



Pulsierende Heatpipes

Effiziente Entwärmung von Hot Spots

Schlanke Bauform für hohen Wärmetransport

Grundplatte einer pulsierenden Heatpipe (PHP) mit eingefrästen Kanälen. Nach dem Verlöten mit dem Deckel und der Befüllung mit einem Fluid ist die PHP einsatzbereit.

Mit steigender Leistung und Packungsdichte elektronischer Bauteile steigt auch die auf engem Raum erzeugte Abwärme stark an. Dies führt zu gefährlich hohen Temperaturen und erhöht so das Ausfallrisiko elektronischer Geräte. Mittlerweile werden 55 Prozent der Ausfälle von Elektronikbauteilen allein durch erhöhte Temperaturen verursacht.

Fluidgefüllte Kanäle statt Dochtstruktur

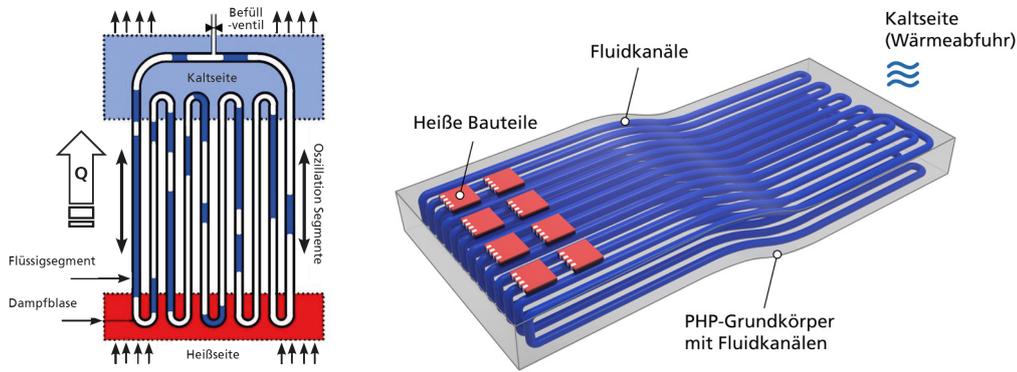
Mit pulsierenden Heatpipes (PHP) können viele Entwärmungsprobleme effektiv gelöst werden. Die PHP kann dabei als gebogenes Rohr oder auch als flache Platte ausgeführt werden. Während bei Standard-Heatpipes der Rückfluss des Fluids zur Wärmequelle meist durch eine Dochtstruktur erfolgen muss, besteht eine pulsierende Heatpipe aus bis zu mehreren Dutzend dünner, mäanderförmiger Windungen, die partiell mit Flüssigkeit befüllt und evakuiert werden. Durch die Oberflächenspannung bilden sich zusammenhängende Segmente aus

Fluid und Dampf. An der Heißseite dehnen sich die Dampfsegmente aus und schrumpfen bzw. kondensieren an der Kaltseite wieder. In der PHP liegen dadurch stets lokale Temperatur- und Druckunterschiede vor, deren Ausgleich das zweiphasige System durch verschiebende Kräfte auf die Fluid/Dampf-Segmente anstrebt. Diese Kräfte erzeugen eine ständige pulsierende Bewegung der Segmente, wobei das System nie in ein statisches Gleichgewicht gerät. Durch die Bewegung der Segmente erfolgt der Fluidtransport von der Heißseite (Wärmequelle) zur Kaltseite und damit auch der Wärmetransport.

Unsere Leistungen

- Kundenspezifische Beratung zur Auswahl der Heatpipe mit Blick auf die Anwendung
- Entwicklung und Herstellung von Heatpipe-Prototypen mit verschiedenen Verfahren wie Vakuumlöten, additive Fertigung (3D-Druck)
- Heatpipe-Charakterisierung
- Unterstützung bei der Fertigung: vom Testsample bis zur Serienproduktion

Sprechen Sie uns an!



