

Halbleitertechnologie von A bis Z

Wafertest

Finaler Test und Binning	3
<i>Der finale Funktionstest</i>	3
<i>Burn-in</i>	3
<i>Binning</i>	4

Finaler Test und Binning

Der finale Funktionstest

Nachdem der Die durch Montage und Verkapselung sein fertiges Gehäuse erhalten hat, wird er einem letzten, umfassenden Funktionstest unterzogen – dem Final Test. Im Gegensatz zum Wafertest, der auf Grund der begrenzten Nadelanzahl und Kontaktqualität meist nur eine eingeschränkte Testabdeckung bietet, kann der fertige, gehäute Chip über seine regulären Anschlüsse deutlich umfassender und unter realistischeren elektrischen Bedingungen geprüft werden.

Getestet werden unter anderem:

- Vollständige Funktionsprüfung aller logischen und analogen Schaltungsblöcke
- Elektrische Kennwerte wie Betriebsspannung, Stromaufnahme und Signallaufzeiten
- Verhalten unter verschiedenen Temperatur- und Spannungsbedingungen
- Bei Speicherbausteinen: vollständiger Zellentest über den gesamten Adressraum

Erst nach erfolgreichem Final Test gilt ein Chip als verkaufsfähig. Fehlerhafte Bauteile werden aussortiert und in der Regel vernichtet, da eine Reparatur auf dieser Fertigungsstufe wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll ist.

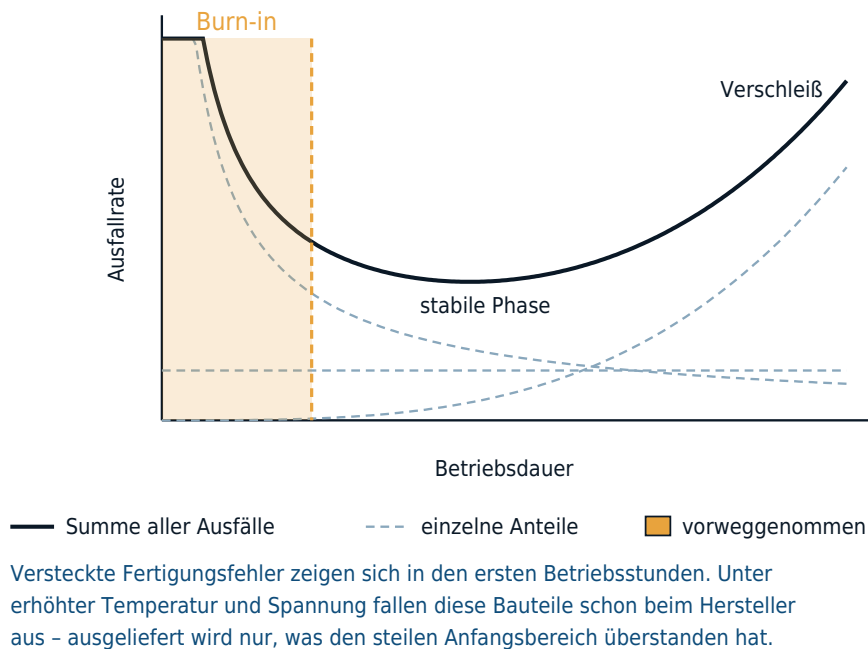
Burn-in

Bei besonders zuverlässigkeitskritischen Anwendungen (etwa in der Automobil- oder Luftfahrtindustrie) wird vor dem eigentlichen Final Test häufig ein sogenannter Burn-in-Prozess durchgeführt. Dabei werden die Chips für einen definierten Zeitraum – von wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen – unter erhöhter Temperatur und teilweise erhöhter Betriebsspannung belastet.

Der Hintergrund ist die sogenannte Badewannenkurve der Ausfallrate elektronischer Bauteile: Ein ungewöhnlich hoher Anteil an Frühausfällen tritt typischerweise innerhalb der ersten Betriebsstunden eines Bauteils auf, meist verursacht durch versteckte Fertigungsfehler wie Materialdefekte oder Verunreinigungen, die dem Final Test allein entgangen wären. Nach dieser Frühausfallphase sinkt die Ausfallrate auf ein niedriges, stabiles Niveau ab, bevor sie gegen Ende der Lebensdauer des Bauteils durch Verschleißeffekte wieder ansteigt.

Badewannenkurve der Ausfallrate

Der Burn-in nimmt die Frühausfälle vorweg



Durch den Burn-in-Prozess werden diese Frühausfälle vorweggenommen: Bauteile mit versteckten Defekten fallen bereits während des Burn-in aus und werden aussortiert, bevor sie beim Kunden zum Einsatz kommen. Der verbleibende, überlebende Anteil der Chips weist dadurch eine deutlich höhere Zuverlässigkeit im späteren Betrieb auf.

Binning

Selbst innerhalb eines einzelnen Wafers, ja sogar innerhalb desselben Dies-Designs, treten auf Grund unvermeidlicher Prozessschwankungen leichte Unterschiede in den elektrischen Eigenschaften auf – etwa in der maximal erreichbaren Taktfrequenz eines Prozessors oder im Stromverbrauch. Anstatt Chips mit geringfügig schlechteren Kennwerten zu verwerfen, werden sie stattdessen nach ihrer tatsächlichen Leistungsfähigkeit sortiert und als unterschiedliche Produktvarianten vermarktet. Dieses Verfahren wird als Binning bezeichnet.

Ein bekanntes Beispiel sind Prozessorfamilien, bei denen technisch identische Chips je nach erreichter maximaler Taktfrequenz unter verschiedenen Modellbezeichnungen und zu unterschiedlichen Preisen verkauft werden. Chips, die die höchsten Anforderungen nicht erfüllen, werden in ein niedrigeres Leistungssegment (Bin) eingestuft, anstatt als Ausschuss verworfen zu werden.

Binning erlaubt es Herstellern, die natürliche Streuung der Fertigung wirtschaftlich zu nutzen, statt sie als reinen Ausbeuteverlust zu behandeln. Nach dem Binning erfolgt die endgültige Kennzeichnung der Chips (Marking), üblicherweise durch Laserbeschriftung des Gehäuses, sowie die abschließende Verpackung für den Versand an Gerätehersteller.