

E L E C T R O N I C S

Informationpaper

**Keramische
Kühler in der
E-Mobilität**



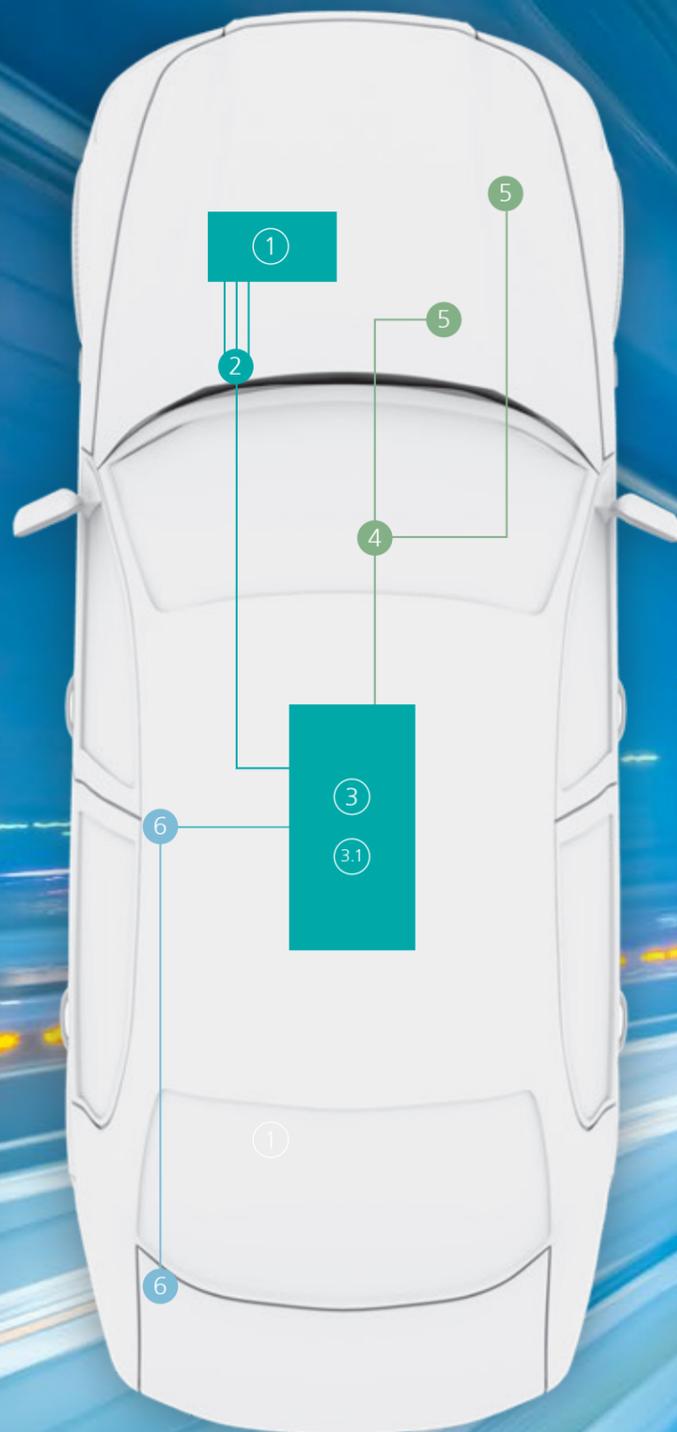
Keramische Kühler für Leistungselektronik in der E-Mobilität

Die E-Mobilität ist ein Sammelbegriff für Fahrzeuge, die mit elektrischer Energie angetrieben werden. Zu dieser Gruppe von Fahrzeugen zählen Elektroautos, der elektrische Schienenverkehr, E-Bikes, Elektro-Scooter, Oberleitungsbussen und weitere, durch elektrische Energie angetriebene Fahrzeuge. Das Hauptaugenmerk liegt dabei bei den Elektroautos. Hier ist der Bedarf an innovativen Lösungen in vielen Bereichen sehr hoch: angefangen bei der Übertragung der Elektrizität vom Stromnetz zum Auto, die Speicherung der elektrischen Energie in Batterien, bis zur Rückwandlung in Wechselstrom um den Elektromotor anzutreiben.

Die größten Unterschiede zwischen herkömmlich angetriebenen- und Elektrofahrzeugen liegen überwiegend in den Bereichen Antrieb und Energiespeicherung.

Normalerweise verfügt ein Elektrofahrzeug über zwei Gleichstrombordnetze mit dazugehörigem DC/DC-Wandler. Der elektrische Antriebsstrang umfasst dabei die HV Batterie, den Wechselrichter und den Elektromotor. Diese erhöhte Komplexität stellt neue Herausforderungen an die Abstimmung aller Komponenten.

Diese können, je nach Fahrzeug, abhängig von Bordnetztopologie und Spannungslevel auf der Nieder- und Hochspannungsseite variieren. Durch steigende Bordnetzspannungen und steigende Leistungen des Antriebssystems mit entsprechenden Lastschwankungen aus der Fahrdynamik resultieren höchste Ansprüche an das System.



1 Elektro-Motoren

Bei den heutigen reinen Elektroautos sind je nach Anbieter verschiedenste Motorleistungen anzutreffen. Für alle Betriebsarten muss der Antriebsstrang die Leistung dynamisch und sicher zur Verfügung stellen. Für Elektromotoren bietet CeramTec beispielsweise Isolations- und Lagerlösungen an.

2 Leistungselektronik

Die Leistungselektronik ist mit einer der wichtigsten Komponenten eines Elektroautos. Dazu zählen Controller zur Motorsteuerung, DC/DC-Wandler. CeramTec bietet hierfür innovative Lösungen mit keramischen Kühlern und Substrate für Schaltungsträger. Das Thema Kühlen wird weiterfolgend näher betrachtet. Hierfür hat CeramTec innovative und führende Lösungen entwickelt.

3 HV-Batterie

Der Fahrzeugakku ist mit dem Herzstück der e-Mobility. Sie gibt es in den unterschiedlichsten Ausprägungen für Kleinwagen bis zum Hochleistungsakku für Sportwagen. Hier kann ebenfalls technische Keramik weitere potientiale erschließen, wie bei der Isolation zur Zelltrennung bei Solid-State Batterien..

3.1 HV-Batteriemanagementsystem

Das Batteriemanagementsystem bewahrt den Akku vor Überspannung, Überhitzung und Tiefentladung. Für die Leistungsschaltungen stehen keramische Komponenten, Kühler und Substrate zur Verfügung.

4 Bordnetz

Hier ist die elektronische Motorsteuerung an die Fahrzeugelektronik und an den Can-Bus angebunden. So lassen sich Assistenzsysteme wie ESP und ABS ansteuern und mit Energie versorgen. In Sachen Kühlung, Substrate als Schaltungsträger und elektrische Komponenten unterstützt auch hierbei technische Keramik

5 Heizung + Klimaanlage

Die Fahrgastzelle wird über PTC Direktheizung oder elektrische Klimakompressoren versorgt. Isolatoren, Heizelemente, Schaltungsträger aus technischer Keramik können hierbei unterstützen.

6 Ladegerät

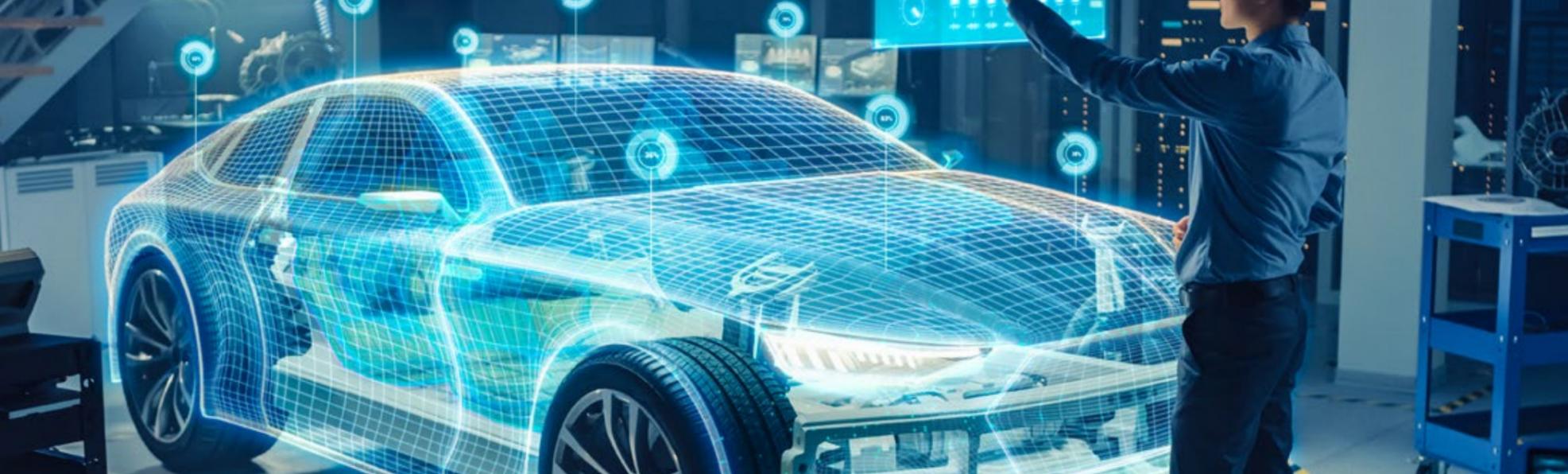
Ob es beim Aufladen der HV-Batterie schnell in einer Stunde gehen muss oder wie beim Normalladen in 6 Stunden – technische Keramik unterstützt hier mit Isolatoren, Schaltungsträgern und elektrischen Komponenten.



Der Einsatz keramischer Kühler in der E-Mobilität

Hohe Spannungen und Ströme kommen in der E-Mobilität zum Einsatz, um die geforderten Motorleistungen bereitzustellen. Der Straßenverkehr und die damit einhergehenden schnell wechselnden unterschiedlichen Geschwindigkeiten erfordern eine höchst dynamische Energiebereitstellung. Entsprechend hohe Anforderungen stellt dies an den Antriebsstrang und all seine zuführenden und regelnden Elemente. Dabei nimmt die elektronische Antriebsstrangsteuerung eine Schlüsselposition ein, um die bereitgestellte elektrische Energie effizient einzusetzen. Dazu ist die Gleichspannung, die von der HV-Batterie zur Verfügung gestellt wird, in Wechselstrom für den Elektromotor umzuwandeln. Dabei hat die Effizienz des Hauptwechselrichters einen wesentlichen Einfluss auf die Reichweite des Elektrofahrzeugs und darauf, wie viele Kilometer mit einer HV-Batterieladung fahrbar sind.

Der Aufbau der Elektronik des Wechselrichters ist für minimale Schaltverluste ausgelegt. Der Entwärmung der Elektronik im Wechselrichter kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Je höher die Wärmemenge ist, die abgeführt werden kann, umso höher kann die Leistungsdichte der Elektronik sein. Ebenso kann das Design der Elektronik in seiner Größe minimiert werden und die Gesamtzahl elektronischer Bauteile lässt sich zudem verringern. Bei einer guten Entwärmung kann das Potential von modernen SiC Halbleiterchips, die eine hohe Schaltfrequenz und verbesserte thermische Eigenschaften besitzen, besser ausgenutzt werden.



Das SiC Wechselrichter-Leistungsmodul auf keramischem Kühler

