



FASZINATION ELEKTRONIK

publish
industry
verlag



ELEKTRONIK KÜHLEN

BILD-SPONSOR: FISCHER ELEKTRONIK

LANGES LEBEN DANK ENTWÄRMUNG
Kühle Grundlage für die
Elektronik.....Seite 36

TRENDS COUT
Top-Produkte für die
EntwärmungSeite 40

ÜBERBLICK ÜBER TIMS FÜR LEDS
Wider den Hitzetod.....Seite 42

FIRMENPROFIL
Austerlitz ElectronicSeite 46

FIRMENPROFIL
CTX Thermal Solutions...Seite 47

FIRMENPROFIL
Fischer ElektronikSeite 48

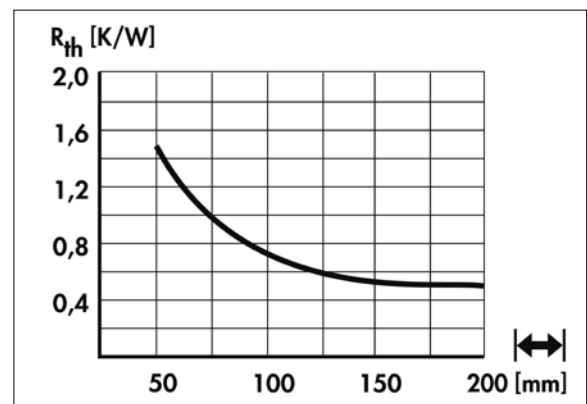
FIRMENPROFIL
ICT SuedwerkSeite 49

DAS PASSENDE WÄRMEMANAGEMENT FINDEN

Kühle Grundlage für die Elektronik

Die Lebensdauer ist eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale von elektronischen Bauteilen. Um eine möglichst lange Einsatzbereitschaft zu erreichen, ist es entscheidend, das richtige Wärmemanagement zu wählen. Dabei gilt es, verschiedene Aspekte zu berücksichtigen: den Kühlkörperwerkstoff, die richtige Dimensionierung und Ausrichtung des Kühlkörpers sowie das Wärmeleitmaterial.

TEXT: Jeannine Schmidt, Fischer Elektronik **BILDER:** Fischer Elektronik; iStock, Poike

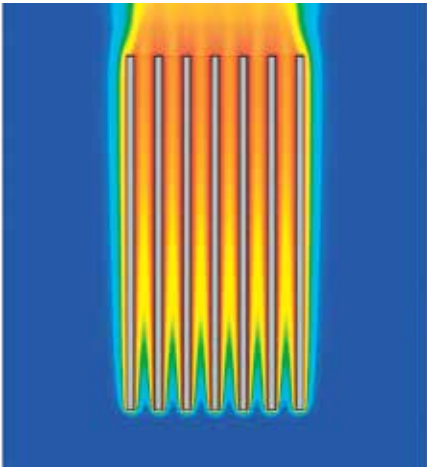


Der thermische Widerstand eines Kühlkörpers hängt von dessen Länge ab. Die Höhe des Widerstands lässt sich aus Diagrammen ablesen, die die meisten Hersteller von Kühlkörpern veröffentlichen.

Thermisch gesehen ist Kupfer (E-Cu58) mit einer Wärmeleitfähigkeit von 380 W/mK, einer der besten Werkstoffe für die Herstellung eines Kühlkörpers. Es hat aber auch einige Nachteile, zum Beispiel den Preis und das hohe Gewicht. Aus diesem Grund wird für die Kühlkörperherstellung in den meisten Fällen Aluminium verwendet. Aluminium besitzt mit 110 bis 220 W/mK je nach Aluminium eine deutlich geringere Wärmeleitfähigkeit als Kupfer. Es hat aber den Vorteil, dass es durch seine geringere Dichte von 2.700 kg/m³ sehr viel leichter ist. Weitere Vorteile sind die gute Oberflächenbehandelbarkeit und dass es sich sehr gut spanend bearbeiten lässt.

Kupfer oder Aluminium

Für die Herstellung kommen verschiedene Herstellverfahren in Frage. Bei komplexen Geometrien kommt oft das Druckgussverfahren zum Einsatz. Bei diesem wird das Aluminium in eine Form gegossen und härtet in dieser aus. Ein Nachteil davon sind die hohen Werkzeugkosten für die Druckgussform, die sich erst bei sehr hohen Stückzahlen durch den Wegfall aufwendiger mechanischer Bearbeitung lohnen. Für dieses Verfahren wird sogenanntes Druckgussaluminium wie EN AC AlSi8Cu3 verwendet. Es liegt mit einer Wärmeleitfähigkeit von 110 bis 130 W/mK weit unter der von Strangpressaluminium, wie EN AW 6060 T66 mit einer Wärmeleitfähigkeit von bis zu 220 W/mK. Darin besteht ein weiterer Nachteil der Druckgusskühlkörper. Bei gleicher Kühlkörpergröße ist die Entwärmung deutlich schlechter als bei einem durch Strangpressen hergestellten Kühlkörper. Beim Strangpressverfahren drückt eine Maschine das Aluminium durch eine Matrize, die eine feste Kontur vorgibt. Anschließend wird der Strang auf die gewünschte Länge abgesägt und mechanisch bearbeitet.



Durch den Kamineffekt erhöht sich die natürliche Konvektion. Um diesen zu erreichen, müssen die Rippen des Kühlkörpers passend ausgerichtet sein.

Ein genereller Nachteil von Aluminium ist, dass es an der Luft korrodiert. Dadurch verschlechtert sich die Wärmeabstrahlung. Um das Korrodieren zu verhindern ist eine Oberflächenbehandlung des Aluminiums notwendig. Für die Aluminiumlegierung ENAW 6060 T66 eignet sich zum Beispiel sehr gut die Anodisierung. Die wichtigste Methode dafür ist das Eloxal-Verfahren. Bei dieser Methode wird durch anodische Oxidation eine oxidische Schutzschicht auf dem Aluminium gebildet. Durch Umwandlung der obersten Metallzone wird ein Oxid beziehungsweise Hydroxid gebildet. Es entsteht eine 5 bis 25 µm dünne Schicht, die den Kühlkörper vor Korrosion schützt. Diese Schicht kann zusätzlich durch Zugaben im Eloxalbad in unterschiedlichen Farben hergestellt werden. Abhängig von der Geometrie können auch Pulverbeschichtungen oder Lackierungen auf dem Aluminium aufgebracht werden.

