

# Vastagréteg technológiával készült mikrohullámú szalagvonalas áramkörök vizsgálata

1 Z S Á K T E R É Z  
Híradástechnikai Ipari  
Kutató Intézet  
L U K Á C S G Y Ö R G Y  
KKVMF Híradásipari  
Intézet

A mikrohullámú technikában az utóbbi időben egyre elterjedtebben alkalmazzák a szalagvonalas (strip-line) áramköröket. Alkalmazásukat elsősorban gazdaságossági szempontok indokolják; használatukkal jelentős forgácsolási munka takarítható meg. A szalagvonalas áramkörök előnyei:

Mikroelektronikai technológiai módszerekkel állíthatók elő.

Méreteik számottevően csökkennek a hagyományos (hullámvezetőket alkalmazó) áramkörökhöz képest.

Hibridáramkörök létrehozására alkalmasak.

A hibridáramköri technikával való kapcsolata miatt elsősorban az ún. aszimmetrikus szalagvonalas rendszerekkel foglalkozunk. Ez azért előnyös, mert a koncentrált paraméterű elemek mind chip, mind tokozott formában közvetlenül beépíthetők. A szalagvonalas nagyfrekvenciás rendszereket mind vékonyréteg, mind vastagréteg eljárással meg lehet valósítani. Az utóbbi időben megjelent pasztatípusok lehetővé teszik olyan nagyfrekvenciás vastagréteg áramkörök előállítását, amelyek minőségileg összemérhetőek a vékonyréteg technológiával készütekkel.

A vékony- és vastagréteg áramkörök gyártási technológiája

Mind a vékony-, mind a vastagrétegmintákhoz American Lava 772 típusú nagy tisztaságú alumínium-oxid kerámialapkákat használtunk. Az összehasonlítás céljából szolgáló vékonyrétegmintáknál a következő rétegrendszer alkalmaztuk:

- porlasztott tantálnitrid,
- párologtatott titán,
- párologtatott nikkel-króm,
- párologtatott arany,
- galván arany.

A Ta<sub>2</sub>N-réteget katódporlasztással 1000 Å-ös rétegvastagságban állítottuk elő. Ez a réteg jó alapot biztosít a kontaktusréteg számára.

Az 500 Å-ös rétegvastagságban előállított Ti-réteg átmenetet képez a Ta<sub>2</sub>N és NiCr-rétegek között. Megfelelő tapadással rendelkezik mindkét fémhez,

így azok egymáshoz való gyenge tapadását javítja. Szelektíven fotolitografálható.

A NiCr-réteget 300 Å-ös vastagságban vákuumpárologtatással alakítottuk ki. Szerepe az Au-kontaktusréteg tapadásának a javítása. A NiCr réteg párologtatás a felületre egyidejűleg történik az Au-rétegével, így egy folytonos átmenet alakul ki, mely erős mechanikai kötést biztosít.

Az Au vezetőréteget vákuumpárologtatás útján alakítottuk ki, majd ablak galvanizálással 10 µm-es rétegvastagságig tovább növesztettük, a mikrohullámú veszteségek csökkentése érdekében. Az ábra kialakítását szelektív maratással végeztük.

A vastagrétegmintákhoz ESL-gyártmányú 8880 típusszámú kevert (reaktív) kötésű pasztát használtunk, mely a mai ismereteink szerint a mikrohullámú célra használható pasztaféleségek átlagos típusát képviseli. A mikrohullámú szempontból inaktív területeken palládium-arany vezetőréteget alakítottunk ki, melynek a forrasztási tulajdonságai jók. Mindezek figyelembevételével a minták készítési módszere a következő volt:

Tisztítás után először a földvezeték oldali aranyréteget nyomtattuk fel az ESL 8880-as típusú pasztára jellemző rétegvastagságban, majd a réteget 850 °C-os max. hőmérsékleten 1 órás ciklusidővel beégettük. Ezt követően nyomtattuk a felső oldalra a vonalas ábrát, majd a két aranyréteget együttesen 900 °C-on égettük. A forrasztandó felületre palládium-arany vezetőt (ESL 6835 és DP 8651) nyomtattunk fel és a rendszert 850 °C-on égettük. A minták kétféle rétegvastagsággal készültek, egy-egy mintán a rétegvastagság mindkét oldalra azonos volt. A rétegvastagság beállítását ezen kísérlet sorozatnál a szitasűrűség megválasztásával állítottuk be. Az alkalmazott szitasűrűség 200, ill. 325 mesh volt, az égetett rétegvastagság 22–25 µm, ill. 15–16 µm-nek adódott. A kizárólag nyomtatási eljárással készített minták mellett olyan változat is készült, melynél az értékes vonalat fotolitográfiai technikával alakítottuk ki egy szélesebbre nyomtatott arany ábrából. Ezt a változatot marathatóssági okokból csak 15–16 µm vastagságú rétegekre alkalmaztuk. A kísérletekben használt fotolakk Shipley 1375 volt, melyet 3–3,5 µm vastagságú rétegben vittünk fel a felületre.

