

Interrétegek vizsgálata pásztázó elektronmikroszkóppal

GÁBOR ZSOLT

BME - KFKI Kísérleti Fizika Tanszék

MÁDL KATALIN

Mikroelektronikai Vállalat

ÖSSZEFOGLALÁS

Az integrált áramkört technológiában a méretek folyamatos csökkenésével a többszintű fémek alkalmazása egyre nélkülözhetetlenebbé válik. Az interrétegek - melyek az egyes fémszinteket szigetelik el egymástól - túlyukasságuk és lépcsőfedésük szempontjából jól minősíthetők pásztázó elektronmikroszkóp segítségével.

Kísérleteink során különböző szigetelőrétegeket választottunk le és hasonlítottunk össze a fenti tulajdonságok alapján, s arra kerestük a választ, hogy hazai körülmények között melyek a legalkalmasabbak interrétégeként való felhasználásra.

Bevezetés

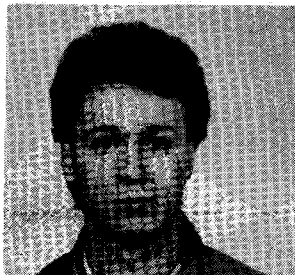
A félvezetőiparban az integráltsági fok növelése alapvető cél. E folyamat napjainkban olyan tartományba ér, melyben a technológiával szembeni követelmények több szempontból megváltoznak. A VLSI rendszerek már többek között igénylik az Al és poli-Si fémzőrendszerek kiváltását, többszintű fémstruktúrák megjelenését. Az interrétegek ezen többszintű struktúrák köztes szigetelőrétegei.

A többszintű fémzés alkalmazásának célja az, hogy tovább csökkenjen az összekötő fémrendszerek felületigénye, s az egyes integrált áramkörti elemek összekötése optimálisabban legyen megoldható.

A pásztázó elektronmikroszkóp /SEM/ a félvezetőipar egyik alapvető, nélkülözhetetlen vizsgálati eszköze. Segítségével jól és szemléletesen vizsgálhatók a minősíteni kívánt interrétegek is. Értékes információkat szolgáltat e rétegek túlyukasságáról és lépcsőfedéséről, mely tulajdonságok a többes struktúra elektromos jellemzőit (átütési szilárdság, szivárgás) döntően befolyásolják.

Az interrétegek elektronmikroszkópos vizsgálata - szemléletessége folytán - különösen a nyolcvanas évek elején és közepén kapott nagy hangsúlyt - abban az időben az interrétegek lépcsőfedése és túlyukassága aktuális probléma volt -, de még napjainkban is új típusú interrétegek kipróbálásakor, minősítésekor e vizsgálatok fontos szerephez jutnak.

Munkánk során arra kerestük a választ, hogy az általunk leválasztott szigetelőrétegek közül melyek alkalmasak az interrétégeként való felhasználásra.



GÁBOR ZSOLT

1989-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Mikroelektronika és Technológia szakán. Az egyetemi évek alatt demonstrátorként dolgozott az Elektronikus Eszközök Tanszéken. Jelenleg a BME-KFKI Kísérleti Fizika Tanszéken MTA TMB ösztöndíjas. A HTE tagja.



MÁDL KATALIN

A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet. Kezdetben a HIKI-ben, majd annak jogutódjánál, a MEV-nél mint fejlesztőmérnök folytatta munkáját. Fő érdeklődési területe a Pásztázó Elektronmikroszkópia, ill. ennek segítségével végzett hibaanalízis.

Technológiai kísérletek és vizsgálati eljárások

A kísérleti munkát a Mikroelektronikai Vállalatnál végeztük, ahol a következő interrétegek leválasztására és összehasonlító analizésére került sor: LPCVD szilíciumoxid /PSG/, PECVD szilíciumoxid, PECVD szilíciumnitrid. Az interrétegek leválasztásának technológiai paramétereit az 1. táblázat mutatja.

