

УДК 621.319.12

Матвійків Михайло, Івасик Юрій

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра конструювання
та технології виробництва радіоапаратури**АНАЛІЗ МОЖЛИВОГО ВПЛИВУ ВНУТРІШНІХ МЕХАНІЧНИХ
НАПРУЖЕНЬ НА ПАРАМЕТРИ ІНТЕГРАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

© Матвійків Михайло, Івасик Юрій, 2000

Проаналізовано найпоширеніші причини і характер виникнення полів механічних напружень і деформацій у підкладках та кристалах, а також в інтегральних структурах на них. Розглянуто питання про їх вплив на конкретні елементи, на вихідні параметри інтегральних пристроїв та необхідність їх моделювання.

Being examined the most spreaded reasons and character of appearing fields of mechanical strains and deformations in the lining and crystals as well as in the integral structures on them. Taken up the question about their affect to concrete elements and the initial parameters of integral schemes.

Особливості конструкцій інтегральних схем і мікробірок, які полягають у використанні в них багатьох різнорідних за властивостями матеріалів, що у вигляді окремих шарів наносяться один на одного та на поверхню підкладки, а також специфіка технологій, яка проявляється в широкому застосуванні різноманітних за призначенням високотемпературних операцій, викликають появу в інтегральних елементах і підкладках внутрішніх механічних напружень [1 – 4]. Вони мають стискальний або розтягувальний характер, а їх значення знаходяться в межах $10^6 - 10^9$ Па. Основними причинами виникнення внутрішніх механічних напружень є неузгодженість температурних коефіцієнтів лінійного розширення шарів, що контактують, несумісність їх кристалографічної структури, наявність структурних дефектів. Крім того, у процесі складання ІС (посадка в корпуси будь-якого типу) при охолодженні даних конструкцій після припаювання або приклеювання кристала, через ту ж різницю між ТКЛР кристала і основи корпусу вони пружно деформуються. Те ж саме і під час запресування у пластмасовий корпус (або заливання компаундом): під час усадки пластмаси кристал деформується і з'являються механічні напруження (можуть досягати до 60% межі міцності кристала). Дослідження багатьох авторів показують [5 – 7], що внутрішні механічні напруження не є нейтральними. Вони пластично деформують елементи інтегральних конструкцій, викликаючи в них дислокації, мікротріщини, розшарування, набряки та інших дефекти. При менших значеннях внутрішніх механічних напружень елементи конструкцій інтегральних пристроїв не руйнуються, а лише пружно деформуються. І в тому і в іншому випадках відбуваються деформаційні зміни параметрів. Їх причинами є в першому випадку пластичні дефекти, а в другому – пружні, які мають вигляд змінених міжатомних відстаней.

Так, в [5,8] наведено результати досліджень деформаційних змін параметрів деяких елементів, що використовуються в інтегральних структурах: під дією одноосового однорідного тиску 1,5 ГПа перпендикулярно до поверхні достатньо досконалого р-п переходу спостерігається збільшення прямого струму I_F при $U_F=0,4$ В приблизно вдвічі і зменшення зворотного струму I_R при $U_R=30\dots60$ В на 20...30 %; під час дії гідростатичного тиску 1 ГПа I_F р-п переходу з густиною дислокацій не більше за 200 см^{-2} зростає в 1,5 рази, а I_R зменшується в 4 рази, структурні недоліки в локальних частинах р-п переходу суттєво збільшують його тензочутливість; чутливість діодів Шотткі до одноосового однорідного тиску перпендикулярного до робочої поверхні діодів, значно більша, ніж у звичайних р-п переходів – під тиском 1,2 ГПа I_R зменшується приблизно в 10 разів; щодо резисторів, то найбільшою тензочутливістю володіють резистори р-типу, орієнтовані вздовж напрямів $\langle 111 \rangle$ і резистори n-типу з орієнтацією $\langle 100 \rangle$.

