

Bild 1: SMD-Bauteile auf einer Leiterplatte.

Thermomechanische Zuverlässigkeitsanalysen

ECAD-Trace-Mapping für Leiterplatten und Packages

Die zuverlässige Funktion der Leiterplatte unter verschiedensten Umwelteinflüssen ist eine wesentliche Herausforderung in der Elektronikentwicklung. Thermomechanische Simulationen können helfen die Zuverlässigkeit bereits im Vorfeld der Fertigung zu bewerten. Mit ANSYS 17 wird speziell in der Modellerstellung ein großer Schritt hin zur effizienten Analyse der gesamten Leiterplatte vollzogen.

Den Ausgangspunkt der Simulation des mechanischen Verhaltens von Bauteilen bildet typischerweise ein 3D-CAD-Modell. Charakteristisch für Elektronikanwendungen ist die flächenhafte Anordnung der Bauteile auf einer Leiterplatte. Über einzelne Kupferbahnen sind diese elektrisch miteinander verbunden (Layout). Bei mehrlagigen Leiterplatten kann dies auch über mehrere Ebenen geschehen, die wiederum über Durchkontaktierungen miteinander verbunden sind. Aus diesem grundsätzlichen Aufbau können schnell geometrisch komplexe 3D-Geometrien mit sehr vielen kleinen Details entstehen.

Eine weitere Herausforderung sind sicherlich auch die geometrischen Skalenerunterschiede, die bei der Betrachtung von Elektroniksystemen vorliegen.

Abbildung des Layouts im FEM-Modell

Einerseits muss die Mikrostruktur der Bauelemente im Mikrometerbereich berücksichtigt werden und andererseits die horizontalen Abmessungen der Leiterplatte von einigen Zentimetern (Bild 1). Das heißt ein Unterschied charakteristischer Abmessungen um vier bis fünf Größenordnungen ist keine Seltenheit. Mit der üblichen Vorge-

hensweise – dem Import eines 3D-CAD-Modells mit allen notwendigen Details und einer adäquaten Vernetzung – stößt der Leiterplattenentwickler sehr schnell an die Grenzen des Machbaren.

Einen neuen Lösungsansatz für diese Herausforderung bietet nun ANSYS 17 mit dem ECAD-Trace-Mapping. Ausgangspunkt für das Finite-Elemente-Modell ist jetzt lediglich die einhüllende 3D-Geometrie einer Leiterplatte oder eines Mikroelektronik-Packages mit den grundsätzlichen Außenabmessungen pro Lage. Die Detailinformationen der Verbindungslayouts (Metallisierung, Traces) werden nun direkt aus bekannten ECAD-Aus-

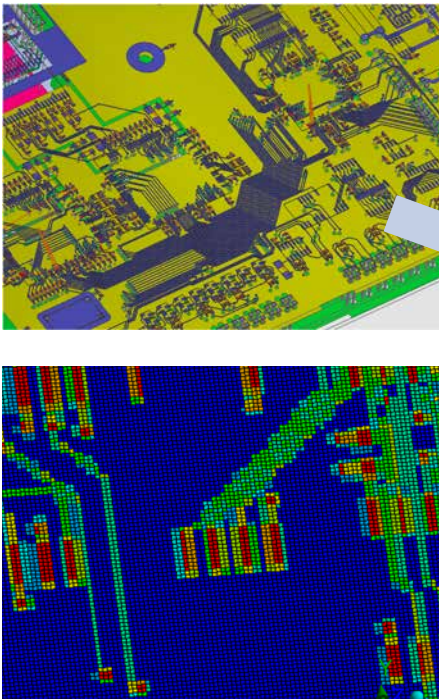


Bild 2: Links oben ECAD-Layoutdaten; rechts gemapptes Layout in ANSYS Mechanical; links unten Detailausschnitt mit Darstellung der FE-Diskretisierung.

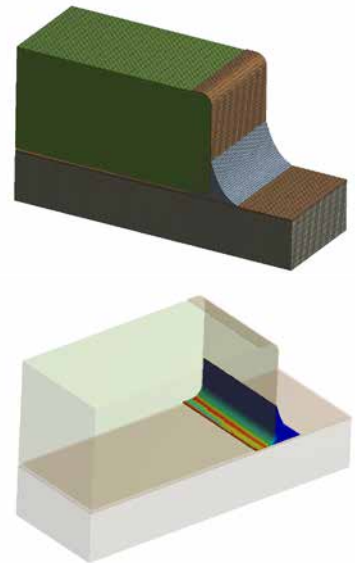


Bild 3: FEM-Modell eines gelöteten SMD-Kondensators (oben) sowie die plastischen Dehnungen in der Lötverbindung (unten).

tauschformaten wie Cadence BRD oder ODB++ TGZ gelesen und in Form eines Material-Mappings auf das generische Modell der einhüllenden Geometrie pro Lage übertragen (Bild 2). Die Steifigkeitsinformationen des Lagenaufbaus von Leiterplatten können damit „per Knopfdruck“ in das mechanische Modell übernommen werden. Ein detaillierter Übertrag des CAD-Aufbaus mit allen Legendetails ist damit hinfällig. Die Zeitersparnis für den Anwender liegt bei einigen Stunden oder in Extremfällen auch Tagen.

