h)

an Glasfaser/Epoxy Grenzflächen

Durch welche Aspekte ist der Fehlermechanismus der Conductive Filament Formation (CFF) gekennzeichnet? a) Oberflächenkontamination b) Grenzflächendelamination (d.h. Ablösung) c) thermisch-mechanische Beanspruchung d) Herstellungsfehler Feldüberhöhung e) f) Feuchtemigration Thermomigration g) h) Kohäsionsbruch Aufgabe 6.2 An welchen Stellen in elektronischen Aufbauten tritt der Fehlermechanismus der Conductive Filament Formation (CFF) bevorzugt auf? zwischen Leitbahnen a) b) in Isolationslagen c) zwischen Leitbahnebenen in Durchkontaktierungen d) in Leitbahnkreuzungen e) f) in Glasfasern zwischen Durchkontaktierungen g)

Nennen Sie mögliche Folgen des Fehlermechanismus der Conductive Filament Formation (CFF)!

| a)    | Ausfall durch dauerhaften Kurzschluss   |           |
|-------|---|-----------|
| b)    | Durchbrennen der Leitungen infolge eines Kurzschlusses                            |           |
| c)    | Durchbrennen der Durchkontaktierungen infolge eines Kurzschlusses                 |           |
| d)    | Auftreten von Nebenschlüssen  |           |
| e)    | kurzzeitiger Kurzschluss bis zum Durchbrennen des Filaments                       |           |
| f)    | Abbrennen des Trägermaterials infolge eines Kurzschlusses                         |           |
| g)    | Verlust der Isolationswirkung zwischen Durchkontaktierungen                       |           |
| h)    | Verlust der Isolationswirkung zwischen Leitbahnebenen                             |           |
|       |   |           |
| Aufg  | abe 6.4   |           |
| Welc  | he Testmöglichkeiten existieren, um den Fehlermechanismus der Conductive Filament | Formation |
| (CFF) | über ein Ausfallmodell zu beschreiben?  |           |
|       |   |           |
| a)    | High Voltage Test (HV)  |           |
| b)    | Surface Insulation Resistance Test (SIR)  |           |
| c)    | Hole to Hole Test   |           |
| d)    | Leakage Test  |           |
| e)    | Raytheon Test   |           |
| f)    | I-V-Test  |           |
| g)    | Pressure Cooker Test  |           |
| h)    | Breakthrough Voltage Test   |           |

Welche Voraussetzungen müssen unbedingt vorliegen, damit es zu Korrosion kommen kann?

| a)   | zwei metallische Leitbahnen mit gleichem elektrochemischem Potential   |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
| b)   | zwei metallische Leitbahnen mit ungleichem elektrochemischem<br>Potential  |  |  |  |  |
| c)   | eine metallische Leitbahn mit negativem sowie eine metallische<br>Leitbahn mit positivem elektrochemischem Potential |  |  |  |  |
| d)   | eine metallische Leitbahn mit negativem elektrochemischem Potential  |  |  |  |  |
| e)   | eine metallische Leitbahn mit positivem elektrochemischem Potential  |  |  |  |  |
| f)   | ein stark saures, flüssiges Umgebungsmedium  |  |  |  |  |
| g)   | ein schwach basisches, flüssiges Umgebungsmedium   |  |  |  |  |
| h)   | Wasser   |  |  |  |  |
| i)   | Luft   |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Aufg   | Aufgabe 6.6  |  |  |  |  |
| Welche in der Elektronikproduktion verwendeten Chemikalien, Flussmittel und Hilfsstoffe fördern korrosive Effekte an Leitbahnen? |  |  |  |  |  |
| a)   | Kolophonium  |  |  |  |  |
| b)   | Ameisensäure   |  |  |  |  |
| c)   | RMA Flussmittel  |  |  |  |  |
| d)   | no clean Flussmittel   |  |  |  |  |
| e)   | Flash Gold Überzüge  |  |  |  |  |
| f)   | Silberüberzüge   |  |  |  |  |
| g)   | Lötstopplack   |  |  |  |  |
| <b>b</b> \   |  |  |  |  |  |
| h)   | conformal coating  |  |  |  |  |

Was sind Beispiele für kombinierte thermisch-mechanische Ausfallmechanismen in elektronischen Aufbauten?