Die perfekte Dimensionierung und Ausrichtung des Kühlkörpers

Der thermische Widerstand (Wärmewiderstand) ist eine wichtige Kenngröße für die Dimensionierung des Wärmemanagements. Dieser Wert gibt Auskunft über die Wärmemenge, die über den Kühlkörper an die Umgebung abgegeben werden kann und verhält sich umgekehrt proportional zur Wärmeleitfähigkeit. Je kleiner der Wärmewiderstand eines Kühlkörpers ist, desto mehr Wärme kann abgeführt werden. Für die verschiedenen Kühlkörperprofile existieren von den Herstellern Diagramme, die den Wärmewiderstand in Abhängigkeit von der Länge angeben. Der thermische Widerstand berechnet sich nach folgender Formel (R_{th} = Wärmewiderstand in K/W, T_j = Junction Temperature in K, T_a = Umgebungstemperatur in K, P = Gesamtverlustleistung in W):

$$R_{th} = \frac{(T_j - T_a)}{P} = \frac{\Delta T_{ja}}{P}$$

Aufgrund der weiteren Wärmewiderstände entlang des thermischen Pfades sollte immer eine Sicherheitsreserve eingeplant werden, um bei ungünstigsten, nicht vorhersehbaren Verhältnissen die maximale Sperrschichttemperatur nicht zu überschreiten. Für eine genauere Berechnung müssen noch weitere Einzelwärmewiderstände mit einberechnet werden. Zu den Einzelwärmewiderständen zählen unter anderem der innere Wärmewiderstand des Bauteils R_{thG} (Herstellerangabe), der Wärmewiderstand des Wärmeleitmaterials R_{thM} und der Wärmewiderstand des Kühlkörpers R_{thK} . Die Formel dafür lautet:

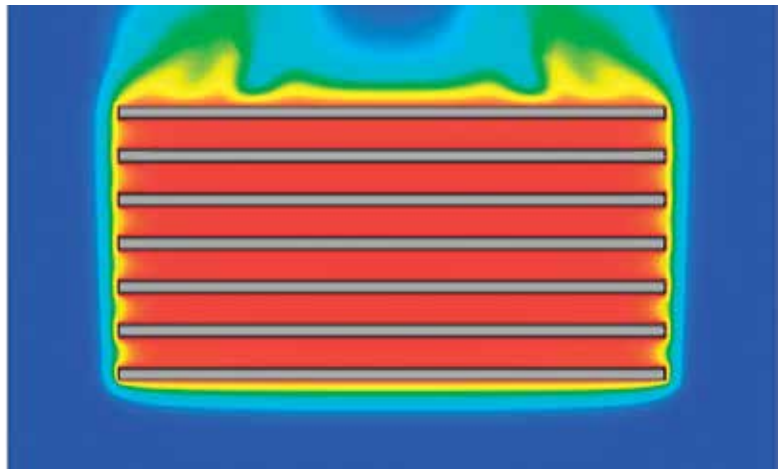
$$R_{th} = R_{thK} + R_{thM} + R_{thG}$$

Die Ergebnisse gelten bei der Auswahl des richtigen Wärmemanagements nur als Anhaltspunkte und sollten immer mittels Tests überprüft werden.

Häufig wird angenommen, dass nur die Oberflächengröße die Effektivität des Kühlkörpers bestimmt. Das ist allerdings nicht ganz richtig. Sie hat zwar einen positiven Einfluss auf den Wärmewiderstand, ist aber nicht alleine ausschlaggebend. Die Rippenhöhe sowie der Rippenabstand müssen ebenfalls mit betrachtet werden. Ein zu geringer Rippenabstand kann einer Überlagerung der Grenzschichten zur Folge haben. Das wirkt sich negativ auf die Entwärmung aus. Die Wärme wird bei sehr hohen Rippen nicht mehr bis in die Spitzen geleitet. Zu hohe Rippen sind deshalb ab einem bestimmten Punkt nicht mehr sinnvoll. Das stellt Kühlkörperentwickler vor die Herausforderung, das perfekte Gleichgewicht zwischen Rippenabstand, Rippenhöhe und Oberflächengröße zu finden.

Vor der Auslegung des Kühlkörpers ist es wichtig festzulegen, welche Ausrichtung der Kühlkörper in der Anwendung hat. Sollte das im Vorfeld nicht möglich sein oder falls die Anwendung in unterschiedlichen Positionen betrieben wird, ist immer

Eine unpassende Ausrichtung der Kühlrippen sorgt für einen Wärmestau. Dadurch sinkt die Effektivität des Kühlkörpers.



vom Worst Case auszugehen. Bei einer parallelen Ausrichtung der Kühlrippen zur Luftströmung, also parallel zur Gravitation, findet die effektivste Entwärmung statt. Dadurch wird der sogenannte Kamineffekt begünstigt. Durch die Abgabe der Wärme vom Kühlkörper an die umgebende Luft und durch die unterschiedliche Dichte von kalter und warmer Luft steigt die warme Luft nach oben. Eine natürliche Konvektion entsteht. Kalte Luft kann von nach unten geöffneten Rippen angesaugt werden. Dadurch ist der Temperaturunterschied immer möglichst groß und der Kühlkörper arbeitet am effektivsten. Bei einer Drehung um 90 Grad sinkt die Effektivität hingegen. Zwar wird immer noch Wärme an die Umgebung abgegeben, durch den ausbleibenden Kamineffekt allerdings nicht mehr so viel. Die oberen Rippen verhindern, dass die warme Luft durch die natürliche Konvektion nach oben strömt. Die unteren Rippen unterbinden, dass kalte Luft von unten nachströmt.

Bei der erzwungenen Konvektion spielt die Ausrichtung hingegen lediglich eine untergeordnete Rolle. Eine erzwungene Konvektion entsteht typischerweise durch die Verwendung eines Lüftermotors. Dabei ist die Geschwindigkeit der induzierten Luft höher als die der natürlichen Konvektion und überlagert diese somit. Die Ausrichtung ist deshalb nicht mehr so entscheidend für die Kühlleistung.

Paste, Kleber oder Folie

Luft ist, mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,0263W/mK, einer der schlechtesten Wärmeleiter überhaupt. Deshalb sollten Lufteinschlüsse bei der Befestigung des Bauteils vermieden werden. Lufteinschlüsse entstehen durch Unebenheiten und Toleranzen, sowie Rauheit und Unebenheiten im Bauteil und im Kühlkörper, die sich nie ganz verhindern lassen. Mit Hilfe mechanischer Bearbeitung und passendem Wärmeleitmaterial können sie aber ausgeglichen werden. Wärmeleitmaterial zeichnet sich

dadurch aus, dass die Wärmeleitfähigkeit immer besser ist als die von Luft.

