

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

- miniaturisointi asettaa haasteita tuotteiden luotettavuudelle:
 - pienemmät juotospinnat ja johdinleveydet
 - korkeammat toimintalämpötilat, suuremmat lämpövaihtelut
 - tiviimpi laitekotelointi
- kiihdytetyllä testauksella mallinnetaan käytönaikaisia kuormitustiloja mahdollisimman lyhyessä ajassa
- FEM (Finite Element Method) on menetelmä jolla voidaan laskennallisesti analysoida silmuloimalla 3D-mallin käyttäytymistä, esim. komponenttien ja juotosliitosten jännitystiloja pudotuksissa

IC-piirien vikaantumisen syyt:	
•juotosliitoksen rikkoontuminen	69%
•leikkausjännitys sirun pinnalla	3.5%
•korroosio	3.2%
•avoimet metalliliitokset	2.6%
•sirun murtuminen	2.4%
•liitosvirhe	1.2%
•asennus	0.9%
•ulkoinen vioittuminen	0.7%

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

Kulutuselektroniikan luotettavuushaasteita

- kokoonten miniaturisointi on johtanut yhä suurempiin johdintiheyksiin ja pienempiin liitostilavuuksiin, joissa metallienvälisten yhdisteiden osuus voi kasvaa suureksi
- RoHS (juotosten lyijyttömyys) ja entisestään lyhentyneet tuotekehityssykliit ovat tuoneet lisähaastietä liitosluotettavuudelle
- korkeat käyttölämpötilat kiihdyttävät näiden yhdisteiden kasvua ja lisäksi edesauttavat juotteen mikrorakenteen evoluutiota erilaisissa rasitustilanteissa
- lämpötilan vaihtelu aiheuttaa myös muuttuvia mekaanisia jännitystiloja toisiinsa liitettyjen materiaalien erilaisista lämpölaajenemiskertoimista (engl. coefficient of thermal expansion, CTE)
- kosteus ja ilmansaasteet aiheuttavat korroosiotä kokoonpanojen eri osissa
- pudotus ja värähtely aiheuttavat puolestaan nopeasti muuttuvia kuormitustiloja

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

Elektroniikan luotettavuustestaus

- valmistajien täytyy varmistaa tuotteidensa luotettavuus testaamalla mahdollisimman tarkasti ennen markkinoille päästämistä, jotta suurimmat luotettavuusongelmat voidaan kitkeä tuotteista pois
- käytettävien testien aiheuttamien kuormitusten tulee vastata laitteiden käytön aikana esiintyviä kuormitustiloja
- testien on oltava myös eri tavoin kiihdytettyjä, koska laitteiden testaukseen käytetty aika on yleensä hyvin lyhyt laitteiden käyttöikään verrattuna ja mallinnettavista käytönaikaisista rasituksista aiheutuvat mahdolliset vauriot halutaan saada esiintymään testin aikana
- yleisesti käytettyjä testejä ovat muun muassa **lämpösyklus** ja **pudotustestaus**, **tärinätestaus** sekä erilaiset **korroosiotestit**

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

- kannettavia laitteita ei todellisessa käytössä pudoteta sellaisina kuin ne ovat juuri valmistuksen jälkeen, vaan ne ovat yleensä kokeneet sitä ennen *t* *termomekaanista* kuormitusta ja liitokset ovat yleensä pudotushetkellä huoneenlämpötilaa korkeammassa lämpötilassa
- tällaiset seikat pakottavat pohtimaan nykyisten testien tarkoituksenmukaisuutta ja kehittämään uudenlaisia testausmenetelmiä