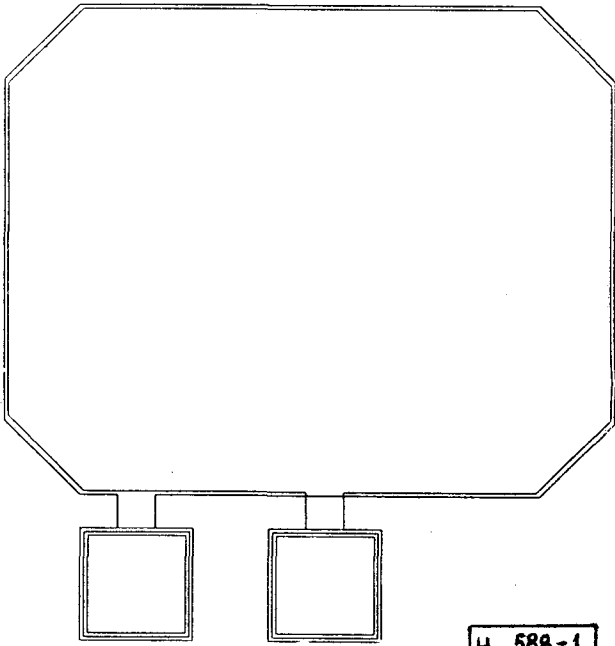
A tesztstruktúrákat a MEV "SARY TEST" nevű tesztchip-maszkjainak segítségével alakítottuk ki termikusan oxidált Si szeleteken. A tesztchip vizsgálatainkhoz felhasznált ábrái a következők voltak:

- kondenzátor struktúra, melyen a réteg elektromos paramétereinek mérése és túlyukasságának a SEM általi vizsgálata végezhető el; (1. ábra)
- két egymásra merőleges, különböző fémszinteken futó fémmeandert adó struktúra, melyen az interrétegek lépcsőfedésének és planarizálóképességének SEM vizsgálata hajtható végre. (2. ábra)

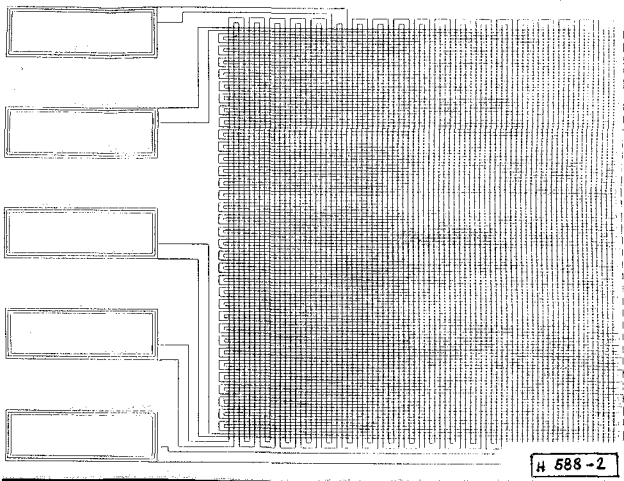
1. táblázat

Leválasztott szigetelők	Reagens gázok	T [°C]	p [mtorr]	Leválasztás ideje [perc]	P _a [W]
LPCVD oxid	SiH ₄ , O ₂	433	168	2x60	-
PECVD oxid	SiH ₄ , N ₂ O	320	1018	35	200
PECVD nitrid	SiH ₄ , NH ₃	380	1529	45	200

