

TECHNISCHE GRUNDLAGEN

Aufgabe und Verwendungszweck eines KÜHLKÖRPERS

An der Sperrschicht von Halbleiterbauelementen und Widerständen setzt sich die elektrische Verlustleistung (P_v) in Wärme (Q) um und verursacht eine Temperaturerhöhung. Die Temperatur der Sperrschicht (ϑ_J) darf einen maximalen Wert nicht überschreiten, um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten und die Zerstörung des Halbleiters zu vermeiden. Diese maximal zulässige Sperrschichttemperatur kann den Datenblättern der Halbleiterhersteller entnommen werden. Kann die entstehende Wärme nicht mehr ausreichend über das Halbleitergehäuse an das umgebende Medium, meistens Luft, abgeführt werden, so muss das Bauteil auf einen Kühlkörper montiert werden. Die zur Wärmeabgabe wirksame Gehäuseoberfläche wird somit vergrößert. Dieses führt zu einer höheren Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Halbleiters bzw. der gesamten Schaltung. Ein Kühlkörper besteht aus gut wärmeleitenden Materialien, meist einer Aluminiumlegierung mit einer für den Anwendungsfall angepassten und geeigneten geometrischen Struktur und Oberflächenbeschaffenheit.

Verwendete Materialien sind:

- AlMgSi0,5 F22 für Aluminium-Strangpressprofile
- AlSi8Cu3 für Aluminium-Druckgussteile
- Al99,9 hh für Aluminium-Bandmaterial

Funktionsweise eines Kühlkörpers- Wärmeabgabe und Konvektionsarten

Der Wärmetransport von der Wärmequelle (z. B. Sperrschicht des Halbleiters) über den Kühlkörper an das umgebende Medium setzt sich zusammen aus:

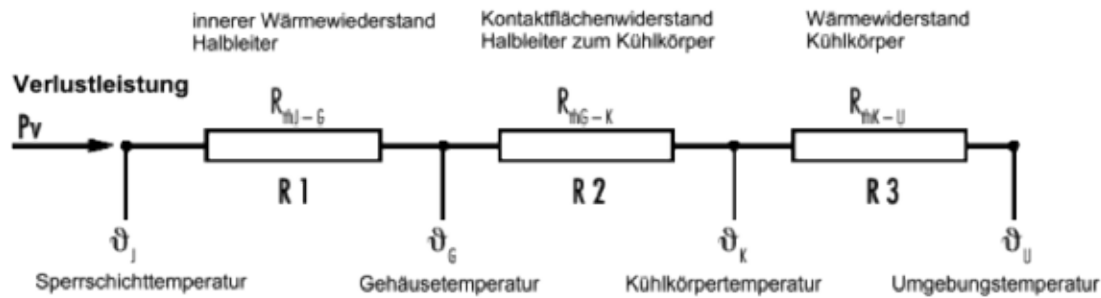
- dem Wärmeübergang von der Wärmequelle auf den Kühlkörper
- der Wärmeleitung innerhalb des Kühlkörpers an die Kühlkörperoberfläche
- dem Wärmeübergang von der Oberfläche durch freie oder erzwungene Konvektion an das umgebende Medium
- der Wärmestrahlung je nach Oberflächenbeschaffenheit

Wer sich eingehender für die physikalischen Zusammenhänge und die Kühlkörperdimensionierung interessiert, der findet weitergehende Anregungen und Informationen im Internet unter

www.alutronic.de

Der Wärmewiderstand und das thermische Ersatzschaltbild

Der Wärmewiderstand ist definiert als das Verhältnis des Temperaturanstieges bei einer zugeführten Leistung und dient als Maß für das Wärme-Abgabevermögen von Kühlkörpern und deren Vergleichbarkeit. Je kleiner der Wärmewiderstand, desto geringer ist der zu erwartende Temperaturanstieg und desto „besser“ ist ein Kühlkörper. Der Wärmewiderstand wird angegeben in K/W (Kelvin/Watt). Kühlkörper und Halbleiter bilden eine Funktionseinheit, die analog zum Ohmschen Gesetz in der Elektrotechnik als thermisches Ersatzschaltbild dargestellt werden kann:



