

Mikroáramköri félvezető kerámia chip alkatrészek

ETO 621.316.825.4+621.382.2.011.4

A félvezető kerámia alkatrészek műszaki és gazdaságossági jelentősége abból ered, hogy segítségükkel egyszerű felépítésű feszültségfüggő vagy hőmérséklettől függő áramköröket, ill. nagy fajlagos kapacitású kondenzátorokat tudunk készíteni. Ezeket a tulajdonságokat chip kivitelű alkatrészekkel mikroáramkörökben is hasznosíthatjuk. A korszerű mikroáramkörök igényeinek megfelelő chip alkatrészeket a híradástechnikai kerámiai ipar mai technológiai módszereivel egyszerűen és gazdaságosan lehet nagy sorozatban is gyártani.

A mikroáramköri technológia egyre szélesebb körű térhódításával egy időben számolni kell azzal, hogy az alkatrészváltások meghatározásában fokozódó súllyal jelentkeznek a gazdaságossági kérdések is. A félvezető kerámia chip alkatrészekkel megvalósított áramköri megoldások, éppen egyszerűségük miatt, a leg gazdaságosabb megoldások közé tartoznak.

A félvezető kerámia alkatrészek mikroáramköri alkalmazásánál a legfőbb aggályt az elemek stabilitásának kérdése okozza. Az alkatrészek elektromos paraméterei tűrésszámjainak szűkítése is szerepel az igények között. Ennek elbírálásakor azonban a gyártási, illetve áramköri megfontolások mellett gazdaságossági szempontokat is mérlegelni kell.

Közismert tény, hogy a szokásos mikroáramköri technológiákkal csak viszonylag kis értékű kondenzátorokat lehet előállítani. Hasonlóan szűk határok között mozog a hőmérséklettől függő NTK termisztorok ellenállásának értéke és hőmérsékleti tényezője is, nem beszélve az utóbbi két paraméter egymástól független variációjának lehetőségeiről. Fejlesztés alatt álló félvezető kerámia chip alkatrészeinkkel ezeket a hiányokat igyekszünk pótolni. Jelenleg két termékcsoporthoz: a záróréteg kondenzátor és az NTK termisztor típusválasztékát bővítjük chip elemekkel.

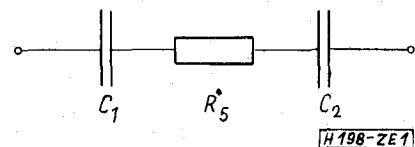
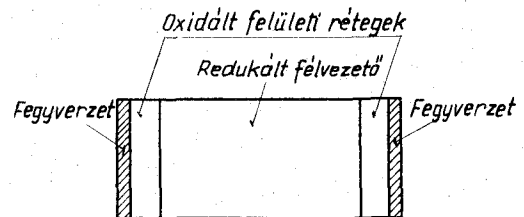
Chip záróréteg kondenzátorok

A záróréteg kondenzátorok gyártástechnológiája és szerkezeti felépítése különlegesen alkalmas olcsó, mérsékelt névleges feszültségű, de nagy fajlagos kapacitású kondenzátorok előállítására [1, 2].

A záróréteg kondenzátor redukált félvezető kerámia anyagból készül, amelynek felületén a fegyverzetet alkotó fém beégetésével egy folyamatban oxidált felületi réteget hozunk létre. Az alkatrész szerkezeti felépítését az 1. ábrán mutatjuk be. A kerámia két homlokfelületén kialakított kondenzátorok között félvezető kerámia réteg van. A struktúra leegyszerűsített helyettesítő képe tehát: ellenálláson keresztül sorbakapcsolt két kondenzátor.