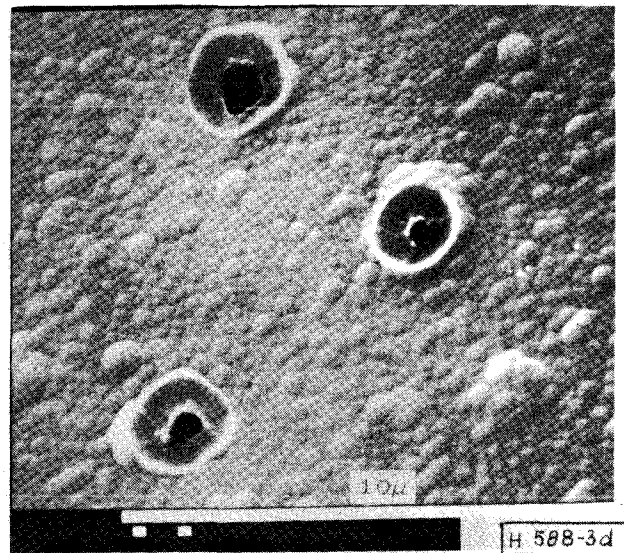
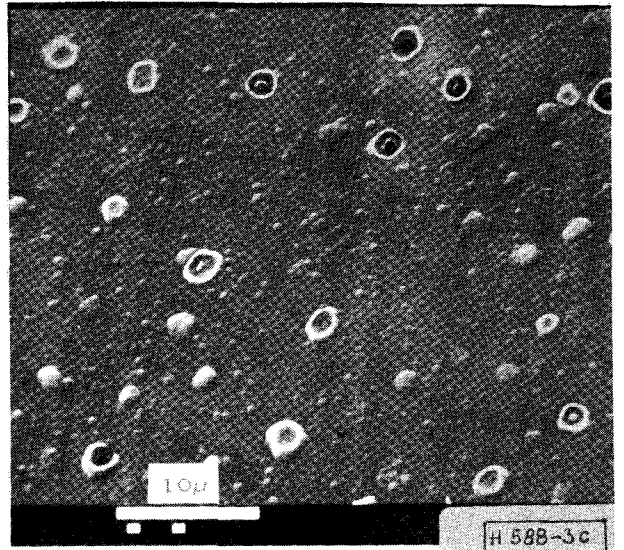
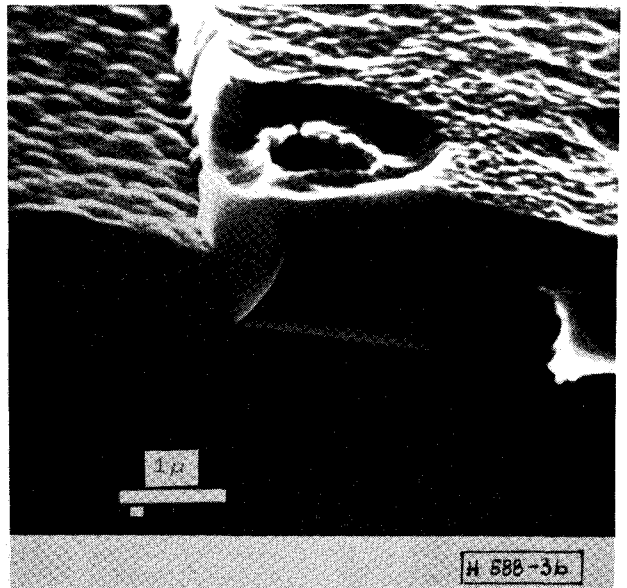
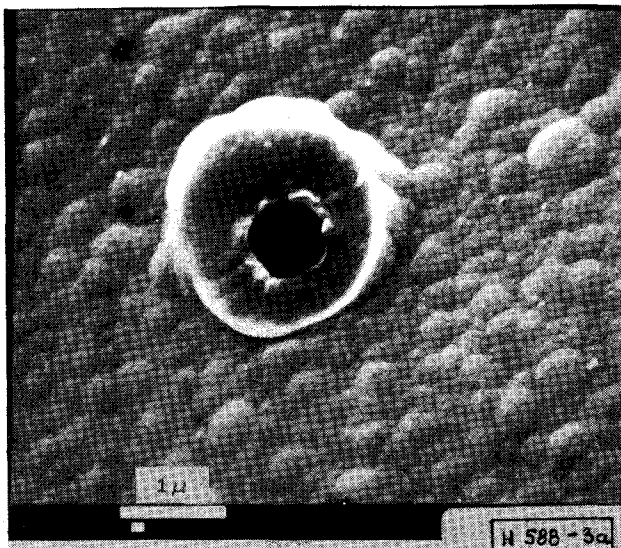
Beérkezett: 1990. II. 5.



1. ábra. Kondenzátor struktúra layout-ja



2. ábra. Mécóleges fémcander struktúra layout-ja



3. ábra. Plazmás nitrid szigetelőréteg felülete a felső fémszint lemarása után
(3b; metszet; 3c, 3d, 3a: nézet növekvő nagytítási sorrendben)

A SEM vizsgálatokat megelőzően a mintákat preparálni kellett. A túlyukasság vizsgálatához elegendő volt a felső fémszint lemarása, így a kondenzátor-struktúra interrétége szabaddá, pásztázó elektronmikroszkóppal jól megfigyelhetővé vált. Mivel a rétegek lépcsőfedését is vizsgálni kívántuk, ezért ehhez megfelelő struktúrametszeteket is létre kellett hozni, amit úgy kaptunk, hogy a két egymásra merőleges fémmeandert tartalmazó struktúrát az alsó fémcsíkokra merőlegesen metsztük el.

