhezję do podkładu LE19 ze zmodyfikowanych żywic epoksydowych [1]. Właściwości magnetyczne wytworzonych warstw podano w tablicy 2.

Tablica 2.

Właściwości magnetyczne warstw rejestrujących z γ-Fe_2O_3·1,2% Co.

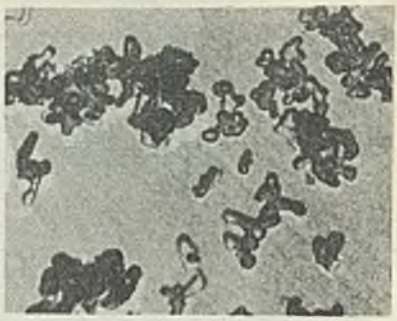
Warstwa	Zawartość γ-Fe_2O_3·1,2% Co w % objętościowych	Właściwości magnetyczne /badanie prowadzono w polu Hm = 1000 Oe/			
		$_IH_c$ [Oe]	$4\pi I_r$ [Gs]	$4\pi I_m$ [Gs]	$\frac{I_r}{I_m}$
1	2	3	4	5	6
1	27	210	600	1120	0,53
2	30	205	640	1200	0,54
3	40	205	660	1220	0,[illegible]
4	45	200	680	1230	0,57
5	56	190	730	1230	0,[illegible]

Z przedstawionych danych wynika, że pozostałość magnetyczna nie wzrasta liniowo ze wzrostem zawartości proszku ferromagnetycznego w warstwie. Również amplituda odczytu zapisanej informacji nie wykazuje wzrostu liniowego.

Wydaje się, że liniowy wzrost wartości parametrów magnetycznych czystego proszku ferromagnetycznego wraz ze wzrostem jego koncentracji w badanej próbce /tablica 1/ oraz wyżej wspomniany brak wzrostu liniowego wartości parametrów magnetycznych warstw wytworzonych z dużą zawartością proszku może być wytłumaczony tym, że cząstki proszku /będące elementarnymi magnesami/ unosząc się swobodnie w roztworze spoiwa łączą się w trwałe aglomeraty o postaci skupisk lub zamkniętych łańcuchów, w których indywidualne cząstki nawzajem neutralizują swoje bieguny. Utwardzenie warstwy unieruchamia zaglomeryzowane cząstki tak, że w zewnętrznym polu magnetycznym staje się niemożliwy ich obrót i ułożenie wzdłuż linii pola. Natomiast w przypadku próbki czystego proszku ubitego w rurce pomiarowej istnieje możliwość stosunkowo swobodnych ruchów cząstek.

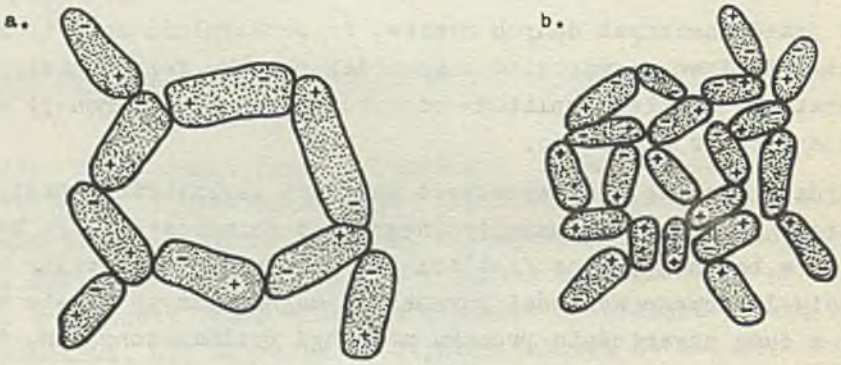
Występowanie w rzeczywistości powyższych zjawisk ilustrują zdjęcia na rys. 4 i 5, oraz odpowiadający im obraz na rys. 6. W celu lepszego uwidocznienia omawianych zjawisk przedstawiono cząstki proszku z zaznaczoną anizotropią kształtu.

Rys. 4. Pow. 30000 razy



Rys. 5. Pow. 15000 razy

Zdjęcia z mikroskopu elektronowego, przedstawiające typowe aglomeraty proszku ferromagnetycznego typu γ-Fe_2O_3



Rys. 6. Skupiska cząstek proszku ferromagnetycznego układające się swobodnie w procesie utwardzania warstwy: a. łańcuchy zamknięte, b. aglomeraty zwarte.