Drop
Testing



Multigas
chamber



Vibration
Testing



Environmen-
tal testing



Mechanical
testing



Thermomechanical
testing



SEM/EDS



Acoustic inspection



X-ray inspection

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifointi

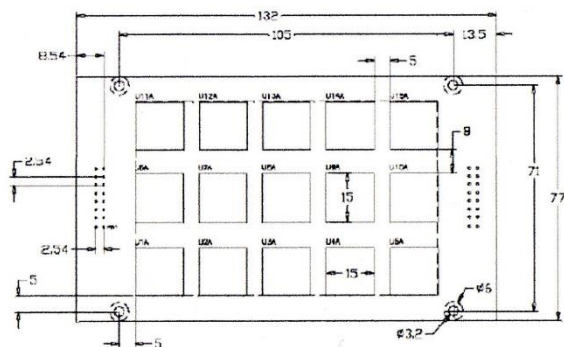
Pudotustestaus

- pudotus aiheuttaa kannettavalle elektroniikkalaitteelle mekaanisen shokin, joka vaikuttaa juoteliitokseen täysin eri tavalla kuin lämpötilan vaihtelusta aiheutuva mekaaninen kuormitus
- JEDEC:n julkaisema pudotustestistandardi JESD22-B111 yhdessä mekaanisen shokin määräävän standardin JESD22-B104-B kanssa määrittelee piirilevytason pudotustestimenetelmän, joka on tarkoitettu lähinnä vertailuun eri komponenttien pudotustestiluotettavuuden välillä
- JEDEC:n standardissa pyritään selvittämään pudotuksen seurauksena tapahtuvan piirilevyn taipumisen vaikutusta juoteliitosten luotettavuuteen
- testauksessa käytetään standardin tarkasti määrittelemää piirilevyä (FR-4, 8-kerroksinen), johon on juotettu yksi tai useampia komponentteja

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifointi

- testikomponentit poikkeavat sarjavalmistetuista, sillä niiden nystyjen välillä on niin sanottu ketjutus (engl. daisy-chain)
- resistanssin mittaamista varten piirilevyyn on myös kuvioitu ketjutus → kun ketjutettu komponentti on liitetty piirilevyyn, niin vastus pystytään mittaamaan komponentin kaikkien nystyjen läpi
- ehjällä komponentilla resistanssi on mitättömän pieni, mutta liitoksen vaurioituttua resistanssi kasvaa nopeasti
- testissä komponenttilevyä pudotetaan pudotuskelkan mukana vasten elastista pudotusalustaa



Kuva 4: Pudotustestilevy JEDEC-standardin JESD22-B111 mukaan [11].

