

## "ELVEFER" NAŠ VISOKOFREKVENIČNI FERITNI MATERIJAL

Med novimi materiali v moderni elektroniki so feriti izrednega pomena. Če zasledujemo strokovno literaturo povojnih let lahko ugotovimo, da so po pogostosti obravnave v svezi s feriti na drugem mestu, takoj za polvodniki.

Iz tuje in delno domače literature nam je veliko znanega o lastnostih ter uporabi feritov inozemskega izvora. Pretpostavljam da večina prisotnih pozna glavne značilnosti tega materiala. Namen tega referata pa je seznaniti širši krog naših strokovnjakov z našim domačim feritom, ki ga proizvaja inštitut za Elektrozeve pod imenom "Elvefer".

Inštitut za Elektrozeve je vključil v svoj razvojni program ferite že leta 1950. V tem času so bili podatki o tehnologiji feritov še dokaj skopi. Izdelovale so jih prav redke inozemske firme, ki so iz razumljivih razlogov držle v strogi tajnosti vse, kar bi moglo koristiti konkurentu. Navezani smo bili torej na lastno pot.

Tehnologija feritov je nova panoga, ki se naslanja na izkušnje sledečih že obstoječih strok:

- 1/ kemijske tehnologije izdelave čistih oksidov /pigmenti in sl./,
- 2/ mehanske tehnologije suho stiskane keramike /steatit in sl./,
- 3/ termičke obdelave /sintranja/, kot je delno znana iz keramike in metalurgije prahov.

Poleg tega se poslužuje raznih postopkov, ki so znani iz obdelave optičnega stekla, metalurgije magnetnih materialov. itd.

Postopek je torej prilično kompleksen.

V obdobju od poletja 1950 do jeseni 1951 smo zato tipali po najprimernejšem kemijskem postopku in iskali glavne mehansko-tehnološke prijeme. V tem času smo izdelali nekaj vrst feritov na osnovi feritov bakra, magnezija in cinka, ki pa se niso obnesli, tako kot ne drugod po svetu. Zato smo se usmerili v sistem nikelj-cink-ferit, ki je za naša potrebe največ obetal. Prva uporabna količina tega ferita je bila izdelana v septembru 1951. Pri tem je

bil postopek že v bistvu enak sistemu, ki ga uporabljamo še danes. Kot izhodne snovi so služile soli, ki jih izdeluje naša kemična industrija, postopek pa je tudi prilagojen napravam, ki so bile dosegljive v tedaj skromnih laboratorijskih razmerah.

Ta material je takoj /tekem zime 1951-52/ uporabil razvojni laboratorij za radijske sprejemnike in razvil medfrekvenčni transformator, ki se je v naslednjem letu pojavil kot serijski produkt Telekomunikacij /MT-6/. Drugi model, ki je bil zahtevnejši glede na kvaliteto ferita MT-5, pa leto dni kasneje.

Vsa ta prva leta je bila torej zgodovina naših feritov navezana na produkcijo radijskih sprejemnikov, kar je pravzaprav specifični slučaj pri nas. Drugod je šel razvoj drugačno pot: glavni porabniki so takoj postali = pošta /telefonija in VF. telefonija/, nato televizija. Šele v zadnjih letih je uvedba feritnih anten v radijskih sprejemnikih postavila radioindustrijo na vidno mesto pri porabi feritnega materiala.

Zakaj pri nas ni bilo tako, moramo pripisati predvsem skromnemu obsegu razvoja in proizvodnje feritov na eni strani, na drugi strani pa tudi zelo omejeni potrošnji s strani industrije. Najpomembnejši feriti, ki so uporabni pri nižjih frekvencah, so mangan-cinkovi. Ti pa so tehnološko tako zahtevni, da se nam je posrečilo spraviti jih v produkcijo šele v zadnjem letu. Od tega trenutka dalje se seveda slika porabe feritov nekoliko spreminja.