Wydaje się, że poprawę wartości parametrów magnetycznych warstw można będzie uzyskać przez poddanie ich w stanie płynnym /zaraz po naniesieniu lakieru ferromagnetycznego na powierzchnię bębna/ porządkującemu działaniu silnego zewnętrznego pola magnetycznego, pod wpływem którego cząstki proszku układają się w długie łańcuchy lub przez zgniatanie utwardzonych warstw magnetycznych, przez co rozerwane zostają zneutralizowane magnetycznie skupiska proszków.

Jak wykazało badanie przekrojów i powierzchni warstwy magnetycznej w mikroskopie elektronowym, rozproszenie materiału ferromagnetycznego w warstwie LM-32 Co jest stosunkowo równomierne /rys. 7 i 8/.

Rys. 7. Pow. 15000 razy Rys. 8. Pow. 15000 razy

Warstwa magnetyczna LM-32; przekrój pionowy. Zdjęcia z badania w mikroskopie elektronowym.

Należy podkreślić, że zastosowany proszkowy materiał ferromagnetyczny cechuje zdolność wysokiego wypełnienia warstwy. Przy użyciu proszków ferromagnetycznych wytwarzanych przemysłowo zarówno w kraju, jak i importowanych z ZSRR, nie udało się uzyskać warstw magnetycznych zawierających więcej niż 30% objętościowo proszku ferromagnetycznego [1].

Jak wynika z przeprowadzonych badań laboratoryjnych, opisane w niniejszej pracy warstwy o maksymalnej objętościowo zawartości proszku ferromagnetycznego mogą znaleźć zastosowanie w pewnych typach pamięci magnetycznej dla średniej gęstości zapisu do 9 bitów/mm.

4. BADANIA EKSPLOATACYJNEJ PRZYDATNOŚCI WARSTWY LM-32 Co

Zasadniczym przeznaczeniem warstwy LM-32 Co była pamięć bębnowa PB-5, opracowana dla maszyn rodziny ZAM. Informacje zapisywane są tutaj z gęstością 9 bitów/mm, co dla pamięci z głowicami sztywno zamocowanymi jest wartością dość znaczną.

O zdolności pamięci do przyjmowania informacji zapisywanych ze zwiększoną gęstością decydują następujące czynniki [5]:

a/ szczelina głowicy znacznie mniejsza niż najmniejsza długość fali, jaka ma być zapisana,

b/ odległość biegunów głowicy od powierzchni warstwy magnetycznej jak najmniejsza,

c/ warstwa magnetyczna możliwie cienka,

d/ materiał warstwy o prostokątnej pętli histerezy.

Czynniki a i b były ściśle związane z konstrukcją pamięci PB-5, która znacznie wyprzedziła prace nad warstwą LM-32 Co. Konstrukcję rozwijano opierając się na opracowanej wcześniej warstwie LM-18 [1]. Tak więc dla założonej gęstości zapisu 9 bitów/mm w metodzie NRZ /co odpowiada długości fali 200 μ/ przyjęto szczelinę roboczą głowicy równą 40 μ, a odległość biegunów głowicy od warstwy równą 16 μ. Dla spotykanych rozwiązań pamięci bębnowych z głowicami zamocowanymi sztywno odległość ta bliska jest wartości granicznej, wymaganej dla bezpiecznej pracy urządzenia w szerokim zakresie temperatur.

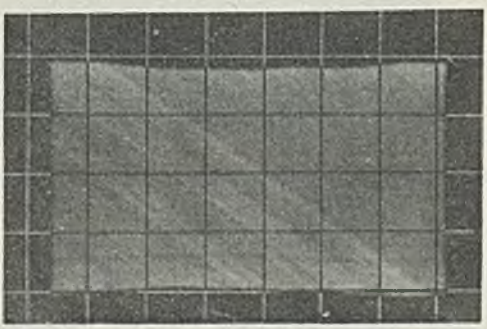
Czynniki c i d dotyczą bezpośrednio samej warstwy. Dla warstw tlenkowych, spotykanych np. w taśmach magnetycznych wysokiej klasy, grubość warstwy wynosi zazwyczaj 10 μ. Osiągnięcie tej grubości w pamięci bębnowej, wobec stosowania odmiennej technologii obróbki końcowej warstwy, natrafia na poważne trudności. Do uzyskania bowiem stałej grubości warstwa poddawana jest tutaj obróbce skrawaniem. Wiadomo zaś, że tak obrabiany materiał podlega równocześnie zgniataniu, niszczącemu na pewnej głębokości jego spoistość. Osiągnięta grubość warstwy na bębnie /13 ÷ 16 μ/ jest

więc kompromisem pomiędzy dążeniem do warstwy cienkiej,a dobrą przyczepnością warstwy do podłoża.