A konkrétan megvalósított záróréteg chip kondenzátorok tulajdonságait leghatározottabban a hasonló méretű és kivitelű egyéb kerámia chip kondenzátor-típusokkal összevetve értékelhetjük. Az összehasonlító adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

Láthatjuk, hogy a záróréteg chip kondenzátorral megvalósítható kapacitás-értékeket még nagy dielektromos állandójú, $\epsilon=10000$ -es kerámiából is csak monolit technológiával lehet előállítani. A két termék fő műszaki jellemzőinek és árának összehasonlítása reális alapot ad a műszaki követelmények és a gazdaságossági szempontok mérlegelésére.



1. ábra. Záróréteg kondenzátorok szerkezeti felépítése és egyszerűsített helyettesítő képe

A záróréteg chip kondenzátorok az egyéb kerámiai chip kondenzátortípusokhoz hasonlóan két végükön forrasztható fegyverzettel készülnek, forrasztó-lakk bevonattal.

Eddigi munkák során 3 V és 30 V közötti névleges feszültségű záróréteg kondenzátorokat állítottunk elő. A termék továbbfejlesztése a névleges feszültség növelésére irányult. Irodalmi adatok 50–100 V névleges feszültségű termékekről is tájékoztatnak [3].

A 2. táblázatban bemutatjuk a 16 V névleges feszültségű sorozatunk tájékoztató adatait.

Az 1. ábrán szemléltetett szerkezeti felépítés alapján nyilvánvaló, hogy a záróréteg kondenzátort alkotó kerámia test vastagsági méretének bizonyos határok között nincs döntő hatása a felületen kialakított kondenzátorok kapacitásának értékére. Ezért a chip záróréteg kondenzátorok vastagsági méretét elsősorban technológiai tényezők szabják meg. A termékcsoporthoz méretek még nem véglegesek. További méretek kialakításánál, illetőleg az esetleges méretváltoztatásoknál a termék egyszerűsége miatt nem jelent nehézséget a felhasználók igényeinek kielégítése.

Néhány különböző chip kondenzátorlípás jellemző adatai (3,5 × 3,5 mm)

	Záróréteg	I. típus (N 759)		II. típus (T 10000)	
		fólia	monolit	fólia	monolit
Vastagság, mm	1,0	0,7	1,2	0,2	1,2
Kapacitás, pF	10 000	10	51—180	3 000	6800...4700
Névl. feszültség, V	16	63	63	63	63
Szig. ellenállás, M ohm	≥ 10	≥ 10 ⁴	≥ 10 ⁴	≥ 5·10 ³	≥ 5·10 ³
Vesztességi tényező, tg δ [10 ⁻⁴]	≤ 500 (1 kHz)	≤ 20	≤ 20	≤ 350	≤ 350
Üzemi hőm. tartomány: °C	-25/+85	-55/+125	-55/+125	-25/+85	-25/+85
Várható ár kb. Ft/db	1...2	4...6	10...20	4...6	10...20

2. táblázat

Záróréteg chip kondenzátorok ideiglenes adattáblája

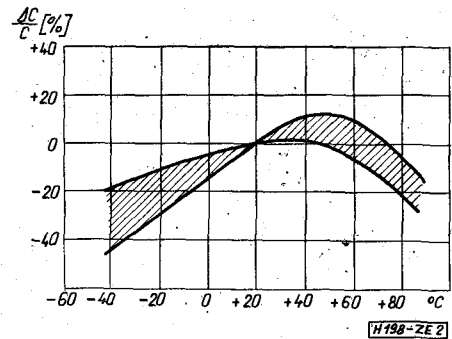
Lapméret mm	Fegyverzetek távolsága mm	Kapacitás nF	Vesztességi tényező 1 kHz-en tg δ	Szig.ellenállás 16 V-on Mohm
2,0 × 2,0	min 0,3	3,3	≤ 500·10 ⁻⁴	≥ 10
3,5 × 3,5	min 0,3	10	≤ 500·10 ⁻⁴	≥ 10
6,0 × 6,0	min 0,3	33	≤ 500·10 ⁻⁴	≥ 10
8,0 × 8,0	min 0,3	47...68	≤ 500·10 ⁻⁴	≥ 10

Lapok vastagsága: 0,5...1 mm

Az alkatrész szerkezeti felépítéséből közvetlenül láthatjuk az elem felhasználásával elérhető előnyöket és alkalmazásának korlátait is.