Bei der Auswahl des Wärmeleitmaterials stehen verschiedene Materialien zur Verfügung. Welche am besten geeignet ist, hängt stark von dem Einsatzgebiet ab. Die drei Hauptgrundtypen sind Wärmeleitfolien, Wärmeleitkleber und Wärmeleitpasten. Sie unterscheiden sich in der Verwendung, der elektrischen Isolation, der Schichtdicke und der Wärmeleitfähigkeit. Die folgende Formel zeigt, wie die Wärmeleitfähigkeit und die Schichtdicke in die Berechnung des Wärmewiderstandes für das Wärmeleitmaterial mit eingehen (d = Dicke oder Länge des Wärmeweges in m, λ = Wärmeleitfähigkeit des Materials in W/mK A = Querschnittsfläche der Kontaktfläche in m^2):

$$R_{thgG} = \frac{d}{\lambda \cdot A}$$

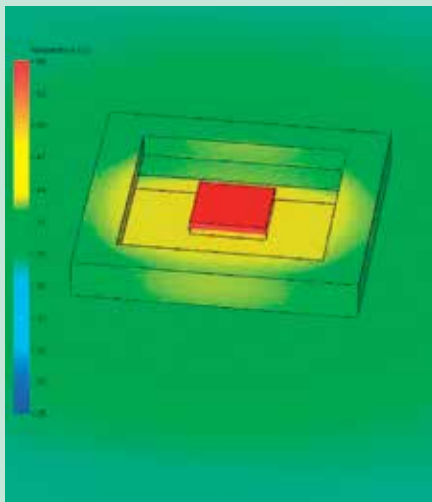
Wärmeleitpasten und -kleber werden in der Regel mit einer sehr geringen Schichtstärke von ungefähr 50 μm aufgebracht. Das führt zu einem geringen Wärmewiderstand. Hierzu sollten die Oberflächen im Hinblick auf Toleranzen allerdings fast ideal sein. Falls das nicht gewährleistet werden kann, oder die Handhabung mit Pasten oder Klebern zu aufwendig ist, greifen viele Hersteller auf Folien zurück. Sie haben mit einer größeren Stärke einen höheren Wärmewiderstand, können aber auch Luftspalte bis zu einer Stärke von 5 mm ausgleichen.

Durch die zahlreichen verschiedenen Faktoren des Wärmemanagements ist es in vielen Fällen nicht einfach, das perfekte Zusammenspiel der einzelnen Komponenten zu finden. Dennoch ist es entscheidend, das Wärmemanagement ausreichend gut auszulagern. Das sorgt dafür, dass die elektronischen Bauteile keinen Schaden nehmen und ihre Lebensdauer vollständig ausschöpfen können. □

TRENDS

KÜHLUNG FÜR ELEKTRONIK

Leistungsfähigere und gleichzeitig kleinere Elektronik sorgt für eine größere Hitzeentwicklung. Dadurch steigt das Risiko eines temperaturbedingten Ausfalls. Gut, dass es auch bei der Kühlung Fortschritte gibt.



Ausbildung im Wärmemanagement

Thermische Simulation

Je komplexer die Elektronik, desto schwieriger ist auch das passende Wärmemanagement. Um dieses sinnvoll umzusetzen, bietet sich der Einsatz von Simulationswerkzeugen an. Mit der CFD-Software 6SigmaET lässt sich die Hitzeentwicklung in elektronischen Geräten nachbilden. Durch die kombinierte Betrachtung von Wärmeleitung, Konvektion und Energieaustausch durch Wärmestrahlung ist es möglich, den jeweilige Ist-Zustand realistisch zu ermitteln. Damit Ingenieure den Umgang mit 6SigmaET beherrschen, bietet der Dienstleister **Alpha-Numerics** Schulungen für die Software an.



Hochleistungskühlkörper

Modulare Bauweise

Für den Einsatz in kleinen Frequenzumrichtern, Telekommunikationssystemen und der Datenverarbeitung eignen sich kompakte und effiziente SuperPower-Hochleistungskühlkörper aus einer Aluminiumlegierung. Die von **CTX Thermal Solutions** angebotenen Modelle basieren auf einem standardisierten Modulbaukasten, aus dem sich anwendungsspezifische Kühlkörper fertigen lassen. Sie erreichen fast die gleiche Kühlleistung wie Flüssigkeitskühlkörper, sind jedoch deutlich kostengünstiger. Sie sind um bis zu 40 Prozent leichter und kompakter als herkömmlicher Strangpressprofile.



Phase-Change-Materialien

Hohe Leistungsfähigkeit

Phase-Change-Wärmeleitmaterialien sind eine gute Alternative zu herkömmlichen Wärmeleitpasten. Das Unternehmen **Fischer Elektronik** führt neue Materialtypen, die hohe thermische Leistungsfähigkeit mit einer einfachen Aufbringung auf die zu kontaktierenden Oberflächen kombinieren. Die Materialien FSF 15 P und FSF 20 P sind im Anlieferungszustand fest und beginnen bei einer Temperatur von 52 beziehungsweise 48 °C zu fließen. Hierdurch werden mikroskopisch kleine Unebenheiten zwischen der Wärmequelle und beispielsweise einer Wärmesenke ausgeglichen.

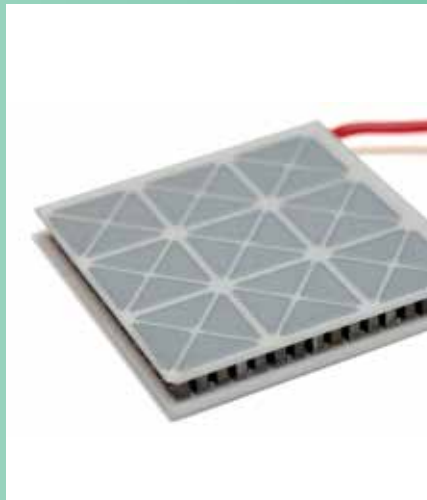
COOL



Chips auf Package Level kühlen

15 °C pro 100 W/cm²

Imec hat eine Möglichkeit vorgestellt, um Chips auf Package Level zu kühlen. Sie richtet sich vor allem an Hochleistungsanwendungen, wie zum Beispiel 3D-Chips. Als Kühlmittel kommen dabei Polymere zum Einsatz. Ein großer Vorteil des neuen Konzept ist Imec zufolge die deutlich geringere Größe im Vergleich zu bestehenden Kühllösungen. Vor dem Hintergrund der immer stärkeren Miniaturisierung von Chips, spielt auch die Größe der Kühlung eine stärkere Rolle. Imec zufolge soll die Kühllösung für eine Temperaturerhöhung von weniger als 15 °C pro 100 W/cm² sorgen.



