

< Speziell strukturierte Kupferplatten eignen sich zur Herstellung pulsierender Heatpipes, wie sie zur Kühlung von Hotspots benötigt werden.

GRUPPE KALORIK UND THERMOELEKTRIK

Effiziente Hotspot-Kühlung

Wenn Elektronikbauteile ausfallen, ist der Grund meist lokale Überhitzung: Über die Hälfte aller Defekte auf Leiterplattebene gehen auf schlechtes thermisches Management zurück. Vor allem in der Leistungselektronik wird eine effiziente Hotspot-Kühlung daher immer wichtiger. Speziell für diese Anwendung entwickelt Fraunhofer IPM eine neuartige Kühltechnologie – hocheffiziente Wärmespreizer auf Basis pulsierender Heatpipes.

Seit Jahrzehnten steigt die Rechenleistung elektronischer Bauteile dem Moore'schen Gesetz folgend exponentiell an. Damit einhergehend wächst auch die thermische Verlustleistung. Im Zuge der immer leistungsfähigeren Mikroelektronik bei gleichzeitig immer stärkerer Miniaturisierung haben bestimmte Komponenten, wie beispielsweise MOSFET-Transistoren, thermische Verluste von bis zu 100 Watt auf einer Fläche von nur einem Quadrat-zentimeter. Hier sind leistungsstarke Entwärmungskonzepte gefordert, die eine immer höhere Kühlleistung auf immer kleinerer Fläche gewährleisten.

Der ideale Wärmespreizer: passiv und leistungsstark

Bisherige passive Lösungen zur Entwärmung – wie z. B. Kupferplatten oder Keramiksubstrate – stoßen zunehmend an ihre Grenzen. Aktive Lösungen mit einer Luft- oder Wasserkühlung bringen dagegen zwar die erforderliche hohe Kühlleistung, sind aber meist zu groß, zu teuer oder zu fehleranfällig. Was fehlt ist eine kostengünstige, kompakte und hocheffiziente Technologie, um Verlustwärme gezielt von sogenannten Hotspots auf der Platine abzuführen. Ein idealer Wärmespreizer sollte punktuell gehäuft anfallende Wärme möglichst gleichmäßig auf eine große

Fläche verteilen und so Temperaturspitzen an kritischen Punkten verhindern.

Wärmespreizer mit integrierten Heatpipes stellen dank ihres niedrigen Wärmewiderstands einen vielversprechenden Technologieansatz dar. Sie werden seit Kurzem als passive Lösung zur Entwärmung von Hotspots auf Leiterplattebene eingesetzt, um Wärme parallel zur Leiterplattebene sehr effizient an einen Kühlkörper abzuführen. Doch für den großtechnischen Einsatz bleibt ein ungelöstes Problem: Die hohle Struktur von Standard-Heatpipes verhindert eine formschlüssige Integration in die Leiterplattenverbände. Durch den Druck beim Verpressen der Leiterplattenstapel wird die Heatpipe oft deformiert oder sogar zerstört.

Pulsierende Heatpipes

Während bei Standard-Heatpipes der Rückfluss des Fluids zur Wärmequelle entweder durch die Schwerkraft oder über eine Kapillarstruktur erfolgt, besteht eine pulsierende Heatpipe aus vielen, dünnen, mäanderförmigen Windungen, die partiell mit Flüssigkeit befüllt und anschließend evakuiert werden. Solche Wärmespreizer mit integrierter pulsierender Heatpipe zeigen einen bis zu zehnfach geringeren thermi-

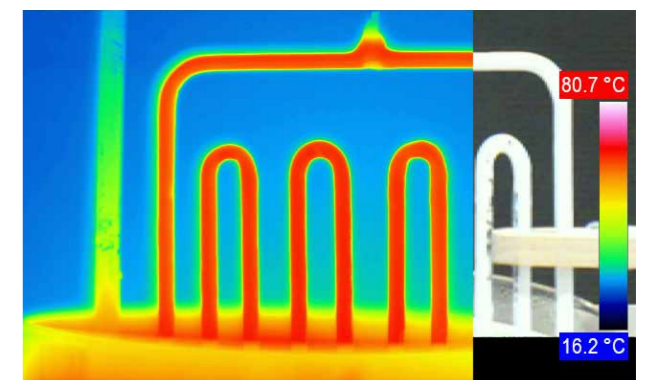
PULSIERENDE HEATPIPES können hohe Wärmeströme sehr effizient abführen. Sie zählen – so wie herkömmliche Kühlrippen auch – zur Klasse der passiven Kühlelemente, sind diesen jedoch in puncto Wärmetransport deutlich überlegen. Der Wärmetransport erfolgt hier über ein zweiphasiges Arbeitsmedium: Durch die Oberflächenspannung bilden sich zusammenhängende Segmente aus Fluid und Dampf. An der Heißeite dehnen sich die Dampfsegmente aus und schrumpfen bzw. kondensieren an der Kaltseite wieder. Dadurch liegen stets lokale Temperatur- und Druckunterschiede vor, die eine ständige, pulsierende Bewegung der Segmente verursachen. Die Bewegung der Segmente ermöglicht einen Fluid- und damit Wärmetransport von der Heißeite zur Kaltseite.

schen Widerstand als herkömmliche, aus Vollmaterial bestehende Wärmetauscher mit den gleichen Maßen – und das sogar bei Verlustleistungen von über 400 Watt. Am Problem der Empfindlichkeit gegenüber hohem Verpressungsdruck arbeitet Fraunhofer IPM gemeinsam mit dem Fraunhofer IZM: Eine neuartige planare Ausführung mit radialem Wärmetransport soll in Zukunft gleichzeitig die Verpressung und die Integration in die Leiterplatte erlauben.

Aktuelle Forschungen am Fraunhofer IPM zielen auf die weitere Optimierung von Design und Fertigung pulsierender Heatpipes, so zum Beispiel die Herstellung der Systeme per 3D-Druck. Dabei spielt auch die messtechnische Charakterisierung der Wärmespreizer eine wichtige Rolle. Hierfür entwickelt Fraunhofer IPM eine spezielle Mess- und Prüftechnik.

Kompakt, einfach, kostengünstig

Für die großtechnische Anwendung überzeugt das hier vorgestellte Kühlkonzept nicht nur durch seine hohe Kühlleistung. Als rein passive Kühlung ist dieser Wärmespreizer einfach, kompakt und kostengünstig und erfordert weder bewegliche Bauteile noch eine Stromversorgung. Der im Vergleich zu Standard-Heatpipes relativ kleine Hohlraum



Bei einer pulsierenden Heatpipe erfolgt der Rückfluss des Fluids zur Wärmequelle über dünne, mäanderförmige Windungen, die partiell mit Flüssigkeit befüllt und anschließend evakuiert werden.

macht pulsierende Heatpipes unempfindlich gegenüber hohen Drücken beim Pressprozess des Leiterplattenstapels. Gleichzeitig ist das Gesamtsystem aber leichter als heute übliche Wärmespreizer und mit einer Dicke von nur einem bis drei Millimetern sehr flach, äußerst kompakt und somit hervorragend in Leiterplattenstrukturen integrierbar. Besonders für eingebettete Leistungsbauteile erlaubt dies eine sehr gute thermische Ankopplung.