

PBA kwaliteit: cijfers graag!

Hoe doen we dat?



Geert Willems
Imec – EDM programma



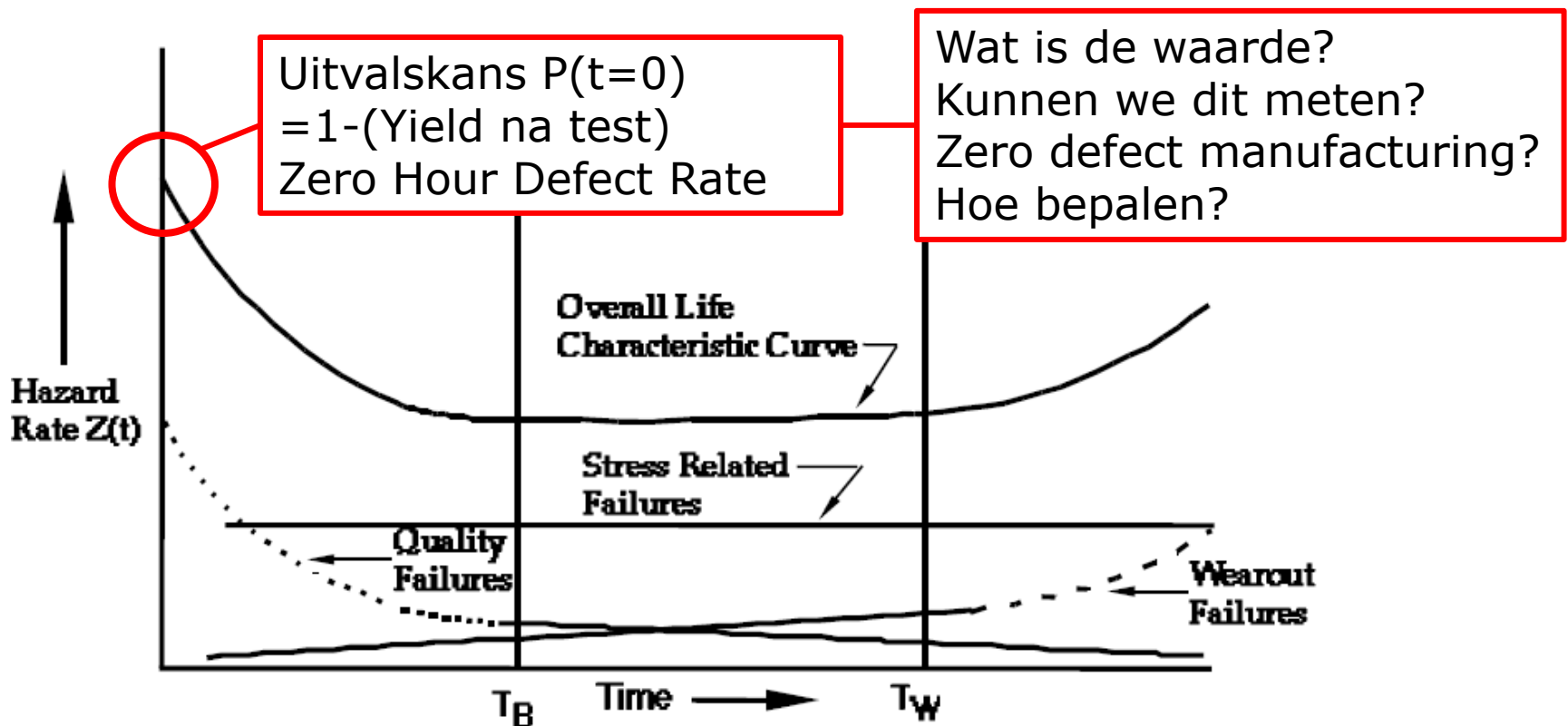
NEVAT EMS Congres
27 maart 2012



Wat willen we weten?

Badkuipcurve:

PBA ogenblikkelijke uitvalskans in functie van tijd



Falingskans $P(t=0)$

Waarde van $P(t=0)$ kennis?

- Risico kwantificatie en risico impact reductie
- Objectieve maat voor productkwaliteit. Kwaliteit wordt kwantificeerbaar en afmeetbaar t.o.v. productkost.
- De meerwaarde van productietest wordt kwantificeerbaar via de impact op de falingskans $P(t=0)$.
Een geteste PBA heeft een kwantificeerbare meerwaarde t.o.v. een niet geteste PBA.
- Ontwerp-, productie-, teststrategiealternatieven worden kwantificeerbaar en dus optimaliseerbaar t.o.v. kost.