Thermal Interface Material

PCM für Peltierelemente

Das Unternehmen Telemeter Electronic hat ein neues Phase-Change-Material vorgestellt. Bei ihm handelt es sich um ein Thermal Interface Material (TIM). Telemeter bietet das Material in Verbindung mit Peltierelementen an. Dem Unternehmen zufolge eignet es sich besonders gut bei großen Stückzahlen, um eine gute thermische Anbindung zwischen den Peltierelementen und den Kühlkörpern oder Bauteilen zu schaffen. Es soll sich sehr einfach verwenden lassen, raue Oberflächen und Unebenheiten gut ausgleichen und für eine erhöhte Prozesssicherheit beim Verbauen der Peltierelemente sorgen.

fischer

elektronik

kühlen schützen verbinden

Strangkühlkörper

- umfangreiches Standardprogramm
- zeitoptimierte, automatische Lagerhaltung für kürzere Lieferzeiten
- kundenspezifische Fräsbearbeitungen
- losgrößenoptimierte Fertigung
- diverse Oberflächenausführungen
- Sonderprofile nach Ihren Vorgaben



Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid
 DEUTSCHLAND
 Telefon +49 2351 435-0
 Telefax +49 2351 45754
 E-mail info@fischerelektronik.de



Wir stellen aus:
 „lighting technology“ in Essen
 09. - 11.10.2018



THERMISCHE INTERFACE MATERIALIEN FÜR LEDs

Wider den Hitzetod

Eine passende Kühlung ist von zentraler Bedeutung für LEDs. Sie verhindert nicht nur Ausfälle aufgrund von Überhitzung, sondern erhöht auch die Lebensdauer dramatisch. Eine entscheidende Rolle kommt dabei den thermischen Interface Materialien (TIM) zu. Von ihnen gibt es mittlerweile eine große Auswahl. Aber nicht alle von ihnen eignen sich für jede Anwendung - ein Überblick über die gängigen Materialien und ihre Vor- und Nachteile.

TEXT: Wolfgang Reitberger-Kunze, ICT Suedwerk

BILDER: ICT Suedwerk; iStock, Michal Staniewski

Den meisten LED-Anwendern dürfte mittlerweile bekannt sein, dass Halbleiter den größten Teil der elektrischen Leistung als Verlustleistung in Wärme umsetzen. Dennoch wird dem effektiven Wärmepfad immer noch zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Viele Entwickler gehen davon aus, dass sich LEDs nicht stark erwärmen und ein nicht ausreichendes Wärmemanagement unmittelbar zu einem Totalausfall führen kann.

Die Lichtemission einer LED steigt durch eine höhere elektrische Leistung ihrer Energiequelle. Das erhöht aber zwangsläufig auch die in der LED transformierte Joule'sche Wärme. Steigt nun diese Temperatur signifikant an, sinkt die Lebensdauer. LED-Hersteller erreichen mittlerweile durch besondere Bauformen der LED und der Platinen eine sehr effektive Wärmeabfuhr vom Chip. Damit ermöglichen sie eine höhere Lichtausbeute, ohne die Lebensdauer signifikant zu verringern. Hohe oder stark schwankende Umgebungstemperaturen, in Verbindung mit einem schlechten Wärmepfad, können diese erreichte Lebensdauer aber wieder erheblich verkürzen.

Lebensdauer sinkt von 50.000 auf 100 Stunden

LEDs sollten vom Anwender deshalb stets mit einem Sicherheitsabstand von zirka 25 bis 30 Prozent unterhalb der laut Hersteller maximal zulässigen Sperrschichttemperatur (T_{jmax})

betrieben werden. Eine typische Angabe dafür ist zum Beispiel $T_{jmax} = 120\text{ °C}$. Die Sperrschicht im Halbleiter ist für Messungen in der Regel schwer zugänglich. Deshalb wird stattdessen meist die Arbeitstemperatur T_s am Lötkontakt, dem sogenannten Solder Point, herangezogen und die Differenz zur Sperrschichttemperatur geschätzt. Einige Hersteller haben inzwischen aber auch an definierten Stellen sogenannte Messpunkte installiert, was die Einschätzung erleichtert. Wie weit die Temperatur genau abweichen sollte, gibt der Korrekturwert T_c an. Er ergibt sich aus dem Wärmewiderstand R_{th} der LED, sowie der Vorwärtsspannung UF und dem Vorwärtsstrom IF . Für eine einfache 4-W-LED ergibt sich bei 25 °C Umgebungstemperatur folgende Rechnung:

$$T_c = R_{th} \cdot IF \cdot UF = 6\text{ °C/W} \times 0,56\text{ A} \times 9,3\text{ V} = 31,25\text{ °C}$$

$$T_{smax} = T_{jmax} - T_c = 120\text{ °C} - 31,25\text{ °C} = 88,75\text{ °C}$$

Eine für $T_{jmax} = 120\text{ °C}$ spezifizierte LED darf somit höchstens bei einer maximalen Arbeitstemperatur von $88,75\text{ °C}$ betrieben werden. Besser sind aber 30 bis 35 °C darunter. Steigt bei LEDs mittlerer Helligkeitsgruppen die Arbeitstemperatur T_s von 25 auf 85 °C , fällt die mittlere Lebensdauer bereits auf ein Fünftel, also von etwa 50.000 auf nur mehr 10.000 Betriebsstunden. Im grenzwertigen Einsatz bei $T_s \approx 150\text{ °C}$ und $T_j \approx 175\text{ °C}$ bricht die mittlere Lebensdauer sogar auf nur noch 100 Betriebsstunden ein.

Ein wichtiger Parameter bei der Entwicklung des thermischen Managements einer LED ist ihr Wärmewiderstand (R_{th}), der unabhängig von den Umgebungsbedingungen angegeben wird. Er nimmt ab, je größer die Kontaktfläche A , je höher die thermische Leitfähigkeit k und je kleiner die Schichtdicke d ist:

$$R_{th} = d / (k \times A)$$

Der thermische Gesamtübergangswiderstand ($R_{th(total)}$) wird meist in der Einheit K/W (oder $°C/W$) angegeben und setzt sich wie folgt zusammen:

$$R_{th(total)} = R_{th(JS)} + R_{th(SB)} + R_{th(BA)}$$

Dabei stehen die Indizes J, S, B und A für Sperrschicht (Junction), Lötstelle (Solder Point), Grundplatte (Board) und Umgebung (Ambient). Der Entwickler muss nicht nur die Wärmeübergangswiderstände $R_{th(JS)}$ innerhalb der LED und $R_{th(BA)}$ der LED zur Umgebung kennen, sondern auch den thermischen Kontaktwiderstand $R_{th(SB)}$ zwischen Lötstelle und Platine. Um diesen

Widerstand gering zu halten und unabhängig von der Bearbeitungsqualität der Oberflächen optimale Kontaktierung zu gewährleisten, wird zwischen Grundplatte und Wärmesenke eine dünne Schicht eines sehr gut wärmeleitenden Thermal-Interface-Materials (TIM) eingebracht. Wenn ein Aufbau diese Parameter berücksichtigt, kann er die Arbeitstemperatur einhalten, ohne die Sperrschichttemperatur zu überschreiten.