V letih 1951 - 1957 smo torej imeli samo nikelj-cink-ferit, in sicer material s staro oznako M-XX, ki pa zdaj nosi ime ELVEFER A. Temu so se kasneje pridružili še materiali B, C in D, ki skupaj po svoji uporabnosti krijejo frekvenčno območje od nekaj 100 kHz do 20 MHz. Dolgoletna izkušnja s temi feriti zagotavlja konstantnost kvalitete, ki je v zadnjem letu dosegla najvišjo možno vrednost. Lahko trdimo, da je ta kvaliteta plod stalnega paralelnega razvojnega dela ob produkciji, kar najlepše kažejo naslednji podatki, ki so obenem kratek historiat našega materiala ELVEFER A:

- Prva pokusna serija v septembru 1951 μ = 125  
/material je bil že uporaben za MF/
- Po istem, izboljššanem postopku v oktobru 1951 200
- Leto dni kasneje, z boljšimi sirovinami 380
- Nekoliko spremenjen postopek je dal v septembru 1953 700
- Na ta način smo dosegli do januarja 1955 900  
kar je bila že previsoka vrednost za uporabo pri MF. Zato smo tedaj uvedli material M-XXI, sedanji Elvefer B.
- Permeabilnost materiala A je bila v nov. 1955 1200
- in v januarju 1957 2000  
Vendar smo standardizirali nižjo vrednost, radi lažje reprodukcije /1500/.

Porast permeabilnosti, ki je pri tej vrsti ferita predvsem zrcalo čistosti produkta, kaže, kako je bilo treba tekem 6 let stalno iskati najprimernejšo pot od raspoložljivih sirovin do končnega produkta, pri čemer smo se vedno naslanjali na domač,

cejniško čist material /z izjemo niklja, ki je seveda uvožen/.

Med splošno uporabljanimi postopki za izdelavo feritov sta važni predvsem dve skupini:

a/ mokri postopki, kjer izhajamo iz soli in dobimo pravo zmes potom soobarjanja ali izparevanja,

b/ suvi postopki, kjer so izhodne snovi že gotovi čisti oksidi, ki jih medsebojno samo pomešamo.

Kjer je kemična industrija dovolj razvita in lahko nudi okside, karbonate ali slične spojine dovolj čiste, predvsem brez nekaterih zelo škodljivih primesi, tam so se uveljavili ocejnjeni suhi postopki. Pri nas to nažalost ni mogoče, ker bi morali poseči po dragih uvoženih produktih.

Naš postopek je zato v bistvu moker, ker izhajamo iz tehnično čistih soli. Iz njih dobimo z delnim soobarjanjem zmes, ki se po prvi termični obdelavi /kalcinaciji/ pretvori v ferit. To maso nato lahko stiskamo v oblike, ki se po končni termični obdelavi /sintranju/ pretvorijo v končni produkt, značilen po svoji črni barvi, trdoti in magnetnih lastnostih. Te so odvisne od vrste parametrov, kot so napr. količina vgrajenih nečistoč, ki izvirajo iz surovin, potek prve termičke obdelave, način mletja, pritisk pri stiskanju, predvsem pa način sintranja in atmosfera v peči.

Vse to velja nasplošno za vse ferite, posebno so pa občutljivi feriti mangana in cinka. Med te spada naš produkt Elvefer G. Ta je izredno občutljiv na nečistoče in na atmosfero pri sintranju. Vkljub temu smo dosegli permeabilnost okrog 1000 in  $\frac{100}{\mu_0} \cdot 2.10^{-6}$ , kar je prav dober rezultat. Tako nizke izgube dajejo možnost uporabe tega ferita za najzahtevnejše elemente, o čemer bo govora v referatu ing. Gajška. S povečanjem kapacitet v proizvodnji tega materiala bo skušal IEV zadovoljiti vse domače potrebe, ki prav v zadnjem času zelo naraščajo.

Poleg navedenih "klasičnih" vrst feritov za tipično uporabo v VF, smo v zadnjem letu razvili še material Elvefer R, ki je ferit s pravokotno histerezno zanko. Njegova uporabnost za magnetne ojačevalce in za elektronske računske stroje obeta obširen program izdelkov, ki ga tudi postopoma osvajamo.

S tem razpolaga torej IEV s šestimi različnimi standardnimi feriti, ki jim smemo prišteti še sedmi, čeprav ne spada v vrsto magnetnih materialov. To je material za upore z negativnim temp. koeficientom, ki smo jih začeli izdelovati pred letom pod imenom ELVETERM. Tehnološko je zelo sličen doslej opisanim feritom, čeprav manj zahtoven.

Celotni spekter materialov ELVEFER je torej na kratko naslednji:

ELVEFER A, s permeabilnostjo okrog 1500, je primeren za frekvence do 250 kHz, poleg tega pa za transformatorje, kjer ni znatne predmagnetizacije tudi pri višjih frekvencah, ali kot impulzni transformator.