Falingskans $P(t=0)$

Kunnen we $P(t=0)$ meten?

NEE!

- Mochten we dat wel kunnen dan kan $P(t=0)=0$.
- Er bestaat geen economisch realiseerbare teststrategie met 100% foutdekkingsgraad.

Zero Defects Manufacturing?

- Een nobel maar utopisch streefdoel
- Falingskans van PBA gaat in stijgende lijn

Get real and deal with it!

(als je centen met producten wil verdienen)



Consumer elektronica
 $P(t=0)=3-6\%$

Hoe het falingskans P of Yield Y na test kwantificeren?

Wat is de rol van productietesten ?

Hoe falingskans P bepalen?

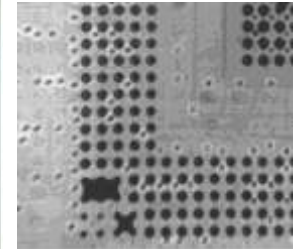
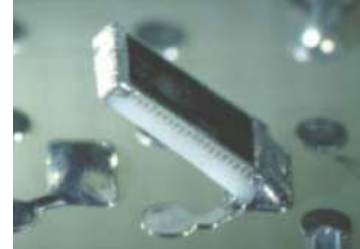
Om de yield Y of het falingsrisico P te bepalen dient de kans dat een defect optreedt bepaald te worden.

Daarvoor dienen:

1. De mogelijke assemblage defecten gecatalogeerd:

Defect Opportunities - DO

- PCB
- componenten
- interconnecties
- assemblage



2. De kans op defecten gekwantificeerd:

Defects Per Million Opportunities – DPMO (ppm)

3. De impact van productietest gekwantificeerd

De kwantificatie hangt af van de defectdefinitie.

Defect en testimpact kwantificatie zijn gekoppeld!

Hoe falingskans P bepalen?

Kansberekening: Yield Y berekening – PBA falingsrisico $P=1-Y$

Algemeen: $DPMO_i$ foutkans voor DO_i

First pass yield = kans op falingsvrije PBA = kans op 0 defecten

$$Y = \prod_{i=1}^{DO} [1 - DPMO_i] = 1 - P$$
$$= [1 - DPMO_{av}]^{DO} \quad (\text{definitie gemiddelde } DPMO)$$

Yield Y en PBA falingskans P hangen af van:

- Assemblage **foutfrequentie**: $DPMO_i$ per DO_i
ONTWERP, componenten, PCB, assemblageprocessen,...
- De PBA **complexiteit**: DO
ONTWERP