Багато із відзначених вище небажаних деформаційних ефектів виникають в процесі виробництва інтегральних пристроїв, і тоді вимагається коректування режимів проведення технологічних процесів. В протилежному випадку невідворотним буде зниження виходу придатних виробів, погіршення їх параметрів. Але частіше ці небажані явища виникають в процесі експлуатації інтегральних пристроїв, коли зміни у виробах уже неможливі. І як наслідок – виникають раптові або поступові (параметричні) відмови. Для підвищення виходу придатних інтегральних схем і мікробірок, попередження їх передчасних відмов або погіршення параметрів потрібно при їх проектуванні і виготовленні враховувати можливу появу внутрішніх механічних напружень та їх вплив на хід технологічних процесів і параметри виробів.

Наявна в літературі інформація в основному стосується деформаційних змін параметрів окремих елементів інтегральних пристроїв (транзисторів, діодів, резисторів, конденсаторів тощо). Вона не стосується деформаційних змін параметрів інтегральних пристроїв загалом. Але раптова відмова одного або декількох елементів у одному випадку може викликати відмову інтегрального пристрою, а в іншому – лише зміну його параметрів. Те ж саме стосується поступової відмови елементів інтегральних схем і мікробірок. Деформаційні ж зміни параметрів елементів у межах допусків зумовляють деформаційні зміни параметрів інтегральних пристроїв, але їх характер і величини будуть залежати як від характеру та зміни параметрів елементів, так і від тієї функції, яку вони виконують у схемі. Однозначне розв'язання цих задач вимагає попередньої побудови математичних моделей деформаційних змін параметрів інтегральних пристроїв. За їх основу тут можуть бути взяті відомі аналітичні залежності параметрів аналогових та цифрових пристроїв від параметрів їх елементів [11–13].

1. Палатник Л.С., Фукс М.Я., Косевич В. М. *Механизм образования и субструктура конденсированных пленок*. М., 1972. 2. Гофман Р.У. *Механические свойства тонких конденсированных пленок*. М., 1973. 3. Устинов В.М., Захаров Б.Г. *Макронапряжения в эпитаксиальных структурах на основе соединений A_3B_5* // *Обзоры по электронной технике*. 1977. Сер.6. Вып.4. 4. Романов А.С., Щеглова В.В. *Механические напряжения в тонких пленках* // *Обзоры по электронной технике*. 1981. Сер. 6. Вып.8. 5. Сергеев В.С., Кузнецов О.А., Захаров Н.П., Летягин В.А. *Напряжения и деформации в элементах интегральных микросхем*. М., 1987. 6. Madras C., Wong P.Y. and Miaoulis I.N. *Adhesion and thermal*

deformation of ceramic/polymer heterostructures. in Proc. Mater. Res. Soc. Symp., 1995. Vol. 385. P.71–76. 7. Steffen D. Bluestein, Eddy K. Chan, Ioanis N. Miaoulis, and Peter Y. Wong. *In situ Measurement of Thermomechanical Effects and Properties in Thin–Film Polymers. IEEE Transactions on Components and Packaging Technology. Vol. 22, no. 3, September 1993. P.421–425.* 8. Захаров Н.П., Багдасарян А.В. *Механические явления в интегральных структурах.* М., 1992. 9. Матвійків М.Д. *Паразитные деформационные эффекты в гетеро-структурах интегральных схем.* 1996. *Деп. в ДНГБ України. №554 – УК 96.* 10. Матвійків М.Д., Івчук С. *Моделювання впливу внутрішніх механічних напружень на електричну міцність МДМ-структур при тепловому пробої // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. 2000. № 387. С.17–21.* 11. Мандзій Б.А., Желяк Р.І. *Основи аналогової мікросхемотехніки.* Львів, 1993. 12. Степаненко Н.П. *Основи мікроелектроніки.* М., 1980. 13. Алексеенко А.Г., Шагурин Н.Н. *Мікросхемотехніка.* М., 1982.