| ۵١ | Cahiahtanannungan in dar Mahrahananmatallisiarung auf ainam Ci Chin   |   |
|----|---|---|
| a) | Schichtspannungen in der Mehrebenenmetallisierung auf einem Si-Chip   |   |
| b) | intermetallisches Phasenwachstum an der Grenzfläche eines SnAgCu-<br>Lötkontakts zur Cu-Leitbahn einer Leiterplatte                 |   |
| c) | Lötstellenermüdung an einem Vielschichtkondensator aus BaTiO₃ auf einer FR4-Leiterplatte  |   |
| d) | Kornwachstum in einer Cu-Leitbahn auf einer Leiterplatte  |   |
| e) | Riss durch Kontaktzone eines Drahtbond Al-Wedge-Kontakts auf einer Al-Anschlussfläche eines Leistungstransistors                    |   |
| f) | montagebedingter Muschelbruch im Si unterhalb eines Drahtbond Au-<br>Ball-Kontakts auf einer Al-Anschlussfläche eines Si-Logik-ICs  |   |
| g) | intermetallisches Phasenwachstum an einem Drahtbond Au-Ball-<br>Kontakt auf einer Al-Anschlussfläche eines Si-Logik-ICs             |   |
| h) | Ostwaldreifung der SnAg <sub>3</sub> -Phasen in eutektischen SnAgCu-Lötkontakten  |   |
| i) | Rissbildung im Wärmeleitkleber auf der Rückseite eines Si-Chips   |   |
|    | sind Beispiele für rein thermische Ausfallmechanismen in elektronischen Aufbauten?  |   |
| a) | Schichtspannungen in der Mehrebenenmetallisierung auf einem Si-Chip   |   |
| b) | intermetallisches Phasenwachstum an der Grenzfläche eines SnAgCu-<br>Lötkontaktes zur Cu-Leitbahn einer Leiterplatte                |   |
| c) | Lötstellenermüdung an einem Vielschichtkondensator aus BaTiO₃ auf einer FR4-Leiterplatte  |   |
| d) | Kornwachstum in einer Cu-Leitbahn auf einer Leiterplatte  |   |
| e) | Riss durch Kontaktzone eines Drahtbond Al-Wedge-Kontakts auf einer Al-Anschlussfläche eines Leistungstransistors                    |   |
| f) | montagebedingter Muschelbruch im Si unterhalb eines Drahtbond Au-<br>Ball-Kontaktes auf einer Al-Anschlussfläche eines Si-Logik-ICs |   |
| g) | intermetallisches Phasenwachstum an einem Drahtbond Au-Ball-<br>Kontakts auf einer Al-Anschlussfläche eines Si-Logik-ICs            |   |
| h) |   | _ |
| ,  | Ostwaldreifung der SnAg <sub>3</sub> -Phasen in eutektischen SnAgCu-Lötkontakten  |   |

Was sind Beispiele für rein mechanische Ausfallmechanismen in elektronischen Aufbauten?

| a)   | Schichtspannungen in der Mehrebenenmetallisierung auf einem Si-Chip   |                  |
|------|---|------------------|
| b)   | intermetallisches Phasenwachstum an der Grenzfläche eines SnAgCu-<br>Lötkontaktes zur Cu-Leitbahn einer Leiterplatte                                |                  |
| c)   | Lötstellenermüdung an einem Vielschichtkondensator aus BaTiO₃ auf einer FR4-Leiterplatte  |                  |
| d)   | Kornwachstum in einer Cu-Leitbahn auf einer Leiterplatte  |                  |
| e)   | Riss durch Kontaktzone eines Drahtbond Al-Wedge-Kontakts auf einer Al-Anschlussfläche eines Leistungstransistors                                    |                  |
| f)   | montagebedingter Muschelbruch im Si unterhalb eines Drahtbond Au-<br>Ball-Kontaktes auf einer Al-Anschlussfläche eines Si-Logik-ICs                 |                  |
| g)   | intermetallisches Phasenwachstum an einem Drahtbond Au-Ball-<br>Kontakts auf einer Al-Anschlussfläche eines Si-Logik-ICs                            |                  |
| h)   | Ostwaldreifung der SnAg <sub>3</sub> -Phasen in eutektischen SnAgCu-Lötkontakten  |                  |
| i)   | Rissbildung im Wärmeleitkleber auf der Rückseite eines Si-Chips   |                  |
| Aufg | gabe 6.10   |                  |
|      | rum machen thermisch-mechanische Ausfälle den Hauptteil aller Ausfälle in<br>Dauten aus? Was sind die treibenden Ursachen dieser Art von Ausfällen? | n elektronischen |
| a)   | Erhöhung des Integrationsniveaus  |                  |
| b)   | Verkleinerung der Strukturabmessungen   |                  |
| c)   | Verringerung der Materialvolumina   |                  |
| d)   | Erhöhung der Transistoranzahl pro IC  |                  |
| e)   | Erhöhung von Chipgrößen   |                  |
| f)   | Erhöhung der Anschlusszahl  |                  |
| g)   | Erhöhung der Komplexität des Aufbaus  |                  |
| h)   | neue Belastungsarten  |                  |
| i)   | Erhöhung des Leistungsumsatzes  |                  |

