



## I-deas ESC/TMG



### FEM-Modellvalidierung komplexer Konvektions-Temperierung elektronischer Bauteile im Leadframe mit I-deas ESC/TMG

Multitest ist weltweiter Marktführer für 'Handler'\* zur Automatisierung des Tests von elektronischen Bausteinen (ICs).

Für Lösungen, bei denen die Bausteine während des Tests hochgenau temperiert werden müssen, werden bevorzugt Geräte des Bayerischen Herstellers eingesetzt. Kunden von Multitest sind alle namhaften Hersteller von ICs sowie deren Zulieferer.



Abb. 1: MT9510 P&P Handler  
(gleichzeitiger Test von bis zu 8 Bausteinen)



Abb. 2: MT9918 Gravity Handler  
(gleichzeitiger Test von bis zu 8 Bausteinen)



Abb. 3: Strip Handler

Die 'Handler' (Abb. 1, 2, 3) temperieren, kontaktieren – der eigentliche elektrische Test wird von externen Testgeräten durchgeführt – und sortieren die elektronischen Bauteile in unterschiedliche Qualitätsklassen.

Nach zu verarbeitendem Bausteyntyp unterscheidet man zwischen 'Gravity-Handlern', bei denen das Material über Rutschen transportiert wird, und 'Pick & Place Handlern'.

Bei dem neuen InStrip-System (Abb. 3) werden die Bausteine nicht mehr als Einzelbausteine getestet, sondern bereits einen Prozessschritt vorher, während sie sich noch im Leadframe (Produktionsnutzen) befinden (Abb. 4). Dies erlaubt eine höhere Parallelisierung des Tests bei vereinfachtem Materialhandling.



Abb. 4:  
Bausteine im Leadframe

Ein wesentliches Kern-Know-how aller Multitest-Maschinen liegt in der Temperaturfunktionalität.

Diese erlaubt es, die Bausteine sowohl im Tieftemperaturbereich bis  $-60^{\circ}\text{C}$  als auch im Hochtemperaturbereich bis  $+160^{\circ}\text{C}$  sehr genau und langzeitstabil zu testen. Die Kälte-Funktionalität wird dabei über flüssigen Stickstoff und die Wärme-Funktionalität über elektrische Heizungen erreicht.

Im Rahmen der Neuentwicklung des Multitest Strip Handlers (Abb. 3) musste für die Vortemperierung der Leadframes folgende Aufgabe gelöst werden:

- Homogene und hochgenaue Temperierung eines Stapels von mindestens zehn Leadframes.
- Schnelle Temperierung der Leadframes, ohne die gesamte Umgebung auf die Zieltemperatur bringen zu müssen.

Dazu wurde eine 'Buffer Unit' entwickelt, die es ermöglicht, bis zu 40 Leadframes gleichzeitig vorzutemperieren (Abb. 6).

Das System besteht aus einem Lüfter, der die Luft durch Heizelemente auf den Leadframe-Stapel bläst und hinter dem Stapel absaugt. Nach der mechanischen Grund-Konstruktion des Systems, mit einer 'gefühlsmäßigen' Auslegung der Heizelemente und der Luftführungskanäle, bestand die Aufgabe darin, das gesamte System mit Hilfe einer Simulation zu optimieren.

Die Heizelemente, Luftführungskanäle und der Leadframe-Stapel wurden komplett statisch wie dynamisch in verschiedenen Betriebspunkten unter Verwendung der Software I-deas ESC/TMG validiert. Die Luftführung wird dabei auf minimale Abweichung der Temperaturverteilung über einen einzelnen Leadframe und über den gesamten Leadframe-Stapel sowie minimale überschwingfreie Aufheiz- und Abkühl-dynamik optimiert.



Abb. 5 zeigt vereinfacht den Aufbau einer Kontaktstellenheizung mit Stickstoffkühlung.