Definitie van Defect Opportuniteiten IPC-7912A

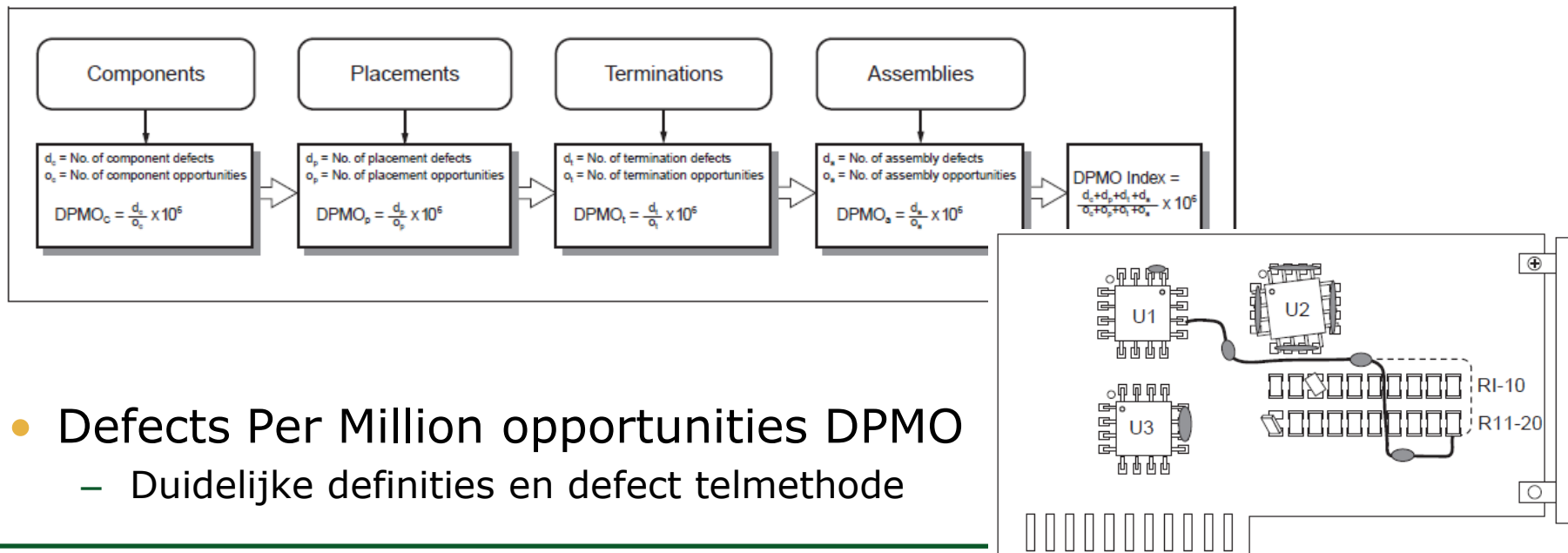


IPC-7912A

PBA Defect Opportunities (DO)

- Defecte PCB: #DO=1
- Defecte component: #DO = # componenten
- Foutief geplaatste component: #DO = # componenten
- Defecte interconnectie: #DO = # terminaties
- Defect op PBA niveau: #DO = 1
- **#DO=1+1+2x #componenten + #terminals**

End-Item DPMO for Printed
Circuit Board Assemblies



- Defects Per Million opportunities DPMO
 - Duidelijke definities en defect telmethode

Definitie van Defect Opportuniteiten

☹ Onvoldoende detailniveau: verschillende defecttypes per DO

De huidige (bekende) industriële methoden zijn ontoereikend om op correcte en reproduceerbare wijze PBA yield en falingsrisico voor en na productietest te bepalen.

- Consistentie van definities?
- Oplijning van reële defecten, defectmodellen en testmodel?
- Benaderingen op verschillende niveau's: types + groepering
- Foutieve rekenmethodes
- ...

Dat kan beter... en is niet noodzakelijk moeilijker.
Essentieel: dezelfde defect/test taal gaan spreken.

Definitie van Defect Opportuniteiten

As simple as possible

IPC Defect Category	Defect Type	Definition
Termination (BOM) ($N_i = 2$)	Open	The electrical contact between the component terminal and a pad is interrupted.
	Short	Undesired electrical contact between component terminals or other electrically conductive PBA features.
	Class 1-3 (quality)	As defined by IPC-A-610 standard.
Placement (BOM) ($N_i = 4$)	Missing	A component is missing.
	Wrongly equipped	A wrong component was placed or a component was placed on a not-equipped location of the PBA design/layout.
	Misoriented	Component placed with incorrect orientation w.r.t. pin 1.
	Misplaced (wrong pads)	Component placed at incorrect position e.g. with X-Y offset to the correct position.
	Class 1-3 (quality)	As defined by IPC-A-610 standard.
Component (BOM) ($N_i = 3$)	Physical out-of-spec	A component is functional but some aspect of its physical properties does not adhere to specification.
	Electrical out-of-Spec	A component is functional but some aspect of its electrical properties does not adhere to specification.
	Fatal defect	A component is not functional due to electrical malfunction.
	Class 1-3 (quality)	As defined by IPC-A-610 standard.
Component (PCB) ($N_i = 4$)	Design	Design error
	PCB Defect	PCB manufacturing defect
	Delamination	Delamination of PCB during heat treatment
	Via cracking	Via cracking during heat treatment
	Class 1-3 (quality)	As defined by IPC-A-600 standard.
Assembly (PBA) ($N_i = 4$)	Mechanical	PBA mechanical defect (not component related).
	Interconnection	PBA interconnection defect (not component related).
	Cleaning	PBA cleanliness issue.
	Conformal coating	Conformal coating does not adhere to its specification (pinholes, not coated/overcoated areas).
	Class 1-3 (quality)	As defined by IPC-A-610 standard.

EDM model

- IPC-7912 afgestemd
- Defect Types voor elke Defect Opportunity DO_i (N_i)
- Afstembaar op andere industriemodellen: PCOLA, MVS, PPVS,...