Stwierdzono, że zetknięcie się głowicy z warstwą prowadzi w najgorszym przypadku do wyeliminowania jednej ścieżki, zniszczonej na skutek tarcia, nie powoduje natomiast odpadania warstwy na większym obszarze.

Stała grubość warstwy łączy się ściśle z jej jednorodnością i ciągłością. Czynniki te decydują o wielkości zakłóceń, które oglądane na oscyloskopie, dołączonym do czytającej głowicy, przedstawiają się jako przypadkowe "wyskoki" napięcia.

O stopniu jednorodności warstwy LM-32 Co świadczy poniższe zdjęcie obwiedni sygnałów /rys. 9/, odczytywanych z całego obwodu bębna. Obwiednia ta pozbawiona jest zupełnie wspomnianych "wyskoków". Nieznaczna modulacja obwiedni pochodzi od "bicia" bębna, spowodowanego niezbyt dokładnym jego wyważeniem.



Skala pionowa: 10 mV/dz.

Skala pozioma: 6 ms/dz.

Rys. 9. Obwiednia sygnałów odczytu dla warstwy magnetycznej LM-32 Co.

Ewentualne nieciągłości warstwy mogą pochodzić od względnie dużych niemagnetycznych cząstek, takich jak pył, pęcherze powietrza itp. Powodują one zwykle spadek amplitudy sygnału, a wykrycie ich odbywa się poprzez zapis informacji i automatyczną kontrolę jej poprawności w czasie odczytu, przy równoczesnej zmianie napięcia progowego, "badającego" amplitudę odczytywanych sygnałów.

Stwierdzono, że zakłócenia tego typu eliminują zwykle 2-3 ścieżki na bębnie, z ogólnej ilości 150. Wydaje się, że przyczyną tego są trudności związane z zapewnieniem odpowiednich warunków technologii nakładania warstwy, a nie braki technologii wytwarzania lakieru ferromagnetycznego.

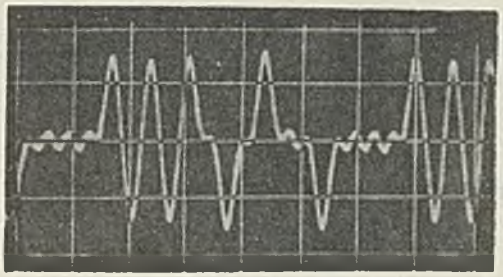
Dalszemu zagęszczaniu /ponad 9 bitów/mm/ informacji zapisywanych na omawianej warstwie stoi na przeszkodzie wymaganie wymienione w punkcie d, a mianowicie prostokątność pętli histerezy /0,57 wobec co najmniej 0,80 dla taśm magnetycznych wysokiej jakości/. Sferyczna struktura proszku ferromagnetycznego, a poza tym niewielkie wymiary cząstek /0,05 ÷ 0,1 μ/, przy braku wyróżnionego kierunku magnetyzacji, stanowią czynniki nie pozwalające na zorientowanie cząstek w kierunku optymalnym względem kierunku pola wytwarzanego przez głowicę zapisującą. Wiadomo, że najlepszym materiałem byłyby cząstki iglaste o przeciętnej długości 1 μ i o stosunku długości do średnicy około 7 : 1 [3, 4]. Uporządkowane cząstki zwiększają zarówno prostokątność pętli, jak i przenikalność i remanencję.

Pole magnetyczne, pochodzące od głowicy zapisującej, rozprzestrzenia się na obszarze znacznie większym niż zazwyczaj przewiduje się dla zapisu jednego bitu. Oddziaływuje ono na bity sąsiednie, zmienia magnetyzację warstwy i tym samym wpływa ograniczająco na gęstość zapisu. Przeciwdziałać temu można przez stosowanie warstwy o prostokątnej pętli histerezy. Strome zbocza prostokątnej pętli zapobiegają zmianom magnetyzacji warstwy dla natężeń pól mniejszych od H_c, ograniczając zasięg oddziaływania pola głowicy do obszaru warstwy znajdującego się bezpośrednio pod głowicą. Prostokątna pętla jest tutaj jakby filtrem pól słabych, zmniejsza efekt ich rozprzestrzeniania, co jest równoznaczne z możliwością zwiększenia gęstości zapisu.

