

Kühlkörper effizient auswählen

Kühlkörper, hergestellt aus stranggepresstem Aluminium, sind oftmals das Mittel der Wahl, wenn es um die Entwärmung elektronischer Halbleiterbauelemente geht. Geeignete Kühlkörperlösungen liefern ein effizientes thermisches Management, nur müssen neben der wärmetechnischen Performance auch stets weitere funktionsgebende Besonderheiten beachtet werden.

Die Entwärmung

von elektronischen Komponenten erfolgt in der Regel anhand eines aktiven oder passiven Systems. Zur deutlicheren Unterscheidung wird auch oftmals von der leisen und lauten Form der Entwärmung gesprochen. Die leise Version der Entwärmung basiert auf dem Prinzip der freien Konvektion und Strahlung, hingegen die laute, forcierte Variante, immer den Einsatz von zusätzlichen Lüftermotoren oder -strömungen bedeutet. Die forcierte Entwärmung bewirkt durch die Luftströmungen eine deutliche Leistungssteigerung bei der Wärmeableitung, kann allerdings aufgrund applikationsspezifischer Besonderheiten oder dem entstehenden Geräuschpegel nicht immer überall eingesetzt werden. Tritt dieser Fall ein, so kommen sehr häufig strangpresste Kühlkörper aus Aluminium zum Einsatz. Sowohl für kleinere als auch für größere Verlustleistungen, liefern Extrusionskühlkörper eine probate und effiziente Möglichkeit der Entwärmung von elektronischen Halbleiterbauelementen. Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung mittels der Rippenstruktur des Kühlkörpers, hat allerdings neben der Beschränkung in Hinsicht auf die Baugröße, wie Volumen und Gewicht, auch physikalische Begrenzungen, die speziell durch die spezifische Wärmeleitfähigkeit (λ) des meistens für Kühlkörper verwendeten Materiales Aluminium hervorgerufen werden. Ent-

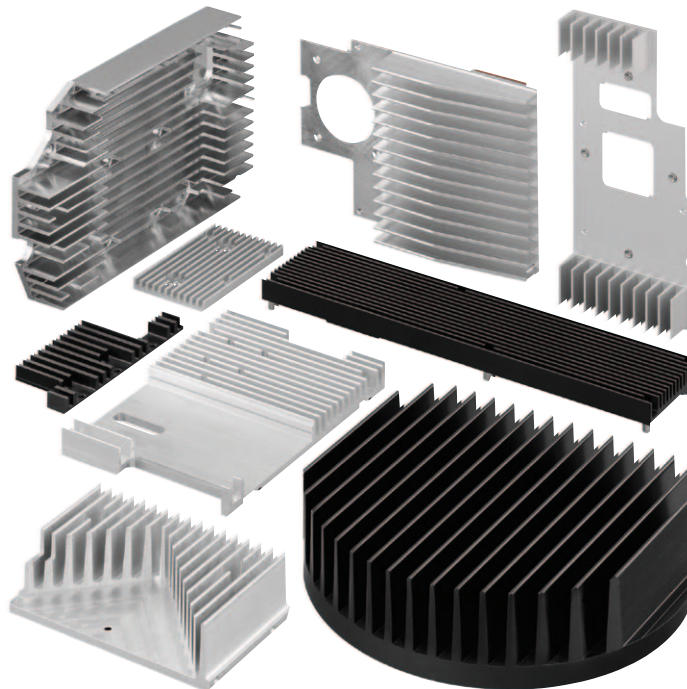


Bild 1: Vielzahlige Kühlkörperformen und -geometrien liefern effiziente Entwärmungsmöglichkeiten von elektronischen Bauelementen

scheidend für den richtigen Einsatz von Strangkühlkörpern, ist eine auf die Applikation perfekt abgestimmte Kühlkörperauswahl, welche sich für den Anwender oftmals als nicht ganz einfach gestaltet. Darüber hinaus erschweren vielzählige auf dem Markt erhältliche Ausführungen in punkto Geometrie und Abmessungen (Bild 1), den Auswahlprozess deutlich.