In der Praxis treten im Leuchtmittelaufbau aber immer erhebliche baugruppenbezogene mechanische Abweichungen auf. Um diese zu berücksichtigen, müssen weitere Faktoren ermittelt werden. Diese Werte muss man in den thermischen Kontaktwiderstand mit einbeziehen. Sie haben wesentlichen Einfluss auf den Wärmefluss zwischen den beteiligten Oberflächen. Diese weisen immer eine Rauheit auf. Die in den Unebenheiten eingeschlossene Luft verschlechtert mit ihrem sehr geringen thermischen Leitwert den Wärmeübergang und verringert die effektive Kontaktfläche. Der Wärmewiderstand $R_{th(Kontakt)}$ ist immer abhängig von der tatsächlichen Fläche, der Oberflächengüte, der Ebenheit, der mechanischen Anpassungsfähigkeit des Wärmeleitmaterials und nicht zu vergessen dem Druck. In der Praxis sind die Abmessungen der Kontaktflächen meist durch die Komponentengehäuse vorgegeben. Die Mindestdicke des Wärmeleitmaterials wird beispielsweise bestimmt durch seine Durchschlagfestigkeit und durch Unebenheiten oder Grate, die es ausgleichen muss.

Welches Wärmeleitmaterial ist am geeignetsten?

Der Schlüssel zur richtigen TIM-Auswahl liegt in der guten Kenntnis der Elektronik der Anwendung. Folgende Faktoren sollten bekannt sein: thermische Impedanz und Leitfähigkeit, Spaltgröße zwischen der Wärmequelle und dem Kühler, Ebenheit der Oberflächen, elektrische Isolationsfähigkeit, Kompressibilität, sicherer Temperaturbereich, UL-Entflammbarkeit, Anteil von Silikonen und die Ausgasungsrate, Verarbeitbarkeit sowie Langzeitstabilität und Zuverlässigkeit.

Wärmeleitpaste

Wärmeleitpasten werden von vielen Entwicklern seit Jahrzehnten als das bestgeeignete TIM gesehen. Die häufigsten Argumente für sie sind ihre angeblich geringen Kosten und, dass sie sich bei Bedarf sehr schnell und auch in großen Mengen auftragen lassen. Generell ist Wärmeleitpaste kein schlechtes TIM. Sie hat sich in vielen Anwendungen bewährt. Der Einsatz von Wärmeleitpaste bringt aber nur dann Vorteile, wenn gewissen



Die Auswahl des falschen thermischen Interface Materials kann zum Totalausfall von LEDs führen.

Parameter eingehalten werden. Bereits 2008 haben Entwickler von Tyco nach aufwendigen Langzeittestreihen bei IGBT Modulen ohne Kupferbodenplatte festgestellt, dass bei einer garantierten homogenen Schichtdicke der Wärmeleitpaste von 20 μm der R_{th} bei 1,3 K/W liegt. Bei einer nicht homogen aufgetragenen Schichtdicke von 150 μm beträgt er hingegen 4,0 K/W. Diese immense Steigerung um 300 Prozent hat einen fatalen Einfluss auf die Wärmeableitung des Moduls. Werden Wärmeleitpasten bei Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Lebensdauer verwendet, ist zudem ein speziell abgestimmtes Vorgehen beim Design und der Materialkombinationen des Gesamtsystems notwendig. Deshalb ist bei allen Leistungsmodulen egal ob IGBT oder LED eine genaue Kontrolle der Schichtdicke der Wärmeleitpaste sehr wichtig. Weniger ist dabei oft mehr.

Grafitfolien

Grafit hat eine hervorragende Wärmeleitfähigkeit, sowie bei einem Reinheitsgrad von 97 bis 99 Prozent eine hohe Temperaturbeständigkeit bis 450 °C. Hochleistungsgrafite weisen sogar eine Temperaturfestigkeit bis 650 °C auf. Grafit eignet sich besser als die meisten anderen Materialien zur Entwärmung von LEDs. Da diese Art von Grafitfolien aus

kompaktierten Flocken bestehen, ist ihre Wärmeleitung anisotrop: Sie bewirken eine besonders schnelle Wärmespreizung in X-Y-Richtung, aber auch eine effiziente Wärmeableitung in Z-Richtung.

Synthetische Graphen- und Grafitfolien

In jüngerer Zeit gewinnen auch immer öfter sogenannte synthetische Graphenfolien an Bedeutung für die effiziente Wärmepfadgestaltung bei High-Power-LEDs. Diese Produktvariante verfügt ebenfalls über eine gewisse Materialweichheit, ist somit leicht kompressibel. Gegenüber den herkömmlichen Grafitfolien weist die synthetischen Graphene aber eine deutlich höhere Wärmeleitfähigkeit in die anisotrope Richtung aus. Zudem sind Schichtdicken von weniger als 80 μm möglich und am Markt auch erhältlich. Mit solchen Schichtdicken können je nach Druckbeaufschlagung und Performance der Kontaktflächen Übergangswiderstände von unter 0,04 K/W pro in^2 erreicht werden. Preislich sind diese Produkte zwar zurzeit noch etwas teurer, aber es entstehen immer mehr Anbieter, was zu einer Preisreduzierung führen wird.

Der sinnvolle Einsatzbereich dieser Interface-Materialien sind Anwendungen, die Wärme effizient und schnell von

Punktquellen (Hotspot) ableiten müssen. Reine Grafit- und synthetische Graphenfolien sind allerdings nicht elektrisch isolierend und können nur minimale Oberflächenunebenheiten, wie leichte Kratzer, ausgleichen. Voraussetzung für einen optimalen Wärmefluss ist daher eine entsprechend hohe Oberflächengüte.

Polyimidfolien

Polyimidfolien werden vorwiegend zur elektrischen Isolation in Bauelementen eingesetzt. Sie weisen eine sehr hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit auf und sind mechanisch zäh und flexibel. Trotz ihrer relativ geringen Wärmeleitfähigkeit eignen sie sich bei geringen Dicken von 25 bis 125 μm aufgrund ihres niedrigen Wärmeübergangswiderstandes auch als Wärmeleitmaterial. Voraussetzung ist jedoch eine sehr gute Oberflächenbearbeitung, da die feste Struktur der Polyimidfolie keine Hohlräume ausgleicht. Durch ihre Stabilität sind sie hervorragend als Substratträger zur Beschichtung mit wärmeleitendem Silikon sowie mit phasenwechselndem Wärmeleitwachs geeignet.

Phasenwechselmaterialien

Bei Phasenwechselmaterialien handelt es sich um eine Wärmeleitwachsmischung, die bei 50 bis 60 °C ihre Konsistenz von

fest in weich verändert und die natürlichen Rauheiten der Oberflächen benetzt. Das Volumen erhöht sich dabei etwa um 10 Prozent. Dadurch werden alle Luft einschüsse ausgetrieben, was für eine hervorragende thermische Verbindung sorgt. Bei Unterschreiten der Temperatur kehrt das Medium wieder in den festen Zustand zurück. Die Verbindung der Kontaktflächen verschlechtert sich dadurch nicht. Diese Methode erzielt in der Regel den geringstmöglichen Wärmeübergangswiderstand. Phasenwechselnde Materialien sind in Folienform erhältlich, deren Verarbeitung relativ aufwändig ist, oder beidseitig auf einem sehr dünnen Substratträger aufgebracht. Dieser ist je nach Anforderung elektrisch isolierend oder leitend.