A záróréteg kondenzátor fajlagos kapacitásának és névleges feszültségének nagyságát döntően az oxidációs folyamatban létrehozott felületi réteg tulajdonságai szabják meg. A két paraméter nagysága között azonos technológiával előállított elemeknél egyértelmű összefüggés van. A kisebb üzemi feszültségű példányok fajlagos kapacitásértéke nagyobb. A két mennyiség közötti számszerű kapcsolatot leegyszerűsítve úgy közelíthetjük, hogy kétszeresre növelt névleges feszültség esetén az azonos felületű kondenzátor névleges kapacitása az IEC E6-os értéksorban egy értékkel csökken. Ebből a tényből ered a termék egyik leggazdaságosabban hasznosítható előnye, az a lehetőség, hogy a névleges kapacitás és névleges feszültség optimális variáns párját egyszerű technológiai módosítással rugalmasan illeszthetjük az áramkör követelményeihez.

A termék műszaki jellemzői közül külön ki kell emelnünk a kapacitás hőmérsékletfüggésének alakulását. A 2. ábrán megadott legegységesebben láthatjuk, hogy a záróréteg kondenzátorok TK_C görbéje az $\epsilon = 2000$ és az $\epsilon = 10000$ dielektromos állandójú anyagokra jellemző görbék közé eső sávban helyezkedik el, és maximuma sokkal laposabb, mint az $\epsilon = 10000$ dielektrikumokra jellemző görbéé. A kapacitás hőmérsékletfüggése tehát a fajlagos kapacitás értékével összevetve nagyon előnyös.



2. ábra. Záróréteg kondenzátorok kapacitásának hőmérsékletfüggése

Az alkatrész használhatóságának korlátait elsősorban a kapacitás és a veszteségi szög frekvenciafüggése szabja meg. A terméket legelőnyösebben a hang- és rádiófrekvenciás sávban használhatjuk fel. A frekvenciamenet pontos alakulása több tényezőtől függ. A görbe durva közelítésben úgy alakul, hogy a kapacitás 50 kHz-ig dakadonként kb. 5%-kal csökken. Ugyanebben a frekvenciatartományban a veszteségi szög tangense dakadonként közelítőleg 1,5-szeresre növekszik. 1 MHz fölött a paraméterek rohamosan romlanak.

Ez a frekvenciamenet a világpiacon ismert katalogizált termékekre jellemző. A szakirodalomban azonban már a GHz-es tartományig működőképes záróréteg kondenzátorokról is jelent meg közlemény [4].

A termék félvezető tulajdonsága az alkatrész kapacitásának feszültségfüggésében is jelentkezik. A mérőfeszültség növekedésével a kapacitás értéke csökken. A túrésisávna megfelelő érték válogatását a névleges feszültségen kell elvégezni, ehhez viszonyítva tehát a kapacitás értéke a feszültség csökkenésével nő, mégpedig a névleges feszültség 50%-ánál kb. 20%-kal, a névleges feszültség 20%-ánál kb. 30%-kal nagyobb kapacitás-értékekkel kell számolni.

A záróréteg chip kondenzátorok élettartam-vizsgálatára még nem állt elegendő idő rendelkezésünkre. A diszkrét elemként előállított záróréteg kondenzátoraink élettartam-vizsgálatát az IEC előírások

szerint végezzük. A háromezer órás vizsgálat eredménye szerint a termék stabilitása megfelel a II. típusú dielektrikumból készült kerámia kondenzátorok stabilitásának.