EDM definities

- **Functionele defecten**
- Acceptatie defecten
IPC class 1-2-3
- Fysische fouten
- Onafhankelijk van oorzaak
- Zo eenvoudig mogelijk

(elektronische component sectie)

DPMO per DO DPMO modelling

DPMO modelling: industrieel-publiek

www.ppm-monitoring.com

One billion Solder Joint study (Agilent/1999-2002)

iNEMI

ppm-monitoring.com

Click Here for

PPM AVEI
Solder Paste P
Component P
Reflow Solder
Wave Solder

Home | Members Area | About the Project | Monthly Averages | PPM Workshops | Process Defect Guide
 Search | Downloads | Contact Us | Press Cuttings | Link to Us | PPM Monitoring Policies

MONTHLY AVERAGES

The PPM results provided monthly are based on the average of all the companies submitting results to the project. The results are the average from each of the companies across each of the assembly technology levels being assembled.

If you would like to have a break down of the results by product type, process used and size and type of company you can by participating in the project, contact us info@ppm-monitoring.com

Month	Screen Printing	Component Placement	Reflow Soldering	Wave Soldering	Graph
May	720	15020	448	18281	
June	388	7183	878	3395	
July	3877	2433	1227	3738	
August	1423	1223	108	4314	
September	776	8787	1188	6078	
October	341	1688	257	7579	
November	251	784	1981	1932	
December	198	1073	335	4428	

2003

- oude data
- hoge ppm waarden

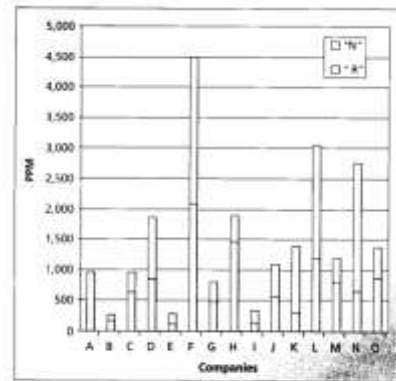


FIGURE 1: Defect levels in ppm for the 15 different companies in the study.

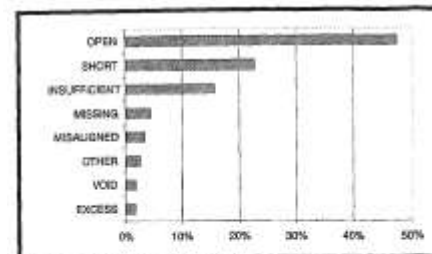


FIGURE 2: Fault spectrum for all faults.