Wärmeleitende Klebefolien

Wärmeleitende Klebefolien beruhen in der Regel auf Acryl, sind mit wärmeleitenden Keramikfüllstoffen versetzt und druckempfindlich. Sie sind als Folien oder Bänder in verschiedenen Dicken erhältlich, verfügen über ausgezeichnete elektrische Isoliereigenschaften und eine gute Wärmeleitfähigkeit. Durch die weiche Oberflächenbeschaffenheit können sie sich auch unebenen Substraten sehr gut anpassen und die Kontaktflächen flächig benetzen. Dadurch erreichen sie bei zusätzlichem Einsatz von Druck mittels Verschraubung einen sehr geringen Wärmeübergangswiderstand, bieten eine große Klebkraft sowie eine ideale Wärmekopplung. In der Regel verfügen sie auch über eine gute Wärmebeständigkeit.

Elastomere

Das gebräuchlichste Elastomer ist Silikonkautschuk. Es verfügt über eine hohe elektrische Durchschlagfestigkeit,

gute chemische Stabilität und eine hohe Temperaturbeständigkeit. Die thermische Leitfähigkeit bei gleichzeitig hoher Isolationsfestigkeit wird bei Silikon durch Beimischung thermischer Keramiken erreicht, etwa Silica, AL₂O₃ oder Aluminiumnitrid. Je höher ihr Anteil ist, desto besser ist die Wärmeleitfähigkeit, desto höher aber auch der Härtegrad des Materials.

Silikon ist sehr isolationsfest, alterungsbeständig, weich und anpassungsfähig. Durch seine Weichheit kann es relativ leicht mechanisch bearbeitet werden, was die Herstellung komplexer Geometrien ermöglicht. Die Folien weisen üblicherweise eine maximale Wärmeleitfähigkeit von 1 bis 5 W/Km auf, in Sonderfällen auch 10 bis 15 W/Km. Sie sind erhältlich in einer Dicke von 0,1 bis 15 mm. Für eine höhere mechanische Stabilität können sie glasfaserverstärkt oder auf einen Substratträger aufgebracht werden.

Um die Montage zu vereinfachen, werden die Materialien auch einseitig oder beidseitig haftend angeboten. Folien dicker als 0,5 mm werden in der Regel als Gap-Filler genutzt, die durch ihre weiche Konsistenz Toleranzen und Unebenheiten wärmetechnisch gut ausgleichen. Die Kompressionsrate beträgt hierbei maximal 40 Prozent, je nach Härte und Füllungsgrad. Durch richtige Wahl des Anpressdrucks lässt sich somit der geringstmögliche Wärmeübergangswiderstand erreichen. Silikon weist jedoch ein Ausgasen auf, was in manchen Applikationen nicht erwünscht ist.

Wärmemanagement: Fachleute gefragt

Die rasante Entwicklung und die wachsende Leistungsdichte von Hochleis-

tungs-LEDs stellt Hersteller und Anwender vor Herausforderungen im Wärmemanagement. Damit LEDs keinen Schaden nehmen, sollten bei der Entwicklung von Beleuchtungsanwendungen von Beginn an Fachleute des thermischen Managements mitwirken. Sie kennen die funktionellen und Zuverlässigkeitsanforderungen, die Stressbedingungen für die TIM-Folie und benennen die topographischen Verhältnisse, wie Wölbung und Oberflächenrauheit. Mit ihrem Wissen wählen sie die optimale TIM-Folie und lassen deren Eigenschaften in die Simulation einfließen, was sich positiv auf die Lebensdauer und Betriebssicherheit der LED auswirkt. □

Spar Watt
SUNON®

schukat.com

SCHUKAT
electronic

austerlitz electronic

Anschrift

austerlitz electronic gmbh
Ludwig-Feuerbach-Straße 38
90489 Nürnberg, Germany
T +49/911/59747-0
F +49/911/59747-19
info@austerlitz-electronic.de
www.austerlitz-electronic.de

austerlitz electronic liebt die Herausforderung!

Wo immer bei unseren internationalen Kunden große Leistung große Wärme erzeugt, entwickeln wir individuell passende und besonders leistungsstarke Halbleiter-Kühlkörper.

FIRMENPROFIL

GRÜNDUNGSJAHR

1968

MITARBEITER

80

PRODUKTLINIE

- Kühlprofile in Standard-Versionen sowie individuellen Ausführungen
- Flüssigkeitskühler in standard und kundenspezifischen Ausführungen
- Kühlsysteme mit Lüfter
- Kundenspezifische Bearbeitung
- Oberflächenveredelung: Kleben und Beschichten
- wärmeleitend isolieren
- Multilayer Busbars und Stromschienen

ZERTIFIZIERUNGEN

- ISO 9001:2015
- AEO-C

Wir machen Herausforderungen zur Serie

Unser Entwicklungsteam am Stammsitz in Nürnberg wirft seine außergewöhnliche Ingenieurskunst Tag für Tag in die Waagschale, um immer die passendste, effizienteste und nachhaltigste Kühltechnik zu kreieren. Unsere kreativen Köpfe investieren laufend viel Leidenschaft in bessere Ideen für bessere Technik, die schnellstens in Serie gehen kann. Egal, wie groß diese Serie ausfällt.

Was bekommen Sie bei austerlitz electronic?

- individuelle Kühlsysteme für Halbleiter
- einzigartige Flüssigkeitskühler
- leistungsstarke Lüfter-Kühlsysteme
- hochwertige An- und Weiterverarbeitung: CNC-Fräsen, Oberflächenveredelung, Kleben und Beschichten
- Standard-Kühlsysteme
- passendes Zubehör
- Multilayer Busbars und Stromschienen

Alles sorgfältig in Deutschland produziert!



SIND SIE
HEISS AUF
KÜHLSYSTEME?

Einzigartige Technologie mit echten Vorteilen

Gerade in Sachen Flüssigkeitskühlung ist austerlitz electronic absolut führend – mit ausgereifter Technik, deren wahre Wirkung im Detail steckt. Denn nur das Ergebnis zählt: Unsere Kunden profitieren erheblich von einer dauerhaft besseren Wärmeableitung der Kühlsysteme.