Die thermomechanische Analyse von bestückten Leiterplatten ist sicherlich einer der bekanntesten Lastfälle zur Bestimmung des Ausfallverhaltens von Bauteilen. In Umweltsimulationen werden hierzu die bestückten Leiterplatten Temperaturzyklen in Bereichen von -40 °C bis 120 °C ausgesetzt. Je nach Spezifikation sind einige hundert Zyklen gefordert, ohne dass ein Versagen der elektronischen Komponenten auftritt. Eine wesentliche Schadensquelle liegt typischerweise im Aufbau der Bauelemente, bei dem verschiedenste Materialien verwendet werden. Die vorliegenden Temperaturen und die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Materialien führen zu entsprechenden mechanischen Beanspruchungen. Diese sind im Extremfall so hoch, dass ein spontanes Versagen auftritt, oder aber unter zyklischer Beanspruchung mit Rissinitiation und -fortschritt zu rechnen ist.

Vor allem Lötverbindungen können bei dieser Belastungsart schnell versagen und

sind daher oft Gegenstand der Untersuchung. Innerhalb ANSYS Mechanical werden hierzu die Lötverbindungen als Detailmodell (Bild 3, oben) aufgebaut und – mit entsprechenden thermischen Zyklen belastet – eine strukturmechanische Analyse durchgeführt. Eine Herausforderung für den Berechnungsingenieur ist dabei eine einigermaßen korrekte Abbildung der vorliegenden Materialeigenschaften. Bei Lotmaterialien oder auch den vielen Kunststoffen, die im Einsatz sind, reicht die linear-elastische Beschreibung bei weitem nicht mehr aus. Hierfür stehen in ANSYS Mechanical entsprechende viskoplastische Materialgesetze wie das nach Anand oder aber eine ganze Reihe von Kriechgesetzen zur Verfügung. Als Bewertungsgröße zur Bestimmung der ertragbaren Lastzyklen werden vielfach die auftretenden bleibenden Dehnungen (Bild 3, unten) oder aber auch volumengemittelte Verzerrungsenergie-dichten im kritischen Querschnitt der Lötverbindung verwendet. Mit einer entsprechenden Lebensdauerlinie können auf diese Weise die zu erwartenden ertragbaren Zyklenzahlen bis zum Ausfall ermittelt werden.

Zuverlässigkeit der Ergebnisse

Wie eben ausgeführt liegt gerade in der Beschreibung der Materialeigenschaften eine große Herausforderung. Oft sind nur Literaturkennwerte verfügbar und das Wissen über die realen Materialparameter wird vielfach von den Materiallieferanten als exklusives Know-how angesehen. Diese Ei-

genschaften sind jedoch für das Simulationsergebnis maßgeblich verantwortlich.

Eine Lösung hierzu kann eine automatisierte Zuverlässigkeitsuntersuchung mit Hilfe von optiSLang inside ANSYS sein. Mit Hilfe der Parametrisierbarkeit jeglicher Eingabedaten können Parameterstudien softwareunterstützt leicht durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei um Verfahren, wie sie beispielsweise in der Versuchstechnik als statistische Versuchsplanung beziehungsweise Design of Experiments (DoE) bekannt sind. Die Stärke von optiSLang inside ANSYS liegt vor allem in der Unterstützung des Anwenders, sowohl bei der Definition des Setups – also der Wahl der zu analysierenden Stützpunkte im Parameterraum – als auch vor allem in der Bewertung der Ergebnisse.

Automatische Filterungen führen den Anwender schnell zu den wirklich sensitiven Parametern und grafische Darstellungen zeigen die Entwicklung der Lebensdauerergebnisse in Abhängigkeit der variablen Eingabegrößen. Mit diesen Erkenntnissen lässt sich nicht nur die „Richtigkeit“ der Analyse, sondern vor allem auch die Zuverlässigkeit des Designs unter sich ändernden Eingangsparametern bewerten.

InfoAutor

Thomas Iberer
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-50
tiberer@cadfem.de

InfoWebinar

Thermomechanische Zuverlässigkeitsuntersuchungen von Leiterplatten
www.cadfem.de/zuverlaessig-pcb-webinar