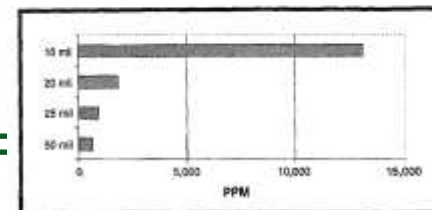


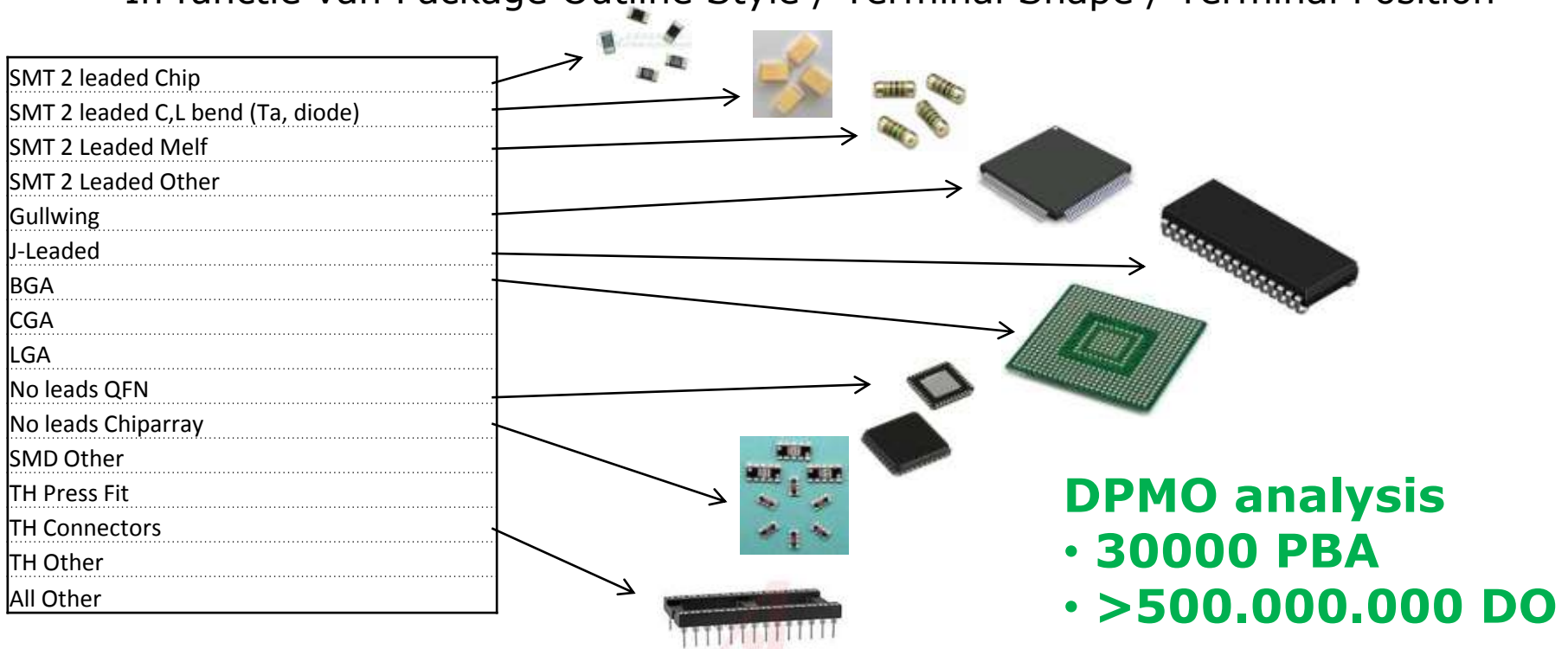
FIGURE 3: Defect levels for different pin pitches of QFP ICs.

Component Package Types	Defaults for structural DPMO Joint & Component		Defaults for electrical DPMO component
	Structural DPMOJ	Structural DPMOC	Electrical DPMOC
DPMO			
4 Leaded (Gullwing)	200	100	100
5 Leaded (Gullwing)	500	100	100
6 Leaded (Gullwing)	700	100	100
7 Leaded (Gullwing)	1000	100	100
8 Leaded (Gullwing)	10000	100	100
9 Leaded (Gullwing)	15000	100	100
10 Lead	300	100	100
11 Eutectic BGA	100	100	100
12 Eutectic BGA	150	100	100
13 NonEutectic BGA	150	100	100
14 CSP	100	100	100
15 Column Grid	100	100	100
16 1206 SMT	400	200	100
17 0805 SMT	150	300	100
18 0402 SMT	150	400	100
19 0201 SMT	200	400	100
20 1206 Wave	400	500	100
21 0805 Wave	150	1000	100
22 0402 Wave	150	2000	100
23 SMT Connector 1	2000	100	100
24 SMT Connector 2	2000	100	100
25 Res/Cap Pack 1	100	200	100
26 Res/Cap Pack 2	100	200	100
27 PTH/Wave 1	2000	200	100
28 PTH/Wave 2	2000	200	100
29 PTH/Wave 3	2000	200	100
30 PTH/Wave 4	2000	200	100

DPMO per DO

DPMO referentie modellering

- Component defects: 11 categorieën
- Termination defects & placement defects: 16 categorieën
In functie van Package Outline Style / Terminal Shape / Terminal Position



In samenwerking met EDM partners

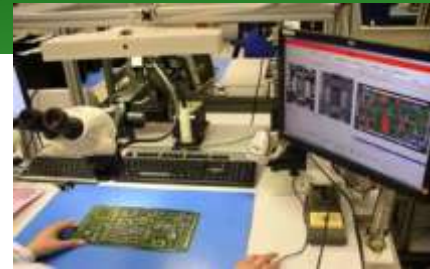
Lage foutfrequenties ($1 < \text{DPMO} < 100 \text{ppm}$) vereisen veel data!

Impact van productietest

Production testmethoden

- Inspectie methoden

- Visual inspection door operator
- Automatic Optical inspection (AOI)
- 2D-Xray inspectie (manual/automatic)
- 3D-Xray inspectie



- Elektrische testmethoden

- Flying probe testing
- In-Circuit Testing (ICT) with bed of nails (Manufacturing Defect Analysis (MDA): "passive ICT")
- Boundary Scan testing (JTAG): virtual bed of nails
- Functional testing



Impact van productietest

Wat kunnen testen detecteren?