Gliederung in folgende Bereiche:

- Einspeisung der Verlustleistung (P_v) wird umgesetzt in den Wärmestrom (Q)
- Wärmeleitung von der Sperrschicht auf die Montagefläche des Bauteils
- Wärmeabgabe des Kühlkörpers an das umgebende Medium

Berechnung des erforderlichen

Wärmewiderstandes bei gegebener Verlustleistung und dem zulässigen Temperaturgefälle

$$R_{thK} = \frac{\vartheta_{jmax} - \vartheta_U}{P_v} - (R_{thjG} + R_{thGK}) = \frac{\Delta\vartheta}{P_v} - (R_{thjG} + R_{thGK})$$

R_{thK} = Wärmewiderstand Kühlkörper in K/W

ϑ_{jmax} = Maximale Sperrschicht (Junction) Temperatur des Halbleiters in °C (aus Datenblatt)

ϑ_U = Umgebungstemperatur in °C

P_v = der Wärmequelle zugeführte Verlustleistung in W

R_{thjG} = Innerer Wärmewiderstand Sperrschicht zum Gehäuse des Halbleiters in K/W

R_{thGK} = Wärmeübergangswiderstand an den Montageflächen in K/W (lässt sich mittels Wärmeleitpaste auf einen minimalen Wert verringern).

Bei isolierter Montage sind die spez. Wärmewiderstände der Isoliermaterialien zu berücksichtigen.

$\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz in K

Jeder Kühlkörper mit einem kleineren Wärmewiderstand als dem errechneten ist für diesen Einsatz geeignet.

Die Messung und Messbedingungen für den Wärmewiderstand.

Alle im Katalog angegebenen Werte sind im Hause ALUTRONIC unter folgenden Bedingungen gemessen worden:

- Natürliche Konvektion
- Kühlkörper mattschwarz eloxiert
- Vertikale Anordnung der Rippen
- Eine Wärmequelle im Zentrum des Kühlkörpers (soweit nicht anders angegeben)
- Temperaturmessung zwischen Halbleiter- und KühlkörpermontageflächeVertikale Anordnung der Rippen
- Verwendung von Wärmeleitpaste
- Messung der Umgebungstemperatur in 1 m Abstand vom Messobjekt

Die gemessenen Werte sind angegeben als Temperaturerhöhung in Abhängigkeit von der zugeführten Leistung bei unterschiedlichen Profillängen. Daraus errechnet sind die Wärmewiderstände für die zugehörigen Leistungen und in einer nebenstehenden Tabelle zusammengestellt. Diese Tabellen zeigen die Abhängigkeit des Wärmewiderstandes von der zugeführten Leistung und der Längenabschnitte. Daraus lässt sich z. B. auch ableiten, ab welcher Länge ein bestimmtes Kühlprofil noch sinnvoll einzusetzen ist. Zusätzlich angegeben sind die Oberfläche A, das Volumen V und das Gewicht in g jeweils für die Kühlkörperlänge.

Einfluss des thermischen Übergangswiderstandes

Dem thermischen Kontakt zwischen Halbleitergehäuse und Montagefläche des Kühlkörpers ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Er ist abhängig von Oberflächengüte (Rautiefe), Ebenheit, Anpressdruck und verwendeten Isolier- und Füllmaterialien.