Kísérleti eredmények és azok értékelése

A szigetelőrétegeket először elektromos tulajdonságaik alapján minősítettük, mérési eredményeinket a 2. táblázat mutatja. A nitridrétegnél tapasztalt nagyon magas szivárgásérték a réteg jelentős mértékű túlyukasságára engedett következtetni. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok igazolták ezt a feltételezést (3. ábra). Az oxidok túlyuksűrűsége viszont alacsony volt (a vizsgált felületen nem is találtunk lyukakat).

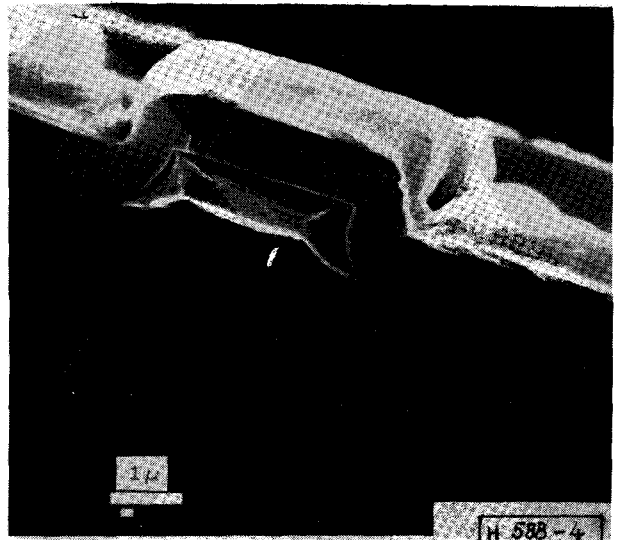
2. táblázat

Leválasztott szigetelők	Átütési szilárdság [10^6 V/cm]		Szivárgás 30-V-nál	Dielektromos állandó	
	saját mérés	irod. adat		saját mérés	irod. adat
LPCVD oxid	1,9-2,25	8-10	<1 nA	4,47	4,2
PECVD oxid	1,1-1,8	3-6	<1 nA	5,47	4-5
PECVD nitrid	-	3-6	több mA	-	6-8

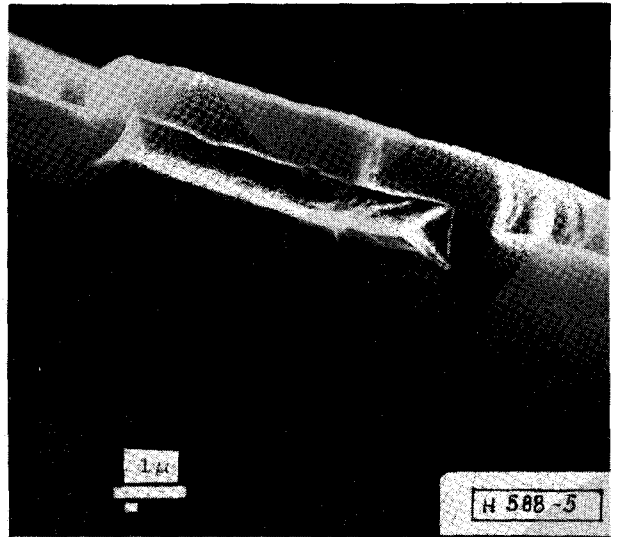
Az irodalom idevonatkozó adataiból ellenben az tűnik ki, hogy a nitridrétegek túlyukassága ritkább, bár azok az adatok optimalizált körülmények között végrehajtott leválasztások és marások eredményei. [1, 3]

Felmerült a kérdés, vajon egyedi jelenség volt-e a leválasztott nitridréteg túlyukassága? A további vizsgálatok azt mutatták, hogy sem az áramkörök passziválására jelenleg is használt vékonyabb (kb. 0,5 μ m-es), sem pedig a minősíteni kívánt nitridréteggel közel azonos vastagságban leválasztott (kb. 1 μ m-es) passziváló PECVD nitridbevonatok a marás előtt nem voltak lyukak. A marás után a vastagabb rétegeknél szintén előfordultak az említett túlyukák.