ELVEFER B s nekoliko nižjo permeabilnostjo /cca 500/, je material za radijsko medfrekvenco.

ELVEFER C služi za področje srednjih valov, predvsem za feritne antene, pravtako seveda za vsa jedra v vhodnih in oscilatorskih krogih in sl.

ELVEFER D ima slično vlogo kot C, le v področju krat-

kih valov. Permeabilnost je prav nizka /cca 30/.

ELVEFER G dopolnjuje frekvenčni spekter na niskofrekvenčni strani. V območju zvočnih frekvenc ima najnižje izgube od doslej navedenih materialov. Važen je torej za telefonijo, posebno, ker s svojo višjo magnetno indukcijo prenese več predmagnetizacije kot material A. Tudi temp. koeficient permeabilnosti je nižji, kar je ugodno za filtre.

ELVEFER R pa odlikuje zelo pravokotna histereza, kjer je razmerje med remanenco in nasičenjem cca 0,96, faktor pravokotnosti, ki je važen za "spominske kroge", pa znaša okrog 0,80. Koercitivnost znaša cca 0,8 Oe.

Ker smo se že namenili govoriti o problemih v zvezi z izdelavo feritov pri nas, se moramo dotakniti še asortimana teh izdelkov. V slučaju feritov ta terja vedno nova orodja, ki so v nekaterih slučajih celo zelo draga. Proizvajalec torej težko lansira nov izdelek, dokler nima zagotovljenega večjega trga, in prav v tem je pri nas težava. Ne moremo trditi, da v vsem tem času ni bilo zanimanja za ferite. Vendar je bilo bolj kvalitativno, kot pa kvantitativno. Sele v trenutku, ko nastopijo interesi za veliki koserijsko uporabo, lahko nastopi možnost povečanja asortimana, kar je posebno važno pri lončastih jedrih vseh vrst.

S tem v zvezi je pa tudi standardizacija izdelkov iz ferita. Kratka zgodovina tega materiala je vzrok, da še ne obstojajo mednarodni standardi za feritna jedra, čeprav so že padli nekateri predlogi. Vkljub temu pa so v rabi izdelki, ki se medsebojno zelo malo razlikujejo, tako da ne bo velikih težav s standardizacijo ko se bo pojavila. To predvsem glede oblik.

Glede kvalitete in karakteristik samega materiala bo nekoliko težje. Vendar mislim, da z upoštevanjem nekih pametnih toleranc, ki so radi težav pri reprodukciji magnetnih lastnosti njene, lahko tudi tu pride do uvedbe standardov, e glede na to, seveda, da se bodo vedno pojavljali novi, še boljši feriti, kajti razvoj tega mladega materiala še ni zaključen.

Končno lahko še rečemo, da smo se na vseh področjih dvignili na dovolj visok raven kvalitete, čeprav nismo dosegli nekaterih vrhov, ki pa gotovo ne bodo mogli služiti kot merilo pri standardizaciji.

Bodočnost namreč nalaga feritom še velike naloge. Če preračunamo, koliko feritov bi naša država potrebovala, če bi bila tako razvita na področju elektronike kot napr. USA, potem bi morali proizvesti letno cca 100 ton. Najbolj optimistički plan za naslednje leto pa pri nas predvideva 8 - 10 ton, kar predstavlja vrednost 80 - 100 milijonov dinarjev.

Tudi razvoj novih vrst feritov obeta še velike možnosti. Tu gre za hitro se razvijajoča področja, kot so centimeterska tehnika, ki potrebuje posebne vrste ferita za svoje elemente, kot so izolatorji, giratorji in sl. Pravtako želi telefonija ferite z še višjo permeabilnostjo, ki bi bila enakovredna permalaju in sl. pločevinam. Tudi feriti z pravokotno histerezno zanko še niso popolnoma zadovoljivi. Želeti bi bilo material s čim nižjo koercitivnostjo itd.

Vsi ti problemi, ki se pojavljajo drugod po svetu, so avtomatsko tudi problemi proizvajalca feritov pri nas, če hoče o-

hraniti prvenstvo na tem področju. Vendar moramo računati na nujen zaostanek, ki je vezan na tempo razvoja celotne elektronike pri nas. Popolnoma nesmiselno bi bilo hiteti s proizvajanjem materiala, ki ga naša industrija še ne potrebuje v zadostni količini, ki bi opravičila stroške razvoja in investicije.