

НАДЕЖДНОСТЕН АНАЛИЗ НА РСВ ПРИ ЕЛЕКТРОХИМИЧНА МИГРАЦИЯ

Николай Стефанов Йорданов, Наташа Георгиева Атанасова,
Анна Стойнова Андонова, Димитър Григоров Димитров

Технически университет –София
Телефон 02 965 3263, E-mail ava@ecad.vmei.acad.bg

Jordanov N.St., N.G.Atanasova, A.S.Andonova, D.G.Dimitrov, Processing induced material interactions determining the reliability of PCB. The micro miniaturization in the microelectronics reaches to a level where the physical and the chemical properties of the solid depend on his geometric size. However the structure of constructive elements is essentially heterogeneous in consequence of the non-uniformity of physico-chemical processes when it is formed. Namely the structure predetermines the degradation and failures of the devices when operate.

In this paper the electrochemical migration of silver with the help of test structures that are constructed for this objective is investigated.

1. ВЪВЕДЕНИЕ.

Среброто поради редица негови предимства е един от основните метали използвани за реализиране на проводящи системи в микроелектрониката. Но наред с това е известно, че среброто е първия метал, за който е наблюдавано явлението електромиграция.

С повишаване на степента на интеграция в РСВ системите, електромиграцията в тънкослойните и дебелослойните проводници се е утвърдила като една от основните причини за техните откази.

Електромиграцията на металите се изразява в натрупвания на маса от метала върху единия от краищата на проводника, а другия край обеднява на маса, вследствие на което се образуват празни пространства, прерастващи в пукнатини и разкъсвания на проводника. По принцип посоките на движение на йоните в проводниците се определят от структурата на образеца и от типа на носителите на заряда. За среброто йоните мигрират в посока от анода към катода.

2. ЕЛЕКТРОХИМИЧНА МИГРАЦИЯ.

Най – общо при електрохимичната миграция, металът, разположен върху диелектрик, чрез йонна проводимост мигрира през тънък филм от електролит върху диелектрика и се отлага върху метала на съседния проводник. Този процес включва три етапа:

- Електроразтваряне, което най –често протича при анода

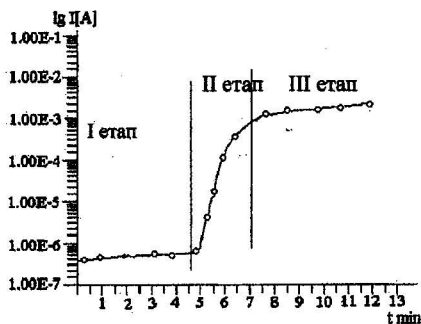
- Йонно пренасяне чрез електромиграция
- Електроотлагане.

За появата на електрохимичната миграция са необходими следните условия:

- ❖ Между мигриращите повърхности в миграционното поле трябва да има достатъчно течен електролит
- ❖ Приложеното напрежение да е по-високо от сумата на анодния и катодния потенциал
- ❖ Плътноста на тока да е висока при върха на миграционното образуване (дендрита)

Ако едно от ези условия не е изпълнено, електрохимичната миграция не настъпва. Върху този тип миграция на слоевете оказват влияние и фактори като: вид и състав на слоевете, геометрията им, вида на подложката, дебелината на слоевете и разстоянието между тях, температурата.

Класическата миграционна крива е показана на фигура 1. Тя включва три типични области δJ_1 , δJ_2 и δJ_3 , свързани с трите етапа на електроразтваряне:



Фиг. 1. Класическа миграционна крива

За да се окачествят разработените тестови структури и в следствие да се анализира надеждността им като критерий за отказ е избрана стойността на миграционния ток в третата област. Типично за нея е че токът не запазва постоянна стойност, а варира в тесни граници.

При продължителна миграция се забелязва и четвърти участък в миграционната крива, характеризиращ се с траен спад на миграционния ток.

3. МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОХИМИЧНАТА МИГРАЦИЯ

За изследване на електрохимичната миграция съществуват главно две групи методи:

а. Температура –напрежение – влага тест (TVHM)

TVHM се реализира като структури с изследваните проводници се поставят във влажна среда при дефинирана температура и приложено напрежение в камера за ускорени изпитвания. Възможно е варирането на указаните вече условия на теста и използването на газови замърсители (SO_2 , H_2S , HCl) във влажния въздух на камерата, т.е. използва се контролируема среда. Средното време на отказите при изпитването с TVHM е от няколко седмици до месеци.