Links: Funktionsprinzip einer pulsierenden Heatpipe (PHP)

Rechts: Beispiel eines möglichen PHP-Aufbaus mit mehrlagiger Fluidkanalstruktur für hohe Wärmeleistungsdichten

Vorteile pulsierender Heatpipes

Hoher Wärmetransport auf kleinem Raum

Mit Dicken von lediglich 2–3 mm kann eine PHP sehr flach und kompakt sein und gleichzeitig Wärme extrem effizient abführen. So hat eine am Fraunhofer IPM entwickelte und gebaute PHP aus Kupfer mit Abmessungen von $100 \times 50 \times 2 \text{ mm}^3$ eine um den Faktor sechs bis neun höhere effektive Wärmeleitfähigkeit als eine gleich große Platte aus Vollkupfer – vergleichbar mit Diamant. Dabei sind sehr hohe maximale Wärmeleistungen aus heißen Bauteilen abführbar. Die Wärmetransportfähigkeit ist abhängig von Position und Größe des heißen Bauteils und der Wärmesenke.

Technische Einfachheit und Zuverlässigkeit

Die Funktion des Wärmetransports über das sich hin und her bewegende Fluid ist lageunabhängig und rein passiv. Mit anderen Worten: PHP funktionieren ähnlich wie eine integrierte Wasserkühlung. Dabei sind jedoch weder bewegliche Bauteile noch eine

Stromversorgung erforderlich. PHP funktionieren bei geeigneter Auslegung typischerweise in horizontaler und vertikaler Lage.

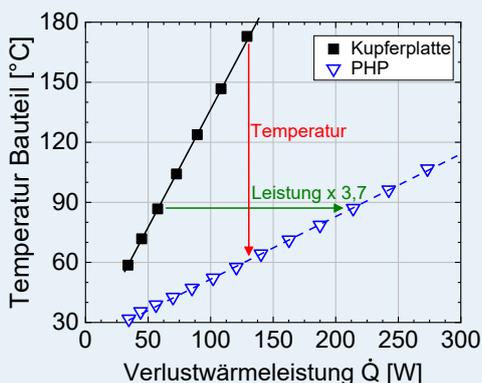
Stabilität und Gewicht

Der Anteil an Hohlräumen ist gegenüber herkömmlichen Heatpipes bzw. Vapor-Chamber-basierten Wärmespreizern deutlich kleiner. So erreichen PHP eine deutlich höhere mechanische Stabilität. Gleichzeitig ist das Gewicht geringer als das einer Vollplatte. Dies ist insbesondere für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt ein entscheidender Vorteil.

Formfreiheit und Integrierbarkeit

PHP können auch durch additive Fertigung (3D-Druck) hergestellt werden. Dies ermöglicht es, die PHP formfrei zu fertigen und direkt (auch mitsamt Kühlkörper) in tragende Bauteile oder Gehäuse zu integrieren und mehrlagige Fluidkanalstrukturen mit sehr hohen maximal abführbaren Wärmeleistungsdichten zu realisieren. Dabei können leichtgewichtige Aluminiumlegierungen verwendet werden.

Kupferplatte vs. PHP: Temperatur eines heißen Bauteils für verschiedene Wärmeleistungen



Hohe Wärmetransportfähigkeit und geringer thermischer Widerstand zeichnen PHP aus. Auf einer PHP (hier $100 \times 50 \times 2,5 \text{ mm}^3$, Kaltseitentemperatur $21 \text{ }^\circ\text{C}$) erreicht ein heißes Bauteil daher eine sehr viel geringere Temperatur (blaue Messpunkte) als auf einer gleich großen Kupferplatte (schwarze Messpunkte). Eine kritische Temperatur von typischerweise um die $80\text{--}90 \text{ }^\circ\text{C}$ wird erst bei drei- bis vierfach höheren Wärmeleistungen erreicht.

Kontakt

Dr. Markus Winkler
Projektleiter
Telefon +49 761 8857-611
markus.winkler@ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für
Physikalische Messtechnik
IPM
Georges-Köhler-Allee 301
79110 Freiburg
www.ipm.fraunhofer.de