A zárórteggel chip kondenzátort tehát elsősorban a kis- és közepes frekvenciákon alkalmazhatjuk olyan áramkörökben, melyekben nagy fajlagos kapacitású, közepes névleges feszültségű kondenzátorra van szükség, tehát tranzisztoros áramkörökben, hangfrekvenciás csatoló vagy hidegítő, ill. rádiófrekvenciás hidegítő kondenzátorként. Előnyös a termék kapacitásának hőfokfüggése is. Ez nem csak az egyes elemek közvetlen áramköri működése szempontjából jelentős, hanem döntő tényező a túrésisáv szigorításának műszaki megalapozására is. A termék ára kb. tizedrésze a hasonló kapacitású monolit chip kondenzátor árának. Ez a tény főként a nagyobb sorozatban gyártott, műszakilag mérsékelt igényes áramkörökben válik jelentőssé.

Chip NTK termisztorok

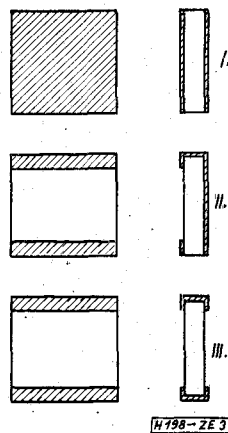
A hőmérsékletre érzékeny áramköri elemek hőmérsékletkompenzálására mikroáramkörökben is a leg egyszerűbb és legolcsóbb megoldások egyike az NTK termisztort tartalmazó kapcsolás. Mikroáramköri alkalmazás céljára a chip kivitelű elem műszaki jellemzői messze felülmúlják a vastagréteg technológiával előállítható NTK termisztor tulajdonságait. Utóbbiak hőmérsékleti tényezője 0,5...1%/C° között van, tehát durván ötödrésze a normál diszkrét elemek hőmérsékleti tényezőjének. A kereskedelmi ajánlatokból ismert NTK termisztorpasztákkal megvalósítható ellenállástartomány 10³...10⁶ ohm/□, tehát a kohm alatti ellenállásértékeket csak kedvezőtlen geometriai kivitelben lehet előállítani.

Az NTK termisztorpasztákból előállított elemek normál gyártási szórása a prospektusok adatai szerint 20...25% [5].

A chip kivitelű NTK termisztorok már ismert világszerte termékek [6]. A hazai fejlesztés elsősorban NTK termisztoraink stabilitásának növelésére irányult. A 0,9 P_{max} illetve 0,9 T_{max} terheléssel végzett élettartam-vizsgálatok tanúsága szerint megfelelően öregített tárcsatermisztorok ellenállásváltozása az 1-2%/1000 óra értéket nem haladja meg [7]. Mikroáramkörökben általában ennél mérsékeltőbb az igénybevétel, tehát nagyobb stabilitással számolhatunk (<1%/1000 óra).

A Meyer-Neldel-összefüggés szerint [8] azonos anyagrendszeren belül az anyag fajlagos ellenállása és az energiaállandó értéke között szoros összefüggés van. Ez az összefüggés alapvetően korlátozza adott méretű és kivitelű NTK termisztor ellenállásának és B értékének egymástól független variálását. A chip kivitel ebben a vonatkozásban a diszkrét típusoknál nagyobb variációs lehetőséget biztosít, mert a kontaktusfelületek elrendezését a szerelvényezés módja kevésbé köti meg.

A 3. ábrán szemléltetett háromféle kontaktus-elrendezés lehetőséget ad arra, hogy azonos fajlagos ellenállású, tehát azonos hőfoktényezőjű anyagból készült 4×4×0,4 mm-es chip elemek ellenállását



3. ábra. Kontaktusfelületek elrendezése chip NTK termisztorokon

1:3:30 arányok között tudjuk tervszerűen befolyásolni.

Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy az említett méretű chip NTK termisztorokat, meglevő masszaválasztékunkból, 4,7 ohm és 1 Mohm között tetszőleges ellenállás-értékkel elő tudjuk állítani. Ezen belül a 100 ohm és 100 kohm közötti tartományban a kivitel és az alapanyag megfelelő megválasztásával az egyidejűleg megvalósított ellenállás és hőmérsékleti tényező értékek variációjára is mód van.