Abb. 6: Buffer Unit zur schnellen Vortemperierung

Die Simulation und das Rapid Prototyping im Entwicklungsprozess gehören inzwischen fast zum Standard für alle Temperaturanwendungen und Prototypen, die auf Konvektion- und Wärmeleitung basieren. Um nachhaltig erfolgreich und führend zu bleiben, wird Multitest bei der Berechnung vom Institut ISMB Dautermann in Kaufbeuren unterstützt.



**\*Ohne 'Handler' kein Mikro-Chip Testing, ohne Testing keine Qualitätsprüfung, und ohne geprüfte Chips keine funktionstüchtigen Endgeräte wie Handys, Digitalkameras, Küchengeräte, PCs, Autos ...**

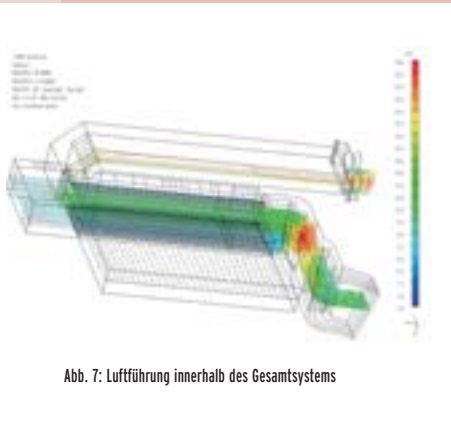


Abb. 7: Luftführung innerhalb des Gesamtsystems

### Modellierung der Teilsysteme in I-deas ESC/TMG

Das Temperaturregelsystem besteht aus den folgenden Teilsystemen:

- Lüfter mit mechanischer Luftrückführung des Bufferluftstroms (Recirculation Fan) mit Heizelementen und Leitblechen
- Leadframespeichereinheit mit Metallwänden und Leadframes
- Abluftrückführung

Alle Bleche (Shells) wurden auf 2D-Flächenelemente reduziert und die Verluste in die umgebende Isolation durch die Konvektionsverluste der Strömung und durch Wärmeleitungsverluste in die Isolation angenommen. Die Wärmeleitungsverluste werden aus der Differenz zwischen Maschinentemperatur außerhalb der Isolation und der Blechtemperatur errechnet. Die Wärmestrahlung und die entstehende freie Konvektion nach Abschalten des Lüfters wurde mit dem Modul 'TMG Radiation' verifiziert. Zusätzlich musste der Sensor in der Simulation modelliert werden, da der Strahlungsanteil als Hauptwärmequelle im Abschaltbetrieb zu nicht vernachlässigbaren Temperaturerhöhungen führt.

Das Paket ESC/TMG stellt eine frei parametrierbare Druck/Volumenstromkurve zur Verfügung, die eine iterative Vorgabe der Randbedingungen für eine geschlossene Berechnung des Druckverlustes und die Vorgabe der Strömungsgeschwindigkeit in den Lüfter ermöglicht.

Das weitgehend mechanisch offene System nach Abb. 7 hat viele FEM-Flächen, durch die sich Luftströmungen ausgleichen können (Vents). Die zugehörigen Ergebnisse sind numerisch stabil.

Die Leadframes wurden mit verschiedenen Ansätzen (Solid, Multilayer, Shell) modelliert, um den einfachsten, aber dennoch genauen Ansatz zu verwenden, damit ganze Stapel in unterschiedlichen Lagen mit vertretbarer Zeit berechnet werden konnten.

Für den Leadframe sieht die resultierende Strömungs- und Temperaturverteilung qualitativ wie folgt aus:

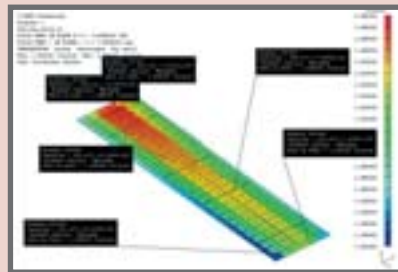


Abb. 8: Ergebnis der nicht optimierten Leadframetemperaturverteilung

Rundung, Form, Zahl und Lage der Leitbleche im Lüfter können mit FEM einfach variiert werden. Abb. 9 zeigt den Einfluss der Temperaturverteilung bezüglich der Einstellung der Leitbleche, die auch dazu führen kann, dass selbst im Bereich des Lüfters Staudrucke entstehen können, die vermeidbar sind.