Im Einsatz auf der ganzen Welt

Kunden schätzen an austerlitz electronic vor allem die große Flexibilität und das hohe technische Know-how. Beides treibt unser hoch motiviertes Team täglich zu neuen Höchstleistungen an. Kunden aus der Industrie, Medizintechnik, Vertreter des internationalen Bahn- und Nahverkehrs, Hersteller erneuerbarer Energien oder E-Mobilität setzen nur auf höchste Qualität und sind damit eine echte Auszeichnung für austerlitz electronic.

Was ist mit Ihnen?

Wann dürfen wir Ihnen unser traditionsreiches Unternehmen vorstellen? In einem persönlichen Gespräch erzählen wir Ihnen gerne, welche Herausforderungen wir schon gemeistert haben. Oder noch viel besser: Wir hören Ihnen zu. Und meistern anschließend Ihre Herausforderungen.

Wir sind schon ganz heiß... ☐



Anschrift

CTX Thermal Solutions GmbH
 Lötscher Weg 104
 41334 Nettetal, Germany
 T +49/2153/7374-0
 F +49/2153/7374-10
 info@ctx.eu
 www.ctx.eu

Leistungselektronik perfekt kühlen

Kühlkörper der CTX Thermal Solutions GmbH (CTX) sichern die Funktionalität elektronischer Bauteile.

Moderne Leistungselektronik zeichnet sich durch eine hohe Leistungsdichte und damit eine hohe thermische Belastung aus. Zur Wahrung einer zuverlässigen Funktion und langen Lebensdauer ist eine effiziente Kühlung unabdingbar. CTX verfügt als Spezialist für applikationsspezifische und Standard-Kühlösungen über eine umfas-

sende technische Kompetenz im Bereich Wärmebeherrschung und Kühlung von Leistungselektronik. Das Unternehmen mit Sitz im nordrhein-westfälischen Nettetal besitzt langjährige Erfahrung in Design und Vermarktung von Kühllösungen und liefert passgenaue Kühlkörper für Anwendungen in den unterschiedlichsten Branchen.

Außergewöhnlich breites Produktportfolio

Vom Wettbewerb differenziert sich CTX durch das außergewöhnlich breite Angebot an Kühlkörpern und Kühlkonzepten. Neben sofort lieferbaren Standardausführungen umfasst das CTX-Kühlkörper-Portfolio auch spezielle, maßangefertigte Kühllösungen. Dazu zählen Kühlelemente für die Hochleistungselektronik, die Automobil-, Haushalts- und Unterhaltungselektronik sowie für industrielle Netzteile, Computer und für den Bereich der regenerativen Energien, der Haustechnik und der LED-Kühlung. Die Kühlkörper reichen von nur wenigen Millimeter großen und einige Gramm leichten Kühlelementen für SMD-Bauteile bis hin zu zwei Meter langen und 200 Kilo schweren Kühlkörpern für Wechselrichter in der Eisenbahntechnik. Auch die Kühlungsarten sind so unterschiedlich wie die Anwendung selbst: von natürlicher Konvektion über Luftkühlung mit Gebläsen bis hin zu Wärmetransport durch Flüssigkeiten oder Heatpipes zur Kühlung von Halbleiterelementen.

Passiv, aktiv oder flüssigkeitsgekühlt

Die Art der Kühllösung ergibt sich aus den Platz- und Einbauverhältnissen in Abhän-

gigkeit zur Verlustleistung des zu kühlenden elektronischen Bauteils. Diese Parameter bestimmen, ob eine passive Kühlung mit natürlicher Konvektion ausreicht oder ob die Höhe der Verlustleistung eine aktive Kühlung mit Lüfterunterstützung erforderlich macht. Reicht auch eine forcierte Kühlung nicht aus, wird auf Flüssigkeitskühlung zurückgegriffen. „Wann immer Bauraum und Verlustleistung es erlauben, sollte aus Gründen der Langzeitverlängerbarkeit und Kosten die Wahl auf eine lautlose passive und damit wartungsfreie Kühllösung fallen“, rät Wilfried Schmitz, Geschäftsführer von CTX. Das Unternehmen bietet für diese Art der Kühlung verschiedenste Profilkühlkörper aus Aluminium-Strangguss in den unterschiedlichsten Ausführungen. Auch bei SMD- und Leiterplattenkühlkörpern lässt das Angebot an Standard- sowie projektspezifischen Kühllösungen nichts zu wünschen übrig. Speziell für Embedded-Systeme und Industriecomputer bietet CTX passgenaue, CNC-gefertigte Lösungen an, darunter Kühlkörper mit Kupfer-Inlay zur direkten Installation am Hotspot und Heatspreader-Lösungen mit integrierten Heatpipes sowie Lüftern.

Entscheidungshilfe

Bei der optimalen Dimensionierung der Kühllösung und der Klärung der Frage nach passiver oder aktiver Kühlung kann eine thermische Simulation helfen. Der Vorteil: Durch die Simulation entfällt der kostspielige Part der Prototypenfertigung oder wird mindestens drastisch reduziert. □



GRÜNDUNGSJAHR

1997

MITARBEITER

24

PRODUKTE

- Hochleistungs-Kühlkörper in Modulbauweise
- Flüssigkeits-Kühlkörper
- Druckguss-Kühlkörper
- Profil-Kühlkörper, CNC-bearbeitet
- Embedded-Kühlkörper
- Clipse und Federn
- Gehäuse
- Industrielle Lüfter zur Kühlung von Computern, Bürotechnik, Medizintechnik etc.
- Drehknöpfe

ZERTIFIZIERUNGSSTAND

ISO 9001:2015, ISO 14001:2009



Anschrift

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
 Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid, Germany
 T +49/2351/435-0
 F +49/2351/45754
 info@fischerelektronik.de
 www.fischerelektronik.de

Firmenprofil

Fischer Elektronik, gegründet 1968, ist der führende europäische Anbieter von mechanischem Zubehör für die Elektro- und Elektronikbranche. Am Hauptsitz in Lüdenscheid, Nordrhein-Westfalen, wird mit mehr als 400 Mitarbeitern in der Verwaltung und Produktion auf einem über 28.000 m² großen Firmengelände unter optimalen technischen Bedingungen produziert. Auf die Anwendung modernster Techniken und Produktionsverfahren sowie konsequente Produktinnovation und Flexibilität in der Fertigung wird größter Wert gelegt.

Durch einen eigenen Werkzeugbau, eine Kunststoffspritzerei, eine Siebdruckerei sowie die zur Firmengruppe gehörende Fischer Oberflächenveredelung GmbH ist eine hohe Fertigungstiefe gewährleistet.

Eine gute Ausbildung des eigenen Berufsnachwuchses sowohl im kaufmännischen als auch im gewerblichen Bereich wird großgeschrieben. Um den Bedarf an qualifizierten Facharbeitern zu decken, wurde beispielsweise in den vergangenen Jahren intensiv in

die Einrichtung einer Lehrwerkstatt investiert.