Sterke punten:

AOI: visuele inspectie

- Ontbrekende componenten (P)
- Oriëntatie van componenten (O)

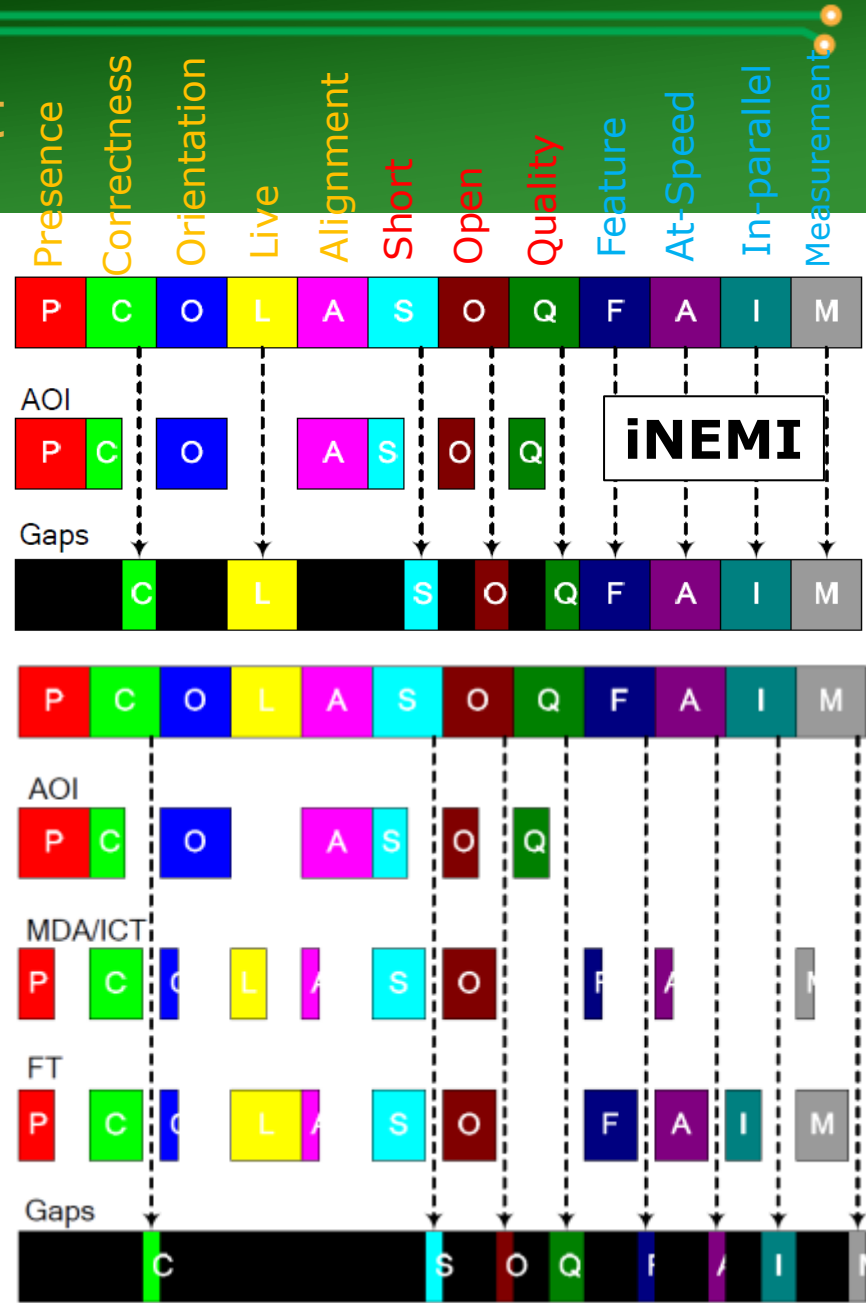
ICT: elektrisch

- Kortsluitingen (S)
- Opens (vals contact!) (O)
- Correcte component (C)

Functionele test:

- Kortsluitingen (S)
- Opens (vals contact!) (O)
- Correcte component (C)
- **Defecte component (L, FAIM)**

TESTSTRATEGIE: "Fill the gaps"



