

Студент: Руси Василев Русев

Физично експериментално базиран метод

Времето за отказ на много устройства и компоненти може да бъде прогнозирано базирано на физиката на механизма на отказите или развитието на теоретичния базис за механизмите на откази, или протичането на експерименти използващи различни нива на параметрите, които афектират времето за отказ. Има много механизми на откази резултирани от приложението на различни стресове на различни нива. Например времето на отказ (ТТФ) на силициева интегрална схема поради електромиграционния феномен е афектиран от токовете плътност през веригата и от температурата на веригата. Подобно времето за отказ на някои компоненти може да бъде афектирано от относителна влажност само.

Следващите секции представят най-широко използваните модели за предвиждане времето на отказ като функция на параметрите, които карат устройството или компонента да откаже.

- Електромиграционен модел

Електромиграцията е пренасяне на атоми от проводящ метал по микроверига дължащо се на ефекта на електронен вятър. Ако в алуминев проводник, електроннотокова плътност е достатъчно висока електронно ветрения ефект е на лице. Тъй като размера и масата на електрона са малки в сравнение с тези на атома, импулсът придаден на алуминиевия атом посредством сблъсъка на електрон е малък. Ако достатъчно електрони се сблъскат с алуминиев атом, тогава алуминиевия атом ще се движи постепенно предизвикващо изтощаване в отицателния край на проводника. Това ще се превърне в кухина или издутината подължината на проводника, в зависимост от локалната микроструктура, предизвикващ катастрофален отказ. Средното време за отказ (MTF) в присъствие на електромиграция е дадено уравнението :

$$MTF = AJ^{-n} e^{E_a/kT},$$

Кудето A, n са константи, J токова плътност, k Константа на Болцман, T абсолютната температура и E_a е активиращата енергия (0.6 eV за алуминий и 0.9 eV за злато). Електромиграционната експонента n в граници между 1 и 6

За да се определи живота на компонентите при нормални опериращи условия, прилагаме ускорено тестване на живот върху проба от тези компоненти чрез подлагане на различен стресове. В случая на електромиграция стресовете са електрически ток и температура. От три или повече товарни състояния, електромиграционните параметри като E_a и n могат да бъдат наблюдавани.

За фиксирани токове можем приблизително да определим средния живот при оперираща температура по следния израз:

$$\frac{t_{50}(T_o)}{t_{50}(T_s)} = \exp\left[\frac{E_a}{k}\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s}\right)\right],$$

където $t_{50}(T_i)$ е средния живот при T_i . По

същия начин можем да фиксираме температурата и да променяме

$$\frac{t_{50}(J_o)}{t_{50}(J_s)} = \left(\frac{J_o}{J_s}\right)^{-n}.$$

токовата плътност, тогава :

Зависимост на отказите от влажността

Корозията в слойните интегрални схеми може да влоши оловния корпус отвън на капсулираната верига или метализираната връзка вътре във веригата. Основните съставки необходими за корозията са влага и йони за формирането на електролит, и метал за електрод и електрическо поле. Ако някое от тези липсва корозията няма да я има.

$$\text{Основният модел на влагата е : } t_{50} = A(RH)^{-\beta} \text{ или } t_{50} = Ae^{-\beta(RH)},$$

Където t_{50} е средното време за отказ на устройството, A и β са константи, и RH е относителната влажност. Обаче провеждане на ускорен тест за влажност само- изисква година за постигане на значими резултати.

Затова температурата и влажността обикновено са комбинирани за тестване на живот, който е познат като високо ускорено стрес тест (HAST).

Най-често от HAST е 85/85 тест, където устройствата са тествани при относителна влажност от 85 процента и температура от 85C. Напрежителен стрес е обикновено добавен към този стрес за да намали продължителността на теста допълнително. Времето за отказ на устройство работещо под температура, относителна влажност и напрежителни условия е изразено като

$$t = v e^{\frac{E_a}{kT}} e^{\frac{\beta}{RH}}, \text{ където}$$

t- време до отказ, v - приложено напрежение, E_a - активационна енергия, k – константа на Болцман, T – абсолютната температура, β - константа и RH - относителната влажност

Нека с буквите s и o означим съответно условията на ускорения тест и нормалните работни условия. Ускорителния фактор е представен като

$$A_F = \frac{t_o}{t_s} = \frac{v_o}{v_s} e^{\frac{E_a}{k} \left[\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s} \right]} e^{-\beta \left[\frac{1}{RH_o} - \frac{1}{RH_s} \right]}$$

Промените в микроелектрониката изискват от производителите да помислят за по-бързи методи за откриване на откази причинявани от корозия. Някои производители усползват фурни под налягане да индуцират откази в 5 дневен тестов период. Проучвания показват, че тестова влажна среда под налягане принудително навлажнява вътрешността на пластичната капсула много по-често отколкото другите методи за тестване на влажност.