Előadasként elhangzott a KKVMF VII. tudományos ülészakán

## Vastag- és vékonyréteg technológia összehasonlításának módszere

Az alapkísérleteket a vékony- és vastagréteg áramkörök összehasonlítására a felhasználási területnek megfelelően csatolt vonalszakaszokból kialakított 6 GHz-es rezonáns rendszereken végeztük. A szalagvonal csillapítási tényezőjét a vele ekvivalens távvezeték elosztott paramétereiből lehet meghatározni. Kis veszteségek feltételezésével az ohmos veszteségből származó csillapítási tényező

$$\alpha = \frac{f\pi \sqrt{\epsilon_{eff}}}{Q_u \cdot C} [N_p/fm] \quad (1)$$

ahol:  $f$  a rezonáns frekvencia,  $\epsilon_{eff}$  a struktúrától függő, a kerámia dielektromos állandójával kapcsolatban álló állandó,  $Q_u$  a saját jóságtényező,  $C$  a fénysebesség. A rezonáns rendszer paramétereinek meghatározásához a következő adatok megmérése szükséges: A rezonáns frekvencia ( $f$ ), a 3 dB-es sávzélesség ( $B$ ) és a beiktatási csillapítás ( $L$ ). Ezen mért adatok ismeretében a következő összefüggésekből határoztuk meg az összehasonlításra alkalmas paramétereket:

$$L = 20 \lg \left( 1 + \frac{Q_e}{2Q_u} \right) \text{ db}, \quad (2)$$

$$Q_L = \frac{f}{B} \quad (3)$$

$$\frac{1}{Q_L} = \frac{1}{Q_u} + \frac{2}{Q_e} \quad (4)$$

ahol:  $Q_L$  a terhelt jósági tényező,  $Q_e$  a külső jóságtényező. A vizsgálandó áramköröket 6 GHz körüli frekvenciára terveztük kerámia alapon ( $\epsilon_r = 9,8$ ). A szűrőstruktúrát egy 1"×2" méretű lapkára helyeztük el.

### A mérési eredmények értékelése

A mérések alapján az összehasonlításra alkalmas paramétereket kiszámítottuk. Az összehasonlítás a következő eredményt adta.

1. A sávközépi frekvenciák eltérése egymástól kb. 1%; ez nem jellemző. A vonal hossza (amely az  $f_0$  frekvenciát meghatározza) a technológiák mindegyikével kellő pontossággal beállítható.

2. A sávzélességek és ezzel együtt a terhelt jósági tényezők között nincs lényeges különbség.

3. A beiktatási csillapítás lényeges eltéréseket mutat. A legkisebb a vékonyréteg technikával készült áramköröknél, közel áll ehhez a fotolitografált vastagrétegminta és lényegesen, de kb. egyformán rosszabb a kétfajta „nyomatott” vastagréteg áramkör.

4. A saját jósági tényező értékek hasonló sort alkottak. Ez a mutató áll közvetlen kapcsolatban a veszteségekkel, mivel a saját jósági tényező a tárolt mágneses és villamos térenergia és a veszteségi energia hányadosa.

5. A külső jósági tényező változik, mivel a különböző technológiával készült minták résmérete is változó. Nagy résmérethez nagy jósági tényező tartozik. Azol nagy a külső jósági tényező, ott aránylag kicsi a saját jósági tényező és fordítva. Így érthető, hogy miért közelítően azonos a minták terhelt jósági tényezője.

6. Az  $\alpha$  csillapítási tényező értéke — mint az várható — a vékonyréteg technikával készült mintáknál a legkisebb (ezt tekintjük 100%-nak), a vastagréteg technikával készült és fotolitografált minták nem sokkal nagyobb veszteségűek (112%), a másik két mintacsoport veszteségeinek átlaga nagyobb, és azonosnak tekinthető (139%, ill. 140%).

### Következtetések

A vékonyréteg technológia kiváltása szitanyomtatott vastagréteg technológiával egyszerűbb gyártást eredményez, alkalmazása azonban olyan esetekben célszerű, ahol a követelményeket viszonylag egyszerűen ki lehet elégíteni. Ilyen áramkörök például a következők: iránycsatolók (csatolt és keresztágas), hibridek, nagyfrekvenciás áramkörök alaplemeze, sokszorozók alaplemeze — beleértve a kimeneti és bemeneti illesztést —, valamint a kimeneti kétüreges kb. 5–10% sávzélességű szűrőt, interdigitális szűrők, alul- és felüláteresztő szűrők (nincs csatolt vonal). Ezek olyan áramkörök, amelyeknél nincs vékony réssel csatolt vonal, ahol tehát az alamarás és egyéb problémák miatt a méretek gyártási szórása kevésbé lényeges. Ezen esetekben a vastagréteg technológia lényegesen gazdaságosabb. Egy tipikus vákuumberendezés 8 óra alatt kb. 100 db hordozó bevonására alkalmas, e művelet után azonban a hordozókat még fotolitografálni, galvanikusan vastagítani és maratni kell. Ugyanakkor a vastagréteg technikával egy 8 órás ciklusban 250–500 db hordozó is előállítható. Rétegtechnikai oldalról megvizsgálva a különböző technológiák költségalkulását, a vastagréteg technika alkalmazása 30%-kal gazdaságosabbnak bizonyul, szemben a vékonyréteg technikával.

### IRODALOM

- [1] Európai Hibrid Mikroelektronika Konferencia anyaga, 1977. Bad Homburg.
- [2] Vendelin: High-Dielectric Substrates for Microwave Integrated Circuits, IEEE MTT—15 Dec. 1967.
- [3] Matthei, Young, Jones: Microwave Filter, Impedance Matching, Net-works Coupling Structures. New York, McGraw-Hill Book Co. 1964.