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

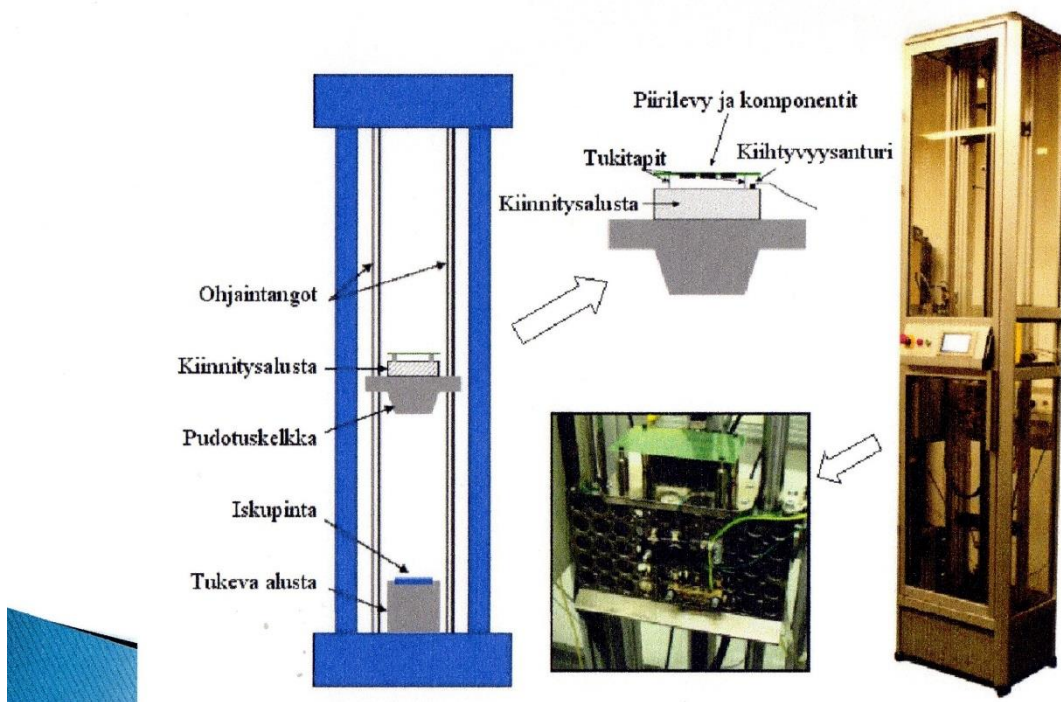
10.6 Luotettavuuden verifionti

- pudotuskorkeus ja pudotusalustan materiaali valitaan siten, että levyn kokema hidastuvuuspulssi on amplitudiltaan 1500G ja kestoaltaan 0,5 ms, lisäksi pulssin tulee olla puolikkaan siniaallon muotoinen
- vastusta mitataan pudotuksen aikana jokaisen komponentin ketjutuksen läpi ja mikäli mittausjärjestelmä havaitsee ($\leq 1000 \Omega$) ylityksen, joka kestää yli yhden mikrosekunnin, se antaa kyseisestä komponentista vikailmoituksen
- standardin mukaan vaurio on syntynyt, mikäli ensimmäistä kynnysarvon ylitystä seuraavilla viidellä pudotuskerralla syntyy vielä yhteensä kolme vikailmoitusta
- komponentin elinaika määritetään vikailmoituksen perusteella

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifionti

- JEDEC JESD22-B111 standardin-mukainen testauslaitteisto



10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

Komponenttien vetotestaus (JEDEC JESD22-B102)

- piirilevylle asennettua komponenttia vedetään ja irtoamiseen tarvittu voima mitataan
- testausta voidaan myös toistaa vakiovoimalla ja testata montako sykliä liitos kestää ennen murtumista
- jännitys mitataan grammavoimina (gf) ja underfilling ei ole sallittu.
- vetopää liimataan komponenttiin kohtisuoraan vetosuuntaan nähden ($\pm 5^\circ$)

Komponenttien leikkausrasitustesti (JEDEC JESD22-B117)

- tutkii juotenestyjen kykyä kestää mekaanisia rasituksia joita voi syntyä tuotannossa ja käsittelyssä
- komponentin nystyt irroitetaan yksitellen ja voimat mitataan

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

Mekaaninen isku (mm. JEDEC JESD22-B104B)

- olemassa useita eri menetelmiä, joita monet pohjautuvat maan vetovoiman hyväksikäyttämiseen

Taulukko 1: JESD22-B104B-standardin vaatimukset eri ympäristöluokituksissa.

Käyttöympäristöluokitus	H	G	B	F	A	E	D	C
Kiihtyvyyspiikki (G)	2900	2000	1500	900	500	340	200	100
Pulssin pituus (ms)	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0
Pudotuskorkeus (cm)	150	130	112	76,2	50,8	33,0	17,8	7,62
Nopeudenmuutos (cm/s)	543	505	467	386	316	254	187	122

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

Tärytystestaus (JEDEC JESD22-B103B)

- komponenttilevyyn syötetään joko yhtä tai useampaa taajutta olevaa signaalia
- taajuuskaista voidaan määritellä käyttöympäristön rasituksen mukaiseksi
- komponentti todetaan rikkoutuneeksi jos sen hermeetisyysvaatimukset (ilmatiiveys) eivät täyty, sen määritellyt rajat ylitetään tai jos sen toimintaa ei voida todeta määritellyissä olosuhteissa

Taulukko 3: JESD22-B103B-standardin vaatimukset sinimuotoisen taajuuspyyhkäisyn arvoille luokituksittain [12].

Käyttöympäristöluokitus	Huippukiihtyvyys (G)	Poikkeama (mm)	Pyyhkäisykaistan leveys (Hz)	Min. / Max. taajuus (Hz)
1	20	1,5	80	20 / 2000
2	10	1,0	70	10 / 1000
3	3	0,75	45	5 / 500
4	1	0,5	31	5 / 500
5	0,3	0,25	24	5 / 500
6	0,1	0,125	20	5 / 500
7	0,01	0,039	14	5 / 500
8	0,001	0,0127	6,2	5 / 500