Die Rautiefen liegen bei:

$RZ = 2,5$ bis $4,0$ für unbearbeitete stranggepresste Profile und $RZ < 1,5$ bei plangefrästen Flächen. Die Ebenheit auf einer Fläche von 100×100 mm beträgt $0,5$ bis $1,0$ mm für unbearbeitete stranggepresste Profile gem. DIN und $0,1$ mm oder besser bei plangefrästen Flächen. Lufteinschlüsse (Lunker) zwischen den Montageflächen können durch die Verwendung von Wärmeleitpaste beseitigt werden. Dadurch lässt sich der Wärmeübergangswiderstand (R_{thGK}) verringern. Die Paste sollte jedoch nur so dick wie unbedingt notwendig (Vermeidung von Lufteinschlüssen) aufgetragen werden. Die herkömmliche Schraubmontage wird heutzutage oft von einer kostengünstigen Federmontage, in Verbindung mit einer bereits im Profil eingezogenen Clipnut, ersetzt. Der Anpressdruck wirkt auf die richtige Stelle des Halbleiters bei geringen Montagezeiten.

Einfluss der Oberflächenfarbe eines KÜHLKÖRPERS

Der Einfluss des Strahlungsanteils (schwarze Oberfläche) eines Kühlkörpers auf dessen Wärmewiderstand wird oft falsch eingeschätzt. Eine allgemeine Regel lässt sich nicht ableiten. Ein Rippenkühlkörper strahlt im Wesentlichen nur über seine Umrissfläche Wärme ab. Die Rippenzwischenräume sind meist zu eng, als dass hier Strahlung nach außen dringt und es findet nur ein Strahlungsaustausch zwischen den gegenüberliegenden Rippenflächen statt. Der Strahlungsanteil steigt also nicht proportional mit der für die Konvektion zur Verfügung stehenden Fläche an. Der prozentuale Strahlungsanteil an der Wärmeabgabe ist bei einer einfachen Kühlfläche wesentlich höher als bei einem vollverrippten Kühlkörper. Die gängigen Kühlkörper sind optimiert für Konvektion und nicht für Strahlung. Der Strahlungsanteil ist stark temperaturabhängig und nimmt mit der 4. Potenz zu. Wird die Oberflächentemperatur niedrig gehalten, z. B. bei Fremdbelüftung, weil die Wärme immer wieder abtransportiert wird, so kann der Strahlungsanteil vernachlässigt werden. Die thermisch isolierende Eloxalschicht kann den Übergangswiderstand eher verschlechtern.

Bei Fremdbelüftung, besonders bei starker Fremdbelüftung ist ein blanker oder chromatierter Kühlkörper zweckmäßiger. Ein schwarzer Kühlkörper kann auch mehr Strahlungswärme aus seiner Umgebung aufnehmen. Stehen also irgendwo in der Nähe Bauteile, die höhere Temperaturen annehmen können als der Kühlkörper und haben diese eine größere strahlende Oberfläche, so kann sich der Effekt auch umkehren und der Kühlkörper wird zusätzlich aufgeheizt (Strahlungsaustausch).

Ein schwarz eloxierter Kühlkörper ist aus wärmetechnischer Sicht meistens sinnvoll bei:

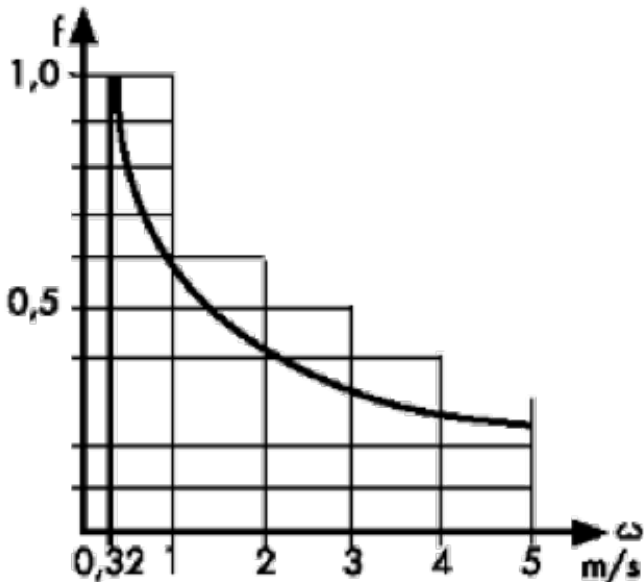
- Eigenkonvektion und höheren Oberflächentemperaturen
- keinen sonstigen wärmeren Strahlungskörpern in der Nähe
- bei höherem thermischen Außenwiderstand (Isolierung der Eloxalschicht klein im Vergleich zur Strahlungskomponente)

Darüber hinaus ist natürlich der Oberflächenschutz zu beachten.