Eigene Verkaufsbüros in Österreich, der Tschechischen Republik sowie der Slowakei sichern Fischer Elektronik den Zugang zu den Märkten im Osten Europas. Langjährige Vertriebspartner im In- und Ausland ermöglichen es, die Produkte weltweit in mehr als 90 Länder zu verkaufen.

Namhafte Branchen- und Marktführer designen Fischer Elektronik Produkte in ihre Entwicklungen ein. Mit mehr als 17.000 Kunden der Elektro- und Elektronikindustrie ist Fischer Elektronik eine bedeutende Marke für mechanische Elektronikkomponenten, die auch in den Katalogen der wichtigsten international tätigen Katalogdistributoren zu finden ist.

Die Anzahl der Standardartikel unter Berücksichtigung verschiedener Produktattribute umfasst weit mehr als 75.000 Einzelartikel, die man in dem am Markt bekannten dreiteiligen Produktkatalog wiederfindet. Die Kernkompetenzen liegen in den Bereichen:

- Kühlkörper und Systeme für die Halbleiterentwärmung,
- ein komplettes 19" Aufbausystem und systemunabhängige Gehäuselösungen sowie
- Steckverbindungen rund um die Leiterplatte.

Die Vorhaltung eines Lagers für mehr als 650 verschiedene Aluminium-Kühlkörperprofile sowie die Möglichkeit, aus Standardprodukten spezielle, kundenspezifisch bearbeitete

Lösungen zu generieren, die in puncto Stückzahl, Qualität und Preis den vielfältigen Kundenanforderungen entsprechen, zählen zu den absoluten Stärken des Unternehmens.

Hohe Qualitätsstandards sowie die Fokussierung auf die Wünsche der Kunden gehören ausdrücklich zur Unternehmensphilosophie.

Produkte

- Kühlkörper und Systeme zur Halbleiterentwärmung
- Wärmeleitmaterialien
- Gehäuse
- 19" Technik
- Board Level-Steckverbinder

Märkte Elektronikhersteller aller Branchen

- OEM
- CEM
- Handel Deutschland, Europa und Übersee

Hauptdifferenzierung

- Kundenspezifische Lösungen
- Flexible Fertigung
- Hohe Produktvarianz
- Hohe Fertigungstiefe
- Beratungskompetenz

Zertifizierungsstand

- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO 27001
- AEO-C





Anschrift

ICT SUEDWERK GmbH
 Bajuwarenring 12 a
 82041 Oberhaching, Germany
 T +49/89/2123102-0
 info@ict-suedwerk.de
 www.ict-suedwerk.de

Gründungsjahr

2017

Angebot-Leistungsumfang

- Wärmemanagementlösungen und Wärmeleitmaterialien
- Beratung von der Vorentwicklung bis zur Serienproduktion
- Kundenspezifische Lösungen
- Lohnfertigung

Produktportfolio

Wärmeleitende und elektrisch isolierende Materialien:

- Hochwärmeleitende TC Sheets
- Gapfiller-Silikon- und Silikonfreie Folien
- Wärmeleitwachsbeschichtete Polyimidfolien
- Wärmeleitende Kappen und Silikonschläuche
- Wärmeleitende Keramiken

Wärmeleitende elektrisch nicht-isolierende Materialien:

- Wärmeleitwachsbeschichtete Aluminiumfolien
- Wärmeleitwachs (freestanding-films)
- Graphitfolien und synthetische Graphenfolien
- Abschirmfolien sowie Metall- und weitere Kunststofffolien

Elektrisch isolierende Flächenmaterialien und Isolierbuchsen

Kurzprofil

Von der Vorentwicklung bis hin zur Serienproduktion bieten wir thermische Wärmemanagementlösungen; insbesondere für Leistungshalbleiter und aktive elektronische Bauelemente in der Leistungselektronik. Wir erarbeiten für - und mit - unseren Kunden individuelle hochwertige Lösungen mit Thermal Interface Materialien. Technische und institutionelle Beratung sowie modernste In-house-Fertigung vervollständigen unser Portfolio.

„Die Key-Notes von ICT SUEDWERK sind Innovation, Kompetenz sowie höchste Qualität in Verbindung mit schneller Lieferung ...“

Wolfgang Reitberger-Kunze, CEO und Inhaber



Zielmärkte

- Unternehmen aus der Elektronikindustrie - Leistungselektronik / Mikroelektronik - und dem Maschinenbau, aber auch Automotive, Luft- und Raumfahrt, IT- und Steuerungstechnik, Medizintechnik und Zukunftsantriebe
- Deutschsprachiger Raum (D-A-CH) und EU

Produktion

Am Produktionsstandort Oberhaching fertigen wir mit modernsten Methoden bedarfs-synchron und können auch bei knappen Entwicklungsphasen auf den Punkt liefern.

Zertifizierungen

- DIN EN ISO 9001:2015
- DIN EN ISO 14001:2015

Erreichbarkeit

- Telefonisch und vor Ort in Oberhaching Mo-Fr 08.00-17.30 Uhr
- via Email 24/7 - 365 Tage im Jahr: info@ict-suedwerk.de oder vertrieb@ict-suedwerk.de
- Website (www.ict-suedwerk.de)
- Newsletter (<https://www.ict-suedwerk.de/de/aktuelles/news>)

Logistikleistung

- Kundenspezifische Etikettierung möglich (nach Absprache)
- EDI Anbindung möglich
- Bei Bedarf und nach vorheriger Absprache Sicherheitslager (Just-In-Time-Lieferungen, Lieferwunschtage) möglich
- Umweltbewusste Verpackung

Technischer Support

- TKB (technische Kundenberatung)
- Sonderbeschaffung (Lohnfertigung), zeitnaher Angebotsservice
- Außendienst, technische Unterstützung und bei Bedarf Design-In-Support
- Beratung auch beim Kunden direkt vor Ort

Preisgestaltung

- Bestes PreisLeistungsverhältnis d. effiziente und moderne eigene In-house-Fertigung
- Kurze Entscheidungswege, geringe Overheadkosten, hoher Ausnutzungsgrad der Vormaterialien ermöglichen eine Best-Price-Quality-Performance
- Absolut Wettbewerbsfähige und marktgerechte Preispolitik auch bei kundenspezifischen Anforderungen sowie bei kleinen Stückzahlen
- Bestellungen von Kleinmengen jederzeit möglich
- Warenmindestbestellwert ab 250 Euro per Bestellung

Verfügbarkeit

- Vormaterialien /Grundmaterial (auf Lager)
- Kundenspezifische Zuschnitte (Prototypen) zeitnah realisierbar < 3 Tage wenn Grundmaterial lagernd verfügbar
- Standardlieferzeit A: 8 bis 14 Arbeitstage nach Absprache und Prüfung der Parameter auch eher möglich
- Standardlieferzeit B: 25 bis 30 Arbeitstage wenn Grundmaterial nicht vorrätig ist und bestellt werden muss