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifiointi

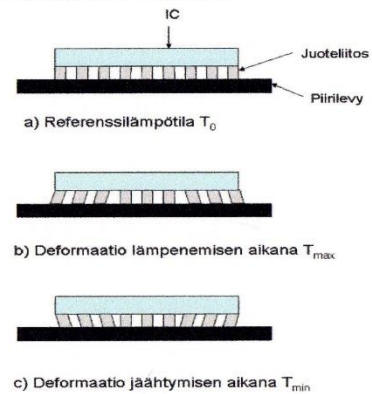
Lämpösyklus testimenetelmänä

- kaikki elektroniikkalaitteet kokevat elinaikanaan lukuisia lämpötilan vaihteluja
- kuljetus- ja varastointilämpötila saattaa vaihdella huomattavastikin laitteen käyttölämpötilasta
- koska kokoonpanoissa on mukana eri materiaaleja, joilla on erilaiset lämpölaajenemiskertoimet, syntyy lämpötilavaihteluiden vaikutuksesta erilaisia jännityksiä
- riittävän suuret jännitykset aiheuttavat venymiä, jotka aikaansaavat plastista deformaatiota ja lopulta mekaanisia ja toiminnallisia vaurioit.
- erityisesti komponenttien ja piirilevyjen väliset juoteliitokset ovat alttiita vaurioille
- käyttöolosuhteissa lämpövaihteluista johtuvien vaurioiden syntyminen kestää pitkään. Siksi luotettavuutta testataan lämpösyklauksella, joissa lämpötilan vaihtelut ovat suurempia ja nopeampia kuin norm. käytössä
- vaurioituminen tapahtuu nopeammin ja testin vaatima aika jää lyhyeksi

10. LAADUNVALVONTA JA LUOTETTAVUUS

10.6 Luotettavuuden verifointi

- juoteliitosten termomekaanisessa väsymisessä päätekijöitä ovat viruminen ja jännitysten laukeaminen
- juotteen mekaaniset ominaisuudet ja väsymisenkestävyys riippuvat monista tekijöistä kuten juotteen tilavuudesta, geometriasta ja mikrorakenteesta.
- tavallisessa käytössä juoteliitosten luotettavuuteen vaikuttavat myös mekaaniset kuormitukset kuten värähtely, taivutus ja shokkikuormitukset.



11. JUOTOSVIRHEIDEN KORJAUS

Komponenttien juotosvirheiden korjaaminen voidaan tehdä:

- 1) käsijuottimella yksinkertaisimmille komponenteille
- 2) kuumaimapuhaltimella, kun useita kontakteja / suuri pinta-ala
- 3) korjausasemalla haastellisempien pakettien tapauksessa:
 - BGA, CSP, LGA, Flip Chip jne joissa kontaktit piirin alla
 - Muut piirit joissa paljon kontakteja QFP, PLCC jne
 - tiheäjalkasiet liittimet
 - 0201 kotelon pienet passivikomponentit



11. JUOTOSVIRHEIDEN KORJAUS

- korjausaseman toiminnalliset pääpiirteet:

- komponenttikohtaisesti ohjelmoitava irroitus- ja juotosprofiili
- kuumennus IR:llä tai kuumailmapuhalluksella
- erikokoisilla vakuumisuuttimilla (nozzle) tartunta komponenttiin
- komponentti paikoitetaan kameran avulla manuaalisesti tai ohjelman mukaan automaattisesti
- LGA ja QFN –tyyliset komponentit tarvitsevat juotteen lisäyksen joko dispensoimalla tai minstensiin avulla
- lämmön hallinta tarkempaa kuin käsipuhaltimella, viereiset komponentit eivät kärsi
- useimmissa laitteissa typen käyttö mahdollista
- piirilevyjen mitat rajalliset
- korjattu juotos varmistetaan mikroskoopilla tai röntgenillä sekä sähköisillä testeillä



12. JÄLJITETTÄVYYS

• jäljitettävyys tarkoittaa kykyä taltioda lopputuotteessa ja tuoterakenteessa tapahtuneet muttokset (komponentit ja työtavat) sen historian alusta lähtien

• jäljitettävyyden edut:

- minimoidaan palautusten ja korjausten laajuus ja määrä
- prosessin ohjattavuus paranee tarkan (konekohtainen) seurannan avulla
- korjaavat toimenpiteet nopeammin
- helpottaa materiaalinhallintaa (tarkka WIP taso)
- auttaa hallitsemaan kosteusherkkien komponenttien käyttöä
- tuotetiedot saatavilla jälkikäteen ilman laitteen purkamista

12. JÄLJITETTÄVYYS

• elektroniikatuotteen tapauksessa voi tarkoittaa seur. asioiden taltiontia:

- komponenttikoodit, -versiot ja valmistuserät
- piirilevykoodi, -versio ja valmistuserä
- juotepastan tyyppi ja valmistuserä
- valmistusajankohta ns. aikaleima
- valmistuslinja
- tarkistusten ja sähköisten testausten tulokset
- korjaustoimenpiteet

• käytetyimpiä jäljitettävyyssmeneteleimiä

- mustemerkintä
- lasermerkkaus
- kemiallinen etsaus
- tarra (viivakoodi, 2D-datamatriisi)
- RFID tagit (passiiviset ja aktiiviset)
- erillinen ID-komponentti (esim 2D-laser merkintä)