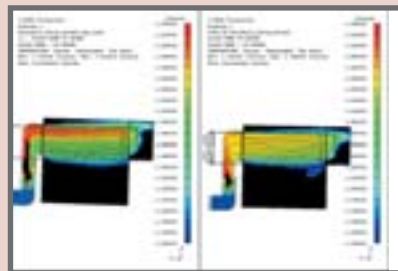


Abb. 9: Optimierungsprozess am Beispiel der Temperaturverteilung

Die Übereinstimmung von Simulation und Messung wurde in verschiedenen Betriebspunkten untersucht:

- Einzelne Leadframes in verschiedenen Positionen (oben, Mitte, unten) mit verschiedenen Solltemperaturen und Heizleistungen
- Mehrere Leadframes (Stapel) in unterschiedlichen Positionen mit verschiedenen Solltemperaturen und Heizleistungen

Das resultierende Modell hat mehr als 40.000 Freiheitsgrade, was immer noch zu akzeptablen Rechenzeiten führt. Es lässt sich stationär wie dynamisch stabil rechnen. Die gesamte Validierung zeigt sehr gute qualitative Übereinstimmungen und quantitative, 'offsetbereinigte' Übereinstimmungen von  $< \pm 2^\circ\text{C}$ . Typische Verläufe zeigt Abb. 10. Die Abweichungen (Offsets) entstehen durch die Annahme einer mittleren Maschinentemperatur, die der 'Außentemperatur' der Isolation entspricht und damit die Wärmeverluste bestimmt.

Die 'Außentemperatur' in der Simulation muss also im Bereich von  $\pm 10^\circ\text{C}$  angepasst werden, um jeweils die richtigen Verluste im jeweiligen Betriebspunkt in die Simulation zu speisen, was für die qualitative Optimierung allerdings nicht von Interesse ist. #

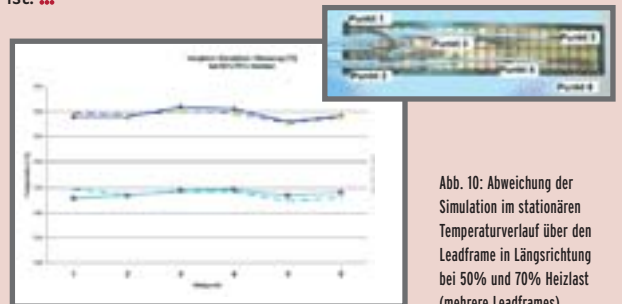


Abb. 10: Abweichung der Simulation im stationären Temperaturverlauf über den Leadframe in Längsrichtung bei 50% und 70% Heizlast (mehrere Leadframes)

### Fazit

I-deas ESC/TMG wurde bei Multitest mit guter Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung an einem sehr komplexen Temperatursystem getestet.

Diese extrem aufwendige, zeitraubende, aber nutz- und Verständnis bringende Validierung war für Multitest das Aufnahmekriterium für das Paket I-deas ESC/TMG als Temperaturentwicklungswerkzeug in den Design- und Entwicklungsprozess.

Mittlerweile wird das Paket für alle konvektions- und wärmeleitungsgestützten Prototypen und Überlegungen eingesetzt.

Multitest Rosenheim, [www.multitest.de](http://www.multitest.de)

Autoren:  
Dr.-Ing. Andreas Piepenbrink  
Dipl.-Ing. Franz-Xaver Brunner  
Dipl.-Ing. Franz Aschl  
Dipl.-Ing. Stefan Kurz  
M.Sc. Can Muyan  
Dipl.-Ing. Max Schaulé