i)

existiert im Zug- und Druckbereich

| Wodurch ist die elastische | Verformung | (werkstoffmechanisches | Verhalten) in | kristallinen | Festkörpern |
|----------------------------|------------|------------------------|---------------|--------------|-------------|
| gekennzeichnet?            |            |                        |               |              |             |

| a)  | linear                             |  |  |  |
|---|------------------------------------|--|--|--|
| b)  | nicht-linear                       |  |  |  |
| c)  | reversibel                         |  |  |  |
| d)  | umkehrbar                          |  |  |  |
| e)  | Energiedissipation                 |  |  |  |
| f)  | Hysterese-Effekte                  |  |  |  |
| g)  | existiert nur im Zugbereich        |  |  |  |
| h)  | existiert nur im Druckbereich      |  |  |  |
| i)  | existiert im Zug- und Druckbereich |  |  |  |
|   |                                    |  |  |  |
| Aufgabe 6.12  |                                    |  |  |  |
| Wodurch ist die plastische Verformung (werkstoffmechanisches Verhalten) in kristallinen Festkörpern gekennzeichnet? |                                    |  |  |  |
| a)  | linear                             |  |  |  |
| b)  | nicht-linear                       |  |  |  |
| c)  | reversibel                         |  |  |  |
| d)  | umkehrbar                          |  |  |  |
| e)  | Energiedissipation                 |  |  |  |
| f)  | Hysterese-Effekte                  |  |  |  |
| g)  | existiert nur im Zugbereich        |  |  |  |
|   |                                    |  |  |  |
| h)  | existiert nur im Druckbereich      |  |  |  |

Wodurch ist die Kriechverformung (werkstoffmechanisches Verhalten) in kristallinen Festkörpern gekennzeichnet?

| a) | temperaturabhängig  |   |
|----|---|---|
| b) | zeitabhängig  |   |
| c) | existiert nur im Temperbereich unterhalb 40 % der homologen<br>Temperatur |   |
| d) | mechanische Spannung nimmt mit Verformungsgeschwindigkeit zu              |   |
| e) | mechanische Spannung nimmt mit Temperatur zu                              |   |
| f) | es kommt zur Materialverfestigung   |   |
| g) | existiert nur im Zugbereich   |   |
| h) | existiert nur im Druckbereich   |   |
| i) | existiert im Zug- und Druckbereich  | П |

### Aufgabe 6.14

Die Ausfallrate einer Komponente sei  $\lambda = 0.5 \cdot 10^{-6} h^{-1}$ .

- a) Geben Sie die Überlebenswahrscheinlichkeit R(t) an und zeichnen Sie diese!
- b) Geben Sie die Ausfalldichtefunktion f(t) an und zeichnen Sie diese!
- c) Bestimmen Sie aus den vorangegangenen Überlegungen die Ausfallratefunktion  $\lambda(t)$  und zeichnen Sie ihren Verlauf!

### Aufgabe 6.15

Die Überlebenswahrscheinlichkeit einer automatischen Fertigungsstraße für Zylinderköpfe von PKW-Motoren hat bei  $t_1=120\ h$  den Wert  $R(t_1)=0.9$ . Berechnen Sie die Ausfallrate  $\lambda$ , die Ausfalldichte  $f(t_1)$  sowie die mittlere Lebensdauer  $\bar{T}$  unter Annahme einer Exponentialverteilung!

### Aufgabe 6.16

Welche Untersuchungszeit ist für einen Posten von 1000 Transistoren mit einer Ausfallrate von  $\lambda = 10^{-7} h^{-1}$  notwendig, wenn in dieser Zeit wenigstens 10 Transistoren ausfallen sollen?

### Referenzen

Die Aufgaben wurden zum Teil folgenden Büchern entnommen:

- P. Köchel: Zuverlässigkeit technischer Systeme. Leipzig: Fachbuchverlag 1982.
- A. Meyna, B. Pauli: Taschenbuch der Zuverlässigkeitstechnik. München, Wien: Hanser 2010.
- D. Kececioglu: Reliability and Life Testing Handbook. Englewood Cliffs, NJ: PTR Prentice-Hall, 1993.