Fejlesztési célkitűzésünk az 1,5×3, 3×3, 4×4 és 3×5 mm-es méretség megvalósítása. A méretség soron belül a végleges termékválaszték természetesen az IEC értéksoroknak megfelelő névértékű típusokat fog tartalmazni. Az egyes típusok tervezett normál értéktűrése: ±10%. Megfelelő igények esetén ezen belül megvalósítható a szűkebb túrésisávok változtatása is. A termék ózozott kontaktusfelületekkel, forrasztólakk bevonattal készül.

A végtermék ellenállását az alapanyag fajlagos ellenállásán és a kontaktusfelületek elrendezésén kívül a chip elem geometriai mérete is befolyásolja. Például adott alapanyagból előállított, mindkét lapján ezüstözött chip NTK termisztorok ellenállása és az elem geometriai mérete között az alábbi összefüggés van:

3×3×0,4 mm-es chip ellenállása	1400 ohm,
4×4×0,4 mm-es chip ellenállása	800 ohm,
3×5×0,4 mm-es chip ellenállása	850 ohm.

Az alkatrész disszipációs tényezőjének és időállandójának értéke a chip elem mérete mellett döntően függ az elem beépítésének módjától is. Tájékoztató adatként megemlítjük, hogy a kontaktusfelületre forrasztott Ø 0,03×40 mm-es kivezetővei szerelt, forrasztólakkal bevont chip NTK termisztorok disszipációs tényezője (a 4×4×0,4-es chip NTK termisztort mint diszkrét elemet mérve) kb. 3 mW/C°, időállandója kb. 12 s. Alumíniumoxid hordozóra felerősített daraboknál mindkét jellemző értéknövekedésével kell számolnunk.

A chip kivitelben tehát mikroáramköri beépítésre alkalmas, a diszkrét elemmel egyenértékű NTK termisztort tudunk mikroáramköri tervezők rendelkezésére bocsátani.

A chip NTK termisztorok ellenállás-hőmérséklet jelleggörbáját soros és párhuzamos ohmos ellenállásokkal ugyanúgy lehet módosítani, illetve az áramkör igényeinek megfelelően illeszteni, mint a diszkrét alkatrészekét.

I R O D A L O M

- [1] *Cirkler, W.—Löbl, H.:* Keramische Sperrschichtkondensatoren. Siemens Z., 36, 476—482, 1962.
- [2] *Duboisson, J.—Basseville, R.:* Surface reoxidation phenomena in certain ceramics with a nonstoichiometric perovskite structure. Mat. Sci. Res. Vol. 3. (ed. KREIGEL, W.—PALMOUR, H.) pp. 77—98
- [3] *Ruckert, H. F.:* Development of red-cap capacitors. Component Techn. 3, 14—17, 1968.
- [4] *Waku, S.—Uchidate, M.—Kiuchi, K.:* (BaSr)TiO₃ boundary layer ceramic dielectrics. Development of BL (boundary layer) capacitor for submarine coaxial cable repeater. Rev. Elecnc. Commun. Lab., 18, 681—693, 1970.
- [5] ELECTRO SCIENCE LABORATORIES, Thermistor glaze compositions NTC 2400 Series
- [6] „CARBARUNDUM” Technical Bulletin (Sz. nélkül)
- [7] *Zombory E.:* Tárcsatermisztorok stabilitásvizsgálatának újabb eredményei. Elektrokéramiai Közlemények, 1971. (8. sz.) pp. 25—28
- [8] *Meyer, W.—Neldel, H.:* Über die Beziehungen zwischen der Energiekonstanten und der Mengekonstanten in der Leitwerttemperaturformel bei oxydischen Halbleitern. Z. techn. Physik, 18, 588—593, 1937.