Den richtigen Kühlkörper auswählen

Oftmals stellt sich der Anwender bei der Auswahl von Kühlkörpern die Frage, welcher für seine

Applikation in Punkto Geometrie mit dazugehörigen Abmessungen der richtige ist, um ein effizientes Entwärmungsergebnis zu erhalten. Erschwert wird die Auswahl durch die vielzähligen auf dem Markt verfügbaren Kühlkörpervarianten. Zur besseren Übersicht bei der Kühlkörpervorauswahl empfiehlt es sich im ersten Schritt den sogenannten thermischen Widerstand, auch Wärmewiderstand genannt, für seine Applikation überschlagsmäßig zu berechnen. In Analogie zum ohmschen Gesetz erfolgt dieses relativ einfach, erfordert allerdings zur Berechnung die im Hersteller-

datenblatt genannten max. Temperaturen und die abzuführende Verlustleistung des zu entwärmenden Bauteils. Im Vergleich zur Wärmeleitfähigkeit eines Materials, ist der thermische Widerstand umgekehrt proportional, d. h. je besser ein Bauteil die Wärme ableitet, desto kleiner ist sein Wärmewiderstand. Der thermische Gesamtwiderstand setzt sich wie bei einer Reihenschaltung aus der Summe der einzelnen Teilwiderstände entlang des thermischen Pfades zusammen. Die einzelnen Widerstände muss der Wärmestrom überwinden, des Weiteren wird aus der Verlustleistung P_V in [W] und der Summe aller Wärmewiderstände die Temperaturdifferenz ΔT zwischen der Halbleiterschicht (Junction) und der Umgebung ($\Delta T = T_J - T_U$) des Kühlkörpers berechnet. Die Einheit des Wärmewiderstandes wird folglich in Kelvin pro Watt [K/W] angegeben.

Herstellerangaben

Kühlkörperhersteller spezifizieren ihre Kühlkörper in der Regel anhand des thermischen Widerstandes in Form von numerischen Werten, Diagrammen oder grafischen Darstellungen. Mittels dieser Angaben und dem im Vorfeld berechneten Wärmewiderstand, kann nun eine Kühlkörpervorselektion durch den Anwender erfolgen. Leider ist die so getroffene Vorauswahl nicht immer zufriedenstellend, so dass in einer weiteren Betrachtung weitere beeinflussende Parameter berücksichtigt werden müssen. Berechnet der Anwender z. B. für seine Applikation bei bekannter Temperaturdifferenz und abzufüh-

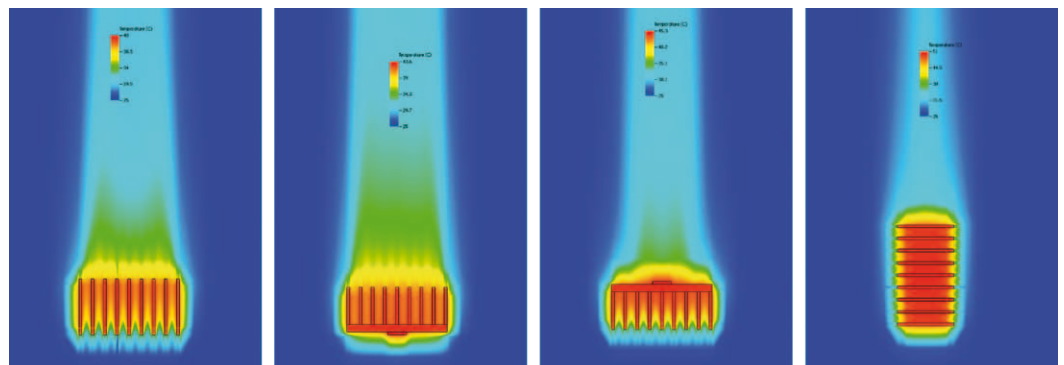


Bild 2: Die falsche Einbaulage von Kühlkörpern für die freie Konvektion bewirkt eine Verschlechterung des thermischen Widerstandes

Autor:

Dipl. Physik Ing. Jürgen Harpain ist als Entwicklungslieferer bei Fischer Elektronik in Lüdenscheid tätig

render Verlustleistung einen thermischen Widerstand von 1 K/W, so stehen ihm, bezogenen auf die Fischer Elektronik Homepage, von ca. 650 verschiedenen Kühlkörpervarianten immer noch 76 mögliche Kühlkörperlösungen zur Verfügung. Eine weitere Eingrenzung der in Frage kommenden Kühlkörpervorschlüsse erfolgt durch eine genauere Betrachtung der speziellen, auf die Applikation bezogenen Parameter bzw. Gegebenheiten. Neben den benötigten Einbaubedingungen und dem Platzbedarf in der Applikation, der Bodstärke, dem Rippenabstand und der Rippenhöhe des Kühlkörpers, bedarf es darüber hinaus einer genaueren Betrachtung der Positionierung der Halbleiterelemente, mit deren dazugehöriger Wärme-eintrittsfläche, auf der Wärmesenke.