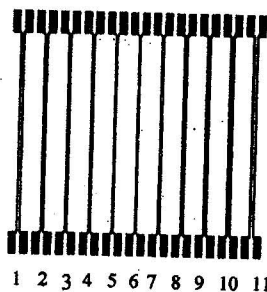
Първоначално изпитванията бяха проведени по посочения метод. Поради по-голямата му специфика и целите за по-бързо окачествяване и анализиране на надеждността на тестовите структури в статията се предоставят резултатите получени чрез прилагане на втория метод.

б. Метод "Drop test"

Този метод се реализира като между два съседни тънкослойни проводника, лежащи успоредно, намиращи се под напрежение, се поставя капка дестилирана вода. При теста могат да варират всичките условия, от които зависи електрохимичната миграция. Скоростта на електрохимичната миграция при "drop test" е 10^4 пъти по-голяма от тази при THV теста.

4. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За целите на изследването са проектирани и изготвени тестови структури, показани на фигура 2.



Фиг 2. Снимка на тестова структура

Номер на линиите	Широчина на линиите	Разстояние между линиите
1	300	300
2	300	225
3	300	100
4	300	50
5	200	150
6	200	100
7	200	200
8	400	50
9	400	100
10	400	200
11	400	300

Табл 1. Размери на елементите на структурата

Изготвените тестови структури дават възможност да се изследва електрохимичната миграция при вариране на следните параметри:

- > Ширината на металните шини
- > Разстояние между металните шини
- > Дебелина на металните шини

- Различни видове носители
- Наличие или отсъствие на диелектрик между шините
- Технология на формиране на металните шини

“Drop test” бе проведен при формиране на капка с 0.01ml вода от:

- дестилирана вода
- 1% теглови разтвор на лимонена киселина
- 1% теглови разтвор на натриев карбонат

За формиране на тънкослойната металizacionна система са оптимизирани състава и режимите на работа за отлагане на сплавни сребърни покрития съдържащи (0,5-2,5%) антимон. Проведени са изследвания за уточняване на възможностите на различни

- състави на електролити и
- режими за отлагане на сплавните сребърни покрития – постояннотоков, импулсен и импулсен режим с реверс

Всеки от трите режима се характеризира с два основни параметъра както е показано в таблица 2

Режим	Параметри	
DC	Катодна плътност на тока, D_k	Времетраене, t
Импулсен	Амплитудна плътност на тока, D_{ka}	Коефициент на запълване, θ
Импулсен с реверс	Катодна амплитудна плътност на тока; анодна амплитудна плътност на тока	Времетраене на катодния или анодния импулс

Табл 2. Режими на отлагане на сплавните сребърни покрития

За изследванията са използвани 3 вида носители:

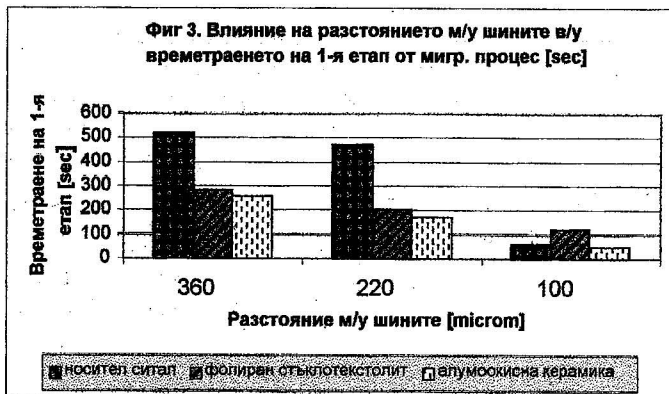
- ситал с подконтактна метализация от NiCr, NiAu
- фолиран стъклотекстолит с подконтактно медно фолио с дебелина