Bei einer chromatierten Oberfläche bleibt die elektrische Leitfähigkeit erhalten und es ist gleichzeitig ein Oberflächenschutz vorhanden. Dieses ist z. B. besonders bei Gehäusen oder Gehäuseteilen wichtig, die EMV-Anforderungen entsprechen müssen.

Einfluss der Konvektionseigenschaften

Mittels Fremdbelüftung kann der Wärmewiderstand eines Kühlkörpers verringert werden. Ist der Wärmewiderstand für freie Konvektion bekannt, so kann für eine bestimmte überströmte Kühlkörperlänge bei unverändertem Temperaturgefälle der Wärmewiderstand bei unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten errechnet werden. Das nachfolgende Diagramm gilt für eine Kühlkörperlänge von 100 mm und einem Temperaturgefälle von 80 K:



Der Faktor f gibt das Verhältnis von Wärmewiderstand bei Eigenkonvektion zu dem Wärmewiderstand bei der gesuchten Luftgeschwindigkeit an.

Designhilfen für die Konzeption eines neuen KÜHLKÖRPERS

Ein neues Instrument zur Optimierung von Kühlkörpern und auch ganzer Kühlsysteme ist die thermografische Computersimulation. Hiermit können auch kundenspezifische Sonderprofile in kürzester Zeit wärmetechnisch optimiert und realisiert werden. ALUTRONIC stellt auch hier seine Dienstleistungen zur Lösung kundenspezifischer wärmetechnischer Probleme zur Verfügung.

Statisches und dynamisches Verhalten eines KÜHLKÖRPERS

Die bisherige Betrachtung gilt für den statischen eingeschwungenen Zustand. Für das transiente Verhalten sind zusätzlich die entsprechenden Wärmekapazitäten und Laufzeiten zu berücksichtigen. Bei Lastpulsen (z. B. beim Anfahren von Fahrzeugen oder Aufzügen) können in kurzer Zeit erhebliche Wärmemengen entstehen, die dann zwischengespeichert werden müssen. Hier sind dann vorrangig hohe Wärmekapazitäten mit möglichst geringen Wärmewiderständen notwendig. Hier werden ein Aluminium- bzw. Kupferklotz oder auch eine Heatpipe eingesetzt.

Fertigungstechnische Hinweise

Presstoleranzen:

Für stranggepresste Profile werden die Normen DIN 1748 - Teil 4 bzw. DIN 17615 - Teil 3 DIN ISO 755 - 9 bzw. DIN ISO 12020 - 2 zugrunde gelegt. Für die in den Profilzeichnungen angegebenen Maße sind diese Normen zu berücksichtigen.

Bearbeitungstoleranzen: CNC - Bearbeitungen erfolgen nach DIN 2768 m.

Andere Bearbeitungstoleranzen auf Anfrage.

Oberflächentechnik:

Bei Oberflächenbehandlung (eloxieren, chromatieren, etc.) entstehen durch Aufnahme in entsprechenden Gestellen unvermeidbare Klammer- bzw. Kontaktstellen. Im Falle applikationsbedingter Einschränkungen ist eine Abstimmung über die Positionierung von Klammerstellen erforderlich.

ALUTRONIC Kühlkörper GmbH & Co KG

Auf der Löbke 9-11

D-58553 Halver

Tel. +49 2353 915 5

Fax +49 2353 915 333

info@alutronic.de

www.alutronic.de