

Das Peltierelement und sein Betrieb

Das Peltierelement ist ein elektrisches Bauteil mit zwei Anschlussdrähten. Es besitzt in der Regel zwei parallel gegenüberliegende, ebene, meist quadratische Keramikoberflächen mit einer Kantenlänge von etwa 10mm bis 50mm und ist etwa 2mm bis 5mm flach. Treibt man einen Gleichstrom durch die Anschlussdrähte, so wird thermische Energie von einer Keramikoberfläche zur anderen - transportiert. Das Peltierelement ist solange in der Lage, diese thermische Energie zu transportieren, bis sich eine von vielen Größen abhängige Temperaturdifferenz einstellt, die nicht weiter gesteigert werden kann. Dabei sinkt die Temperatur auf der einen Seite relativ zur Temperatur der anderen Seite. Man erhält somit zwei unterschiedlich warme Oberflächen, deren Temperaturdifferenz mit der Stromstärke verändert werden kann, wobei die Temperatur selbst jedoch erst einmal nicht vorausbestimmt werden kann. Mit zunehmendem Temperaturhub sinkt die Transportleistung, bis zu dem Punkt, da keine Energie mehr übertragen werden kann. Dann wird die elektrische Energie, die in das Element fließt, nur noch dafür aufgewendet, die Temperaturdifferenz zu halten. Ähnlich einer Pumpe, die Wasser in die Höhe pumpen kann, bis die Pumpkraft und die Schwerkraft des Wassers ins Gleichgewicht gelangen und die Pumphöhe stagniert. Steht bei diesem Beispiel die Pumpe etwa im Keller, so erreicht die Pumphöhe möglicher Weise das 3. Stockwerk, sie fördert dann jedoch kein weiteres Wasser, da sich nun der Pumpendruck und der, Schwerkraftbedingte Wasserdruck im Gleichgewicht befinden. Ins zweite Stockwerk vermag die Pumpe dann vielleicht 10 Liter pro Minute fördern, während sie in der Lage wäre möglicher Weise 20 Liter pro Minute ins erste Stockwerk zu pumpen. Setzte man die Pumpe jedoch ins 10. Stockwerk, so erreichte die Pumpenhöhe natürlich entsprechend größere Höhen. Analog zu diesem Beispiel kann die Starthöhe der Pumpe mit der Temperatur auf der Warmseite des Peltierelementes verglichen werden. Die Förderhöhe wäre dann die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Peltierseiten und die Fördermenge entspräche der Kühlleistung. Damit also die Temperatur auf der Kaltseite bestimmt werden kann, muss die Temperatur auf der gegenüberliegenden Seite bekannt sein. Die Kaltseitentemperatur ergibt sich dann aus Warmseitentemperatur minus

Temperaturdifferenz. Je weniger Energie transportiert werden muss, desto größer ist der maximal erreichbare Temperaturhub.

Einstufige Peltierelemente aus dem Hause Quick-Ohm erreichen einen maximalen Temperaturhub von ca. 70K, wenn die Warmseitentemperatur 25°C beträgt und die transportierte Energie gegen Null geht. Die Quantität dieser Temperaturdifferenz hängt unter anderem von den Eigenschaften der beiden verwendeten Halbleitermaterialien ab. Um möglichst tiefe Temperaturen auf der Kaltseite eines Elementes erreichen zu können, ist es erforderlich, die Warmseite auf niedrigem Temperaturniveau zu halten. In der Praxis wird die Warmseitentemperatur mit einem Wärmetauscher auf konstantem Niveau gehalten.

Die Leistungsfähigkeit eines Wärmetauschers wird über seinen Wert R_{th} beschrieben. Je kleiner sein Wert ist, desto leistungsfähiger ist dieser Kühler und umso geringer heizt sich dieser bei der Energieabgabe gegenüber seinem Kühlmedium auf. Die abzuführende Leistung, die den Kühlkörper wärmer werden lässt, ergibt sich aus der Summe von transportierter Wärmeleistung und der für den Peltierbetrieb notwendigen zugeführten Leistung. Je besser der Kühlkörper zur Stabilisierung der Warmseite gewählt wird, desto geringer heizt sich diese Seite auf und umso tiefer kann die Kaltseitentemperatur absinken.

So wie der ohmsche Widerstand in einem Stromkreis Spannungsabfälle erzeugt, so erzeugen thermische Widerstände, wie auch Kontaktstellen oder Wegstrecken durch Material, Temperaturabfälle.

Die nutzbare Temperaturdifferenz, wird gegenüber der Differenz, die das Peltierelement erzeugt, um diese Temperaturabfälle geschmälert.

Das heißt:

- Soll ein perfekt isolierter Aluminium-Block mit einem Peltierelement heruntergekühlt werden, und wird die Warmseite mit einem Luftwärmetauscher in einer Umgebung von 20°C entwärmt. So verhindern die thermischen Widerstände auf den Weg vom Alukorpus bis zur Umgebungsluft, dass der Alublock -50°C erreicht, obwohl die Temperaturdifferenz direkt am Peltierelement 70 Kelvin betragen könnte.

Darum sind alle thermischen Kontaktstellen sorgfältig auszuführen und Materialien mit guter thermischer Leitfähigkeit, wie etwa Kupfer oder Aluminium, zu wählen. Die häufigste Schwachstelle ist in der falschen Anpassung des Kühlkörpers zu finden.

Die Halbleiter-Materialeigenschaften sind temperaturabhängig. So dass der erreichbare Temperaturhub auf unterschiedlichen Temperaturniveaus unterschiedlich hoch ausfällt. In einem Bereich zwischen -40°C und $+100^{\circ}\text{C}$ steigt der maximal mögliche Temperaturhub mit der Temperatur. Dies verhindert, dass sich die Vorkühlung der Warmseite in vollem Umfang auf der Kaltseite auswirkt. Erreicht das Peltierelement bei einer Warmseitentemperatur von 20°C beispielsweise -30°C auf der Kaltseite, so ist es nicht folgerichtig, zu erwarten, bei einer Warmseitentemperatur von 0°C könne die Kaltseite -50°C erreichen.

Das Peltierelement besitzt gegenüber der konventionellen Wärmepumpe weder bewegliche noch flüchtige Bestandteile, so dass es während seiner langen Lebensdauer völlig wartungsfrei betrieben werden kann.