Die Analyse

Als nächsten Schritt wird empfohlen, dass zu entwärmende Bauteil sowie dessen Befestigungsposition auf der Wärmesenke zu analysieren. Grundsätzlich ist es von Vorteil, wenn die Kühlkörperbodenseite homogen als Kontaktfläche (Wärmeeintrittsfläche) genutzt wird bzw. anders herum gesagt, sollte versucht werden, den Kühlkörper an die Bauteilabmessungen anzupassen. Kleine elektronische Bauteile mit kleiner Wärmeeintrittsfläche, sollten dementsprechend nicht mit einem überdimensionierten Kühlkörper mit dicker Bodenplatte und einer massiven Rippenstruktur entwärmt werden. Aufgrund des massiven Materialverhältnisses und der damit verbundenen Wärmekapazität des Aluminiummaterials, würde sich die Wärmesenke aufgrund der kleinen Kontaktfläche des Bauteils nicht richtig aufheizen, wodurch bei der Wärmeabfuhr an die Umgebung mit deutlichen Einbußen zu rechnen ist. Der so entstehende sogenannte Hot Spot führt im schlimmsten Fall zur Zerstörung des elektronischen Bauteils, da die maximale Betriebstemperatur des Halbleiters erreicht wird, bevor sich die Wärme im Kühlkörper verteilt hat und mittels der freien Konvektion an die Umgebung abgegeben werden kann.

Einbaulage des Kühlkörpers

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Kühlkörperauswahl, ist die Berücksichtigung der Einbaulage des Kühlkörpers (Bild 2) in der Entwärmungsapplikation. Die empfohlene Einbau-richtung (Bild 2 links), sollte möglichst immer senkrecht stehend sein, d. h. Rippenverlauf in Richtung der aufsteigenden, natürlichen Konvektion (Kamineffekt). Sollte die optimale Einbau-richtung des Kühlkörpers aufgrund von mechanischen Gegebenheiten oder Platzgründen in der Applikation nicht gegeben sein, so muss dieses im Vorfeld bei der Berechnung des thermischen Widerstandes berücksichtigt werden. Abweichende Kühlkörper-einbaulagen (Bild 2 von links nach rechts) verschlechtern den Widerstand, je nach Kühlkörpergeometrie, um 10 bis 15%.

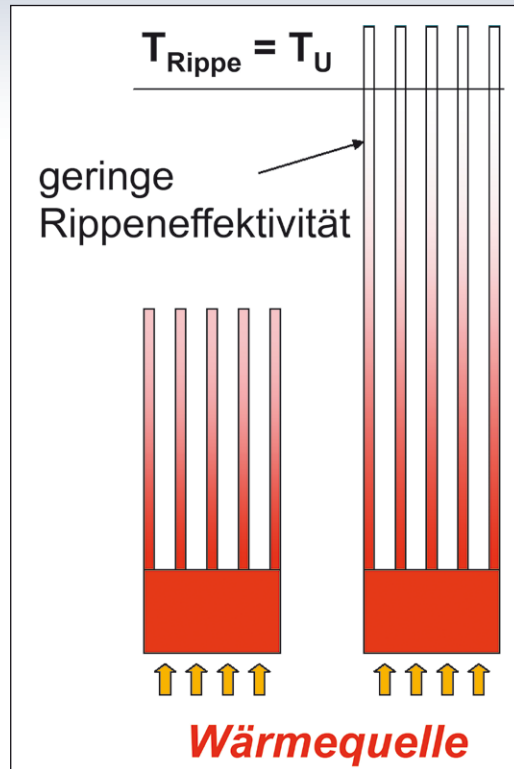


Bild 3: Die Rippenhöhe der einzelnen Kühlrippen muss bei der Kühlkörperauswahl berücksichtigt und die Wärmequelle angepasst werden

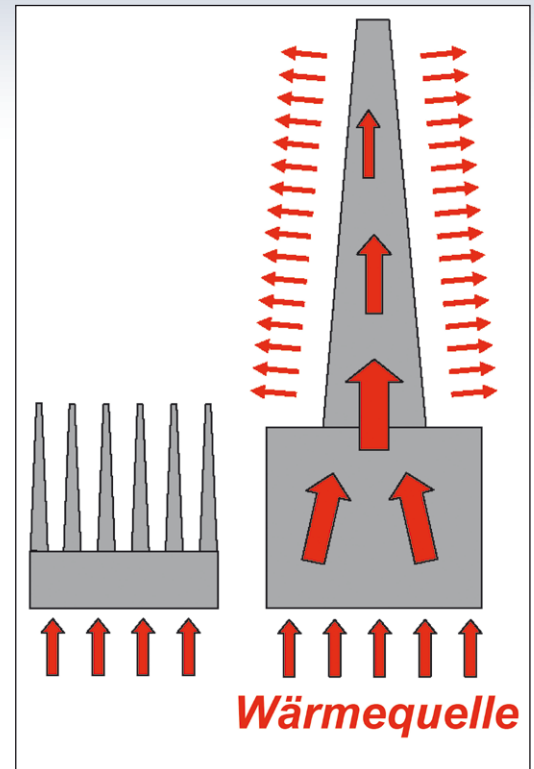


Bild 4: Konische Rippengeometrien liefern gegenüber rechteckigen einige Wärme-, allerdings auch Werkzeugtechnische Vorteile