Impact van productietest

- Eenduidige beschrijvingsniveau defecten en testcoverage:
Voor elk Defect Type k behorende tot Defect Opportunity DO_i :
 - A test access value: TA_i^k
 - A test efficiency value: TE_i^k
 - A test coverage value: $TC_i^k = TA_i^k TE_i^k$
 - A DPMO value before test: $DPMO_i^k$
 - A DPMO value after test: ${}^a DPMO_i^k = (1 - TC_i^k) DPMO_i^k$
 - Test access TA_i^k : Kan aan defecttype k van opportuniteit i gemeten worden?
 - Test efficiency TE_i^k : Waarschijnlijkheid dat defect kan geïdentificeerd worden.
- Effect van een test:
- Een producttest identificeert op **systematische wijze** bepaalde types defecten (niet random!).
 - **Interpretatie 1**: Foutfrequentie wordt gereduceerd $\rightarrow 0$ (perfecte herstelling)
 - Interpretatie 2: Elimineert een Defect Opportuniteit
 - NIET (!): reductie met een fractie TC van het aantal defecten in een groep van defecten D . (bestaande industriële methoden)

Impact van productietest

Berekenen van yield voor en na test

Impact van een productietest op Yield en PBA foutkans?

DPMO van DO_i na test t: ${}^a DPMO_i = 1 - \prod_{k=1}^{N_i} [1 - {}^a DPMO_i^k]$

- met ${}^a DPMO_i^k = (1 - TC_i^k) DPMO_i^k$
- Test coverage per defecttype: TC_i
- Test access per defecttype: TA_i
- Test efficiency per defecttype: TE_i

Yield

• Na test: ${}^a Y = \prod_{i=1}^{DO} (1 - {}^a DPMO_i)$
 $= 1 - P$

• Meerdere testen

$${}^a DPMO_i^k = \prod_{j=testID} (1 - TC_i^k(j)) DPMO_i^k$$

Foutkansen (Y,P) berekenen nadat impact van testen bepaald werd op DO niveau
→ Testsystematiek correct in rekening gebracht!

Hoe te beginnen met PBA kwaliteitkwantificatie?

Eerste stap: dezelfde taal spreken tussen OEM – EMS

- Eenzelfde defectmodel gebruiken
- Dezelfde definities van testcoverage hanteren
- EDM biedt een wetenschappelijk onderbouwde, wiskundig correcte en universele methodiek aan.
- Methodiek is uitbreidbaar naar systeemniveau.
- Uitdaging: onderlinge afspraken
 - OEM – EMS
 - EMS – EMS

EMS

- Breng eigen assemblagerisico's in kaart
 - Catalogiseer/rapporteer productietestresultaten volgens standaard defectcategorieën.
 - Vertaal eigen foutcodes naar standaard defectcategorieën
 - Analyseer en bepaal foutfrequenties voor de verschillende defecttypes.
 - Uitdaging:
 - Bij lage volumes en lage foutfrequenties is het moeilijk/onmogelijk statistisch relevante hoeveelheden data te verzamelen.
 - Alternatief: gebruik een afstembaar "universeel" defectmodel
- Kwantificeer de dekkinggraad van de ingezette tests volgens het standaard fysisch defectmodel.
- Ontwikkel een gekwantificeerde teststrategiemethode.

Meer toepassingen: toevoegen van assemblagetijden, kosten,...

→ Voorspellen van productietijden, goederenstroom, capaciteitsbezetting, uitvalsrisico's, schrap, leveringsrisico, offertes, logistiek...

OEM

- Introduceer een PBA Zero Hour Defect Rate risicomodel op basis van een gestandaardiseerde defectcategorieën, een “universeel” DPMO model en test coverage model.
- Voorzie DfTest maatregelen (bv. test pads) bij complexe en/of falingsrisico kritische PBA.
- Bepaal ontwerpvereisten op vlak van DfA, DfTest en DfReliability. Evalueer ontwerp kwaliteit aan de hand van het ZHDR model.
- Werk aan de ontwerpcultuur om DfX te verbeteren:
 - Industriële PBA vergen andere ontwerpkeuzen dan consumerproducten
 - De fysische realisatie en werkingsaspecten van een PBA zijn minstens even belangrijk als de functionaliteit en nemen stelselmatig in belang toe.

Voorspelling van risico's vergt modellen: DPMO, test coverage,...