10µm

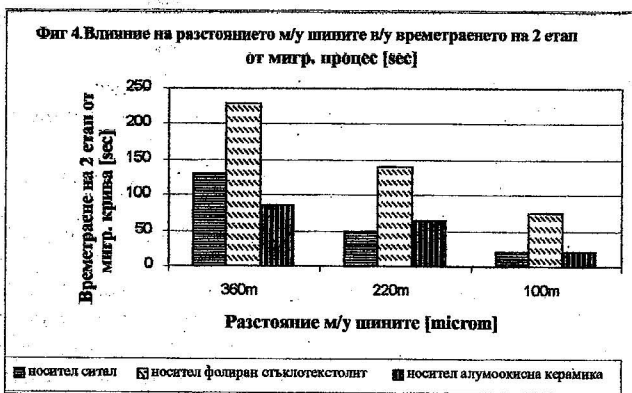
- алумоокисна керамика (Al_2O_3) с подконтактна метализация от NiCr

По принцип и в литературните източници е посочено че скоростта на електрохимичната миграция зависи и от носителя, върху който са разположени лентовите проводници от сребро. В следващото изложение е разгледано влиянието на вида на носителя върху три параметъра, които могат да се използват като показател за надеждността на слоести проводници на прибори. Те са : времетраене на 1-ви етап, времетраене на 2-рия етап от миграционния процес и стойността на тока на отказа. Тези параметри се отнасят за измервания на електрохимичната миграция при приложено напрежение 1V между двойки проводници с дебелина на Ag слой и ширина 400µm. Разстоянието между проводниците е съответно 360, 220 и 100µm.

Миграционният процес расте независимо от носителя, което е изразено с намаляването на времетраенето на 1-я етап от процеса. За всяко конкретно разстояние между проводниците най-бавен е миграционния процес в този етап за носител ситал. Това се обяснява с влиянието на диелектричната проницаемост на подложката, както и на вида на метализацията под сребърния слой и нейната проводимост.

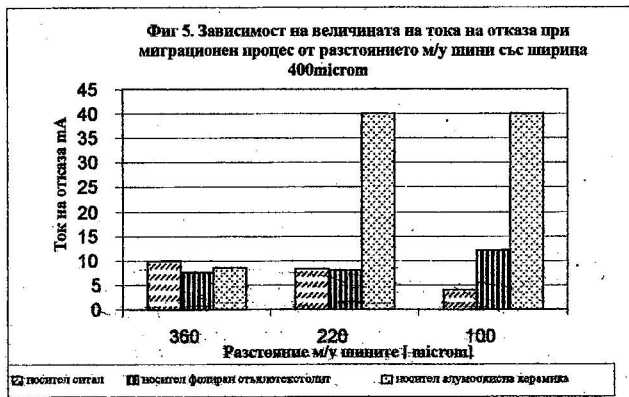


От фигура 4 се вижда, че най-бавно протича вторият етап от носител фолиран стъклотекстолит, но запазва тенденцията за намаляване на разглеждания параметър от носител ситал към алумоокисна керамика.



Величината на тока на отказа (фигура 5) не зависи от носителя при по големи разстояния между лентовите проводници. С намаляване на разстоянието между тях рязко нараства величината на този параметър при носител алумоокисна

керамика, като обяснението на това явление може да бъде и с високата стойност на ϵ_r на носителя.



5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведените изследвания в работата показват, че: проводници формирани електрохимично от чисто сребро имат по-голяма скорост на електрохимична миграция от тези формирани от сребро-антимон (3.81%); с намаляване на разстоянието между проводниците, независимо от другите условия скоростта на миграционния процес расте; носителя също влияе върху скоростта на електрохимичната миграция. Най-бавен е процеса при сигнал, но за по-големи разстояния между проводниците. Върху другите два изследвани носителя в същия случай скоростта на процеса рязко нараства. При разстояния между проводниците 100 и 50 μm резултатите са точно обратните.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. G. Harsányi, "Material design aspects of high reliability, high density interconnections", *Microelectronics Reliability*, 2001, Vol. 41, No. 2, pp.229-237.
2. P. Bojta, P. Németh and G. Harsányi, "Searching for appropriate humidity accelerated migration reliability tests", *Microelectronics and Reliability*, 1996, Vol. 36, No.4, pp. 534.
3. David E. Mortin, Jane G. Krolewski, Michael J. Cushing, "Consideration of component failure mechanisms in the reliability assessment of electronic equipment-addressing the constant failure rate assumption", *Microelectronics and Reliability*, 1996, Vol.36, No. 4, pp. 534-535.