Температуро-влажностно отношение

Когато се прави анализ на ускорен тест на надежност, е необходимо отношението на разпределението на надеждността и живот-стрес. Отношението температура-влажност (Т-Н) , вариант на Айринг отношение, е оредложено за предвиждане на живота на изделие при работни условия, когато температурата и влажността са ускорени стресове в теста.

Този комбинационен модел е даден чрез $L(V, U) = Ae^{\frac{\phi}{V} + \frac{b}{U}}$, където ϕ е един от трите параметъра които се търсят, b е втория от трите параметъра, A константа и третия параметър, U – относителна влажност, V – температура (в абсолютни единици).

Т-Н отношението може да бъде линеализирано и построена графика от живота към стреса. Отношението е

$$\ln(L(V, U)) = \ln(A) + \frac{\phi}{V} + \frac{b}{U}.$$

Тъй като живота е сега функцията от два стреса, живот/стрес диаграмата може да бъде получена само чрез запазване на единия от двата стреса константа и промяна на другия. Правейки това ще се образува права линия, където условието за стрес, което е запазено с фиксирана стойност, става друга константа $\ln(A)$ constant.

Отказ поради Умора

Когато повтарящия се цикъл от стресове са приложени върху материал, се проявяват обикновено откази от умора на материала проявяващ се при по-нисъко натоварване от оптималния за материала поради натрупани щети. Натрупването на умора причинява на материала цикли от разширяване и свиване, което води до начало на пропукване в точките на прекъсване, дефекти в материала или неравности или драскотини, където концентрацията на натоварване е висока. Дължината на пукнатините нараства с повтарящите се цикли на натоварванията продължаващи докато натоварването върху останалото сечение достигне оптималната здравина на материала. В този момент се появява внезапно фактор, причиняваща мигновен отказ на компонента или елемента пренасящ прилаганото натоварване. Важно е да се разпознае, че прилаганите натоварвания не са само физически товари или сила, а също и температура или напрежение. Например пълзяща умора или термична деформация причинена от топлообмен е доминиращия отказващ механизъм причиняващ пукнатини в технологията за повърхностен монтаж. Всеки топлинен цикъл произвежда специфично мрежово деформиране на енергийната плътност в спойката, който предизвиква

голямо количество на повреди предизвикани от умора. Дългосрочаната надеждност зависи от циклично натрупаната вреда от умора в спойката, която евентуално се превръща в пукнатина. Надеждността на компоненти или устройства излагани на износване от отказа е често изразен в брой от натоварващи цикли водещи до дадения комутативен отказ. Типичен модел за откази от износване на спойки е даден чрез :

$$N_f(x\%) = \frac{1}{2} \left[\frac{2\varepsilon}{F} \frac{h}{L_D \Delta\alpha \Delta T_e} \right]^{-\frac{1}{c}} \left[\frac{\ln(1 - 0.01x)}{\ln(0.5)} \right]^{\frac{1}{\beta}},$$

Където

$N_f(x\%)$ брой цикли водещи до x процента откази,

ε - ковкостта на спойката,

F - експериментален фактор

h and L_D дименсии на спойката,

$\Delta\alpha$ фактор на различията в температурното излагане

ΔT_e ефективния топлинен обхват

c константа, която свързва средната температура на добавената спойка и времето за възстановяване от натоварването и пълзящ по цикли,

$\beta = 4$.

Ерозионен модел

Най-надеждната информация получена от ускорени тестове за надеждност са **time-to-failure** измервания получени от тестване на проби при различни натоварвания. Обаче има много ситуации, където действителния отказ на единица, особено при товарни нива близки до нормалните работни условия, може да не дефектира катастрофално, а да старее разпределено във времето за тестване. Например компонента може да започне теста с приемливо съпротивление, но по време на теста съпротивлението му се

измества, с нарастване на времето за тестване съпротивлението евентуално достига неприемливи нива, които водят до отказ на елемента. В такива случаи интересните характеристики на стареенето се взимат често по време на теста. Данните за стареенето след това се анализират и използват за предвиждане времето за отказ при нормални условия. Очевидно е че няма основен деградационен модел, който да може да бъде използван за всички устройства или параметри за специфичното устройство. Например стареенето в съпротивлението на устройство изисква модел различен от този който измерва стареене в изходния ток на същото устройство.