Implementatie



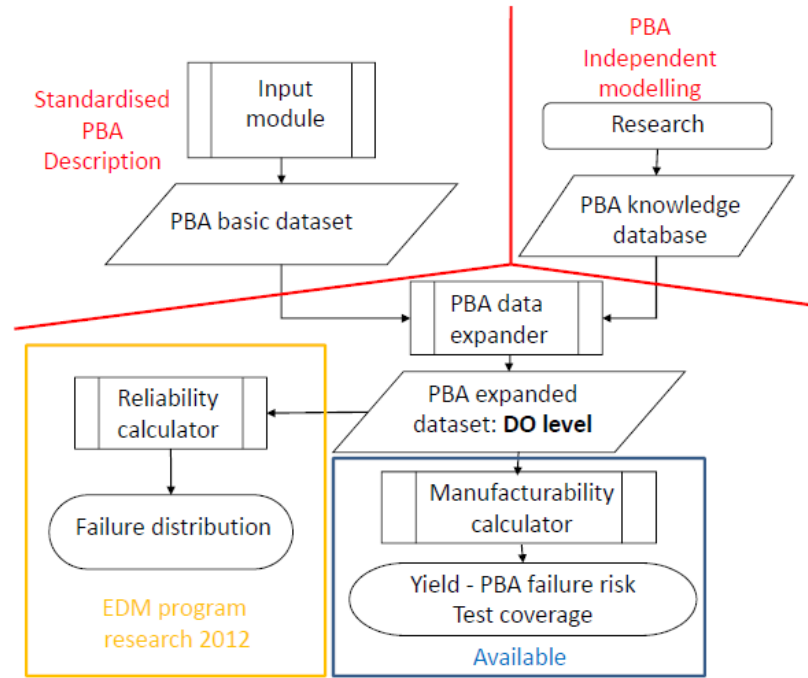
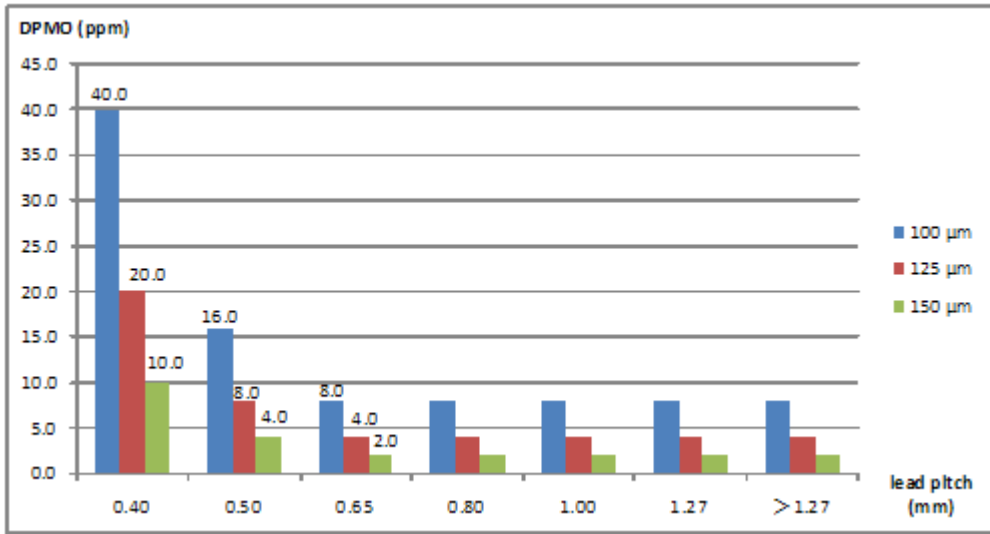
PBA simulatie tool

- DPMO model
- Test modellen
 - AOI
 - Elektrisch

DPMO modelling:
Reflow & Wave soldering

Project : CO-PBA-DIX

V1.0
April 2011



Electronic Design & Manufacturing program MISSION

To support industry in the development of high quality, reliable and cost-effective electronic modules (PBA) by means of **knowledge** creation and sharing, **scientifically sound methodologies** and **collaboration** throughout the electronic supply chain.

Collective

- Awareness creation
- Design Guidelines
- PBA development tools
- Seminars - training



Bilateral

- Consultancy
- Knowledge transfer
- Implementation
- Training

Better electronics at reduced cost through science based design & production methodologies.

Dank U voor uw aandacht



Geert.Willems@imec.be
++32-498-919464
www.edmp.be

Met steun van het