sichtigung der Einbaulage des Kühlkörpers (Bild 2) in der Entwärmungsapplikation. Die empfohlene Einbau-richtung (Bild 2 links), sollte möglichst immer senkrecht stehend sein, d. h. Rippenverlauf in Richtung der aufsteigenden, natürlichen Konvektion (Kamineffekt). Sollte die optimale Einbau-richtung des Kühlkörpers aufgrund von mechanischen Gegebenheiten oder Platzgründen in der Applikation nicht gegeben sein, so muss dieses im Vorfeld bei der Berechnung des thermischen Widerstandes berücksichtigt werden. Abweichende Kühlkörper-einbaulagen (Bild 2 von links nach rechts) verschlechtern den Widerstand, je nach Kühlkörpergeometrie, um 10 bis 15%.

Richtige Rippenhöhe

Ähnlich wie bei der richtigen Auswahl der passenden Kühlkörperlänge, muss bei der Kühlkörperauswahl, ebenfalls die Rippenhöhe an die Wärmequelle angepasst werden. Bei Kühlkörpern ist ein sogenannter Rippenwirkungsgrad gegeben, welcher definiert ist, als das Verhältnis des Wärmestromes, den die Rippe tatsächlich abgibt, zum idealen Wärmestrom. Der ideal abgegebene Wärmestrom ist derjenige, welcher über die Mantelfläche der Kühlrippe an die Umgebung abgegeben würde, wenn die Temperatur über die gesamte Kühlrippenlänge

konstant bei der Anfangstemperatur verbleiben würde. Die richtige Kühlrippenlänge in Verbindung mit der richtigen Kühlrippenbreite, tritt ab einem gewissen Punkt in eine Art Sättigungsbereich, d. h. wärmetechnisch würde eine Verlängerung der Kühlrippe keinen Nutzen bewirken. Die Rippentemperatur wird sich ab einem gewissen Punkt auf dem Niveau der Umgebungstemperatur einstellen (Bild 3).

Freie Konvektion

Ein weiteres Betrachtungskriterium für die Auswahl von Kühlkörpern für die freie Konvektion liefert die Form der Rippengeometrie. Hier wird zwischen Kühlkörpern mit einer konischen oder rechteckigen Rippengeometrie unterschieden. Kühlkörper mit konischer Rippenform finden meistens den Einsatz bei der freien Konvektion, hingegen rechteckige bei der forcierten. Der Unterschied liegt darin, dass bei konischen Rippen und Luftgeschwindigkeit am Rippenboden ein Bypass, eine Einschnürung (Strömungswiderstand), entsteht. Deshalb muss im Vorfeld geklärt werden, ob in der Entwärmungsapplikation eventuelle Luftströmungen oder Lüftermotoren zum Einsatz kommen. Wenn dem so ist, sind Kühlkörpergeometrien mit rechteckigen Rippen empfohlen. Ein weiterer Vorteil von konischen Kühlkörperripp-

pen (Bild 4) ist neben der größeren Wärmeeintragsfläche vom Kühlkörperboden in die einzelnen Lamellen, die Standfestigkeit der Strangpresswerkzeuge. Die Kühlkörpergeometrie ist in der reinen Werkzeugmatrize als negativ zu sehen, d. h. aufgrund der Rippenkonizität ist eine höhere Stabilität gegeben. Zu beachten gilt, dass je nach Presskraft der Strangpresse einige hundert Newton je mm² auf diesen Steg in der Werkzeugmatrize wirken. Die hohe Presskraft führt letztendlich dazu, dass dieser Steg durch das eingepresste Aluminiummaterial in Schwingung versetzt wird und im schlimmsten Fall brechen kann (Werkzeugbruch).

Fazit

Die Berücksichtigung aller funktionsrelevanten Kriterien bei der Kühlkörperauswahl ist oftmals für den Anwender nicht ganz klar ersichtlich und bekannt. Komplexe Entwärmungsproblematiken gestalten sich zudem vielfach unübersichtlich, zumal aufgrund der auf dem Markt erhältlichen Kühlkörperausführungen. Gespräche mit Kühlkörperherstellern über die Gesamtapplikation liefern im Vorfeld geeignete Lösungsansätze.

■ Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
www.fischerelektronik.de