Oczywiście istnieją pewne możliwości zwiększenia gęstości zapisu także na warstwie IM-32 Co, przede wszystkim poprzez dalsze zmniejszenie odległości głowicy od powierzchni warstwy. Wymaga to jednak zastosowania głowic z aerodynamicznym podparciem, tzw. latających, unoszących się nad powierzchnią w odległości kilku mikronów od niej.

Pomiar parametrów magnetycznych warstwy znajdującej się na bębnie przy pomocy metod, jakie mogą być stosowane np. dla taśmy magnetycznej, jest niemożliwy. Dobre wyniki można jednak uzyskać na drodze pośredniej poprzez zapis i odczyt określonych kodów informacji.

Z zależności amplitudowych i fazowych, występujących pomiędzy poszczególnymi impulsami i grupami impulsów, wnioskuje się o parametrach warstwy. Przebieg taki, uzyskany na warstwie LM-32 Co, przedstawia zdjęcie oscyloskopowe /rys. 10/. Dla łatwiejszej oceny, obserwację przeprowadza się w odniesieniu do ciągu zegarowego sterującego zarówno zapisem jak i dekodowaniem odczytywanych informacji.



Skala pionowa:
10 mV/dz.

Skala pozioma:
17 μs/dz.

Rys. 10. Odczyt sygnału odpowiadający zapisowi informacji ...101011001110000101... metodą NRZ.

W przypadku idealnym amplitudy wszystkich impulsów oraz czasy ich trwania są jednakowe. Ponadto poziom zerowy, odpowiadający ciągowi "1" lub "0", nie odbiega od linii prostej. Dla przebiegu przedstawionego na zdjęciu różnice amplitud dochodzą do kilkunastu procent. Podobnie czas trwania impulsów zapoczątkowujących ciąg "1" lub "0" jest większy od czasu trwania impulsów naprzemianzmiennych proporcjonalnie do wartości amplitud. Zamiast poziomu zerowego występują sygnały o amplitudzie równej około 20% amplitudy minimalnej sygnałów użytecznych, zmniejszające zakres poprawnego odczytu tych ostatnich.

Mimo tych ograniczeń w wyniku końcowym uzyskuje się poprawną pracę pamięci bębnowej dla wszystkich możliwych kombinacji zapisanych impulsów, z zachowaniem odpowiednich marginesów na wpływy temperatury, zmian napięć zasilających itp.

Literatura

1. KARASIŃSKA J., KWIATKOWSKI J.: Warstwa magnetyczna LM-18 dla pamięci bębnowej, Prace IMM PAN; 1963:B 3/16/.
2. WOLSKI W., KWIATKOWSKI A., KARASIŃSKA J., POLITAŃSKA U.: Proszkowe materiały ferromagnetyczne typu γ-Fe_2O_3 z rozkładu szczawianu żelazawego z domieszkami kobaltu, Przemysł chemiczny, 1965:44, 62.
3. SMITTEN F.J., LANGE H.: Untersuchungen über das magnetische Verhalten dünner Schichten von γ-Fe_2O_3 bei kurzzeitigen Feldeinwirkung, Zeitschr. für angew. Phys., 1962:14.
4. ELIASBIERG I.I.: Sovremiennoje sostojanije i perspiektivy ułučšenija napołniennych magnitnych lient, Trudy WNIIZ, Moskwa, 1957:2, 5.
5. LOHAN F.J.: Introduction to Pulse Magnetic Recording, wyd. Bryant, 1960.

THE MAGNETIC LAYER LM-32 Co FOR DRUM STORAGES

Summary

The paper describes the way of producing the ferromagnetic powder γ-Fe_2O_3 with an admixture of 1,2% of cobalt. Its chemical and physical chemical characteristic is given.

The way of producing ferromagnetic paint is discussed, as well as certain phenomena accompanying the increase of the content of ferromagnetic powder in the layer. The characteristic of the magnetic layer LM-32 Co is given. This layer is applied to drum storages for recording information with 9 bit/mm density in non return to zero system.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej
P 2225 66/67

Cena zł 7.—

B 13 (26)

W.D.N. — Zam. 375/o. Nakł. 300 egz.