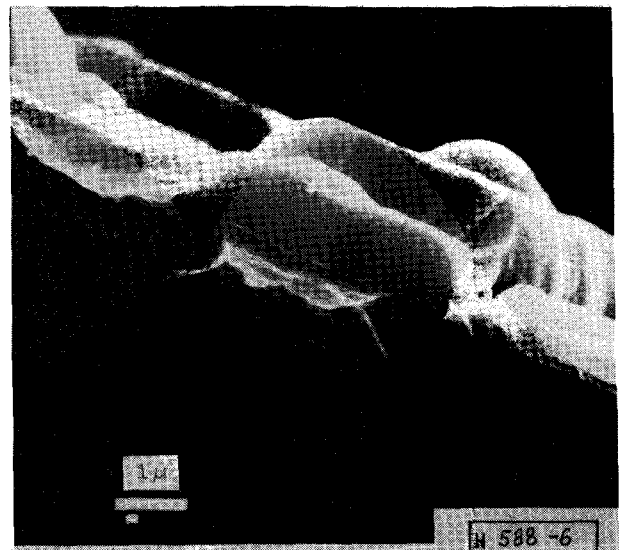
Az elektronmikroszkópos vizsgálatok alapján megállapítottuk továbbá, hogy az alkalmazott interrétégek lépcsőfedése közel egyforma. A plazmás oxidé gyakorlatilag konformális (4. ábra), s a plazmás nitrid (5. ábra) és az LPCVD oxid (6. ábra) elvékonyodása is csekély mértékű a lépcsők oldalfalain. Az interrétégek lépcsőfedésére tett megállapításunk csak az általunk kialakított kb. 1 μ m-es lépcsőkre igaz, vertikálisan nagyobb méretekké rendelkező struktúrákra a vizsgálatot újra el kell végezni. Ezt támasztják alá az irodalom adatai is, melyek szerint ezen interrétégek lépcsőfedése hasonló magasságú lépcsők esetén konformális, míg nagyobb magasságú lépcsőkre ez már nem jellemző. [1, 2]



4. ábra. Plazmás oxid interrétég lépcsőfedése



5. ábra. Plazmás nitrid interrétég lépcsőfedése



6. ábra. LPCVD oxid (PSG) interrétég lépcsőfedése

Az elektromos paraméterek mérése során az oxidok esetében tapasztalt, az irodalmi értékektől elmaradó átütési szilárdság adatok, s az azt meghaladó dielektromos állandó értékek az általunk leválasztott rétegek erősen pórusos szerkezetével indokolhatók. [1, 4]

A nitridrétegbeli túlyukképződés azzal magyarázható, hogy a fűzsmamarási technológia optimalizálása nélkül ilyen vastag nitridrétegek megfelelő minőségben nem állíthatók elő.

Összefoglalva eredményeinket azt mondhatjuk, hogy a vizsgált három interréteg anyag közül kettő (PECVD oxid, LPCVD oxid) egyaránt alkalmas lehet kétszintű fémezés interrétegének, s ha a plazmás nitrid maratás során fellépő túlyukasságát sikerül stabilan elhanyagolható mértékűre szorítani, akkor mind a három.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti a MEV technológiai részlegének dolgozóit a kísérletek végrehajtásában nyújtott segítségükért, valamint dr. Kormány Terézt, aki tanácsaival munkánkat mindvégig segítette.

IRODALOM

- [1] A. D. Adams, in "VLSI Technology", ed. S.M. Sze, McGraw-Hill, 1983, p. 93-129
- [2] D. Pramanik, "CVD Dielectric Films for VLSI", Semiconductor International, 1988 jun., p. 94-99
- [3] B. Mattson, "CVD Films for Interlayer Dielectrics", Solid State Technology, 1980 jan., p. 60-64
- [4] A. C. Adams, "Plasma Deposition of Inorganic Films", Solid State Technology, 1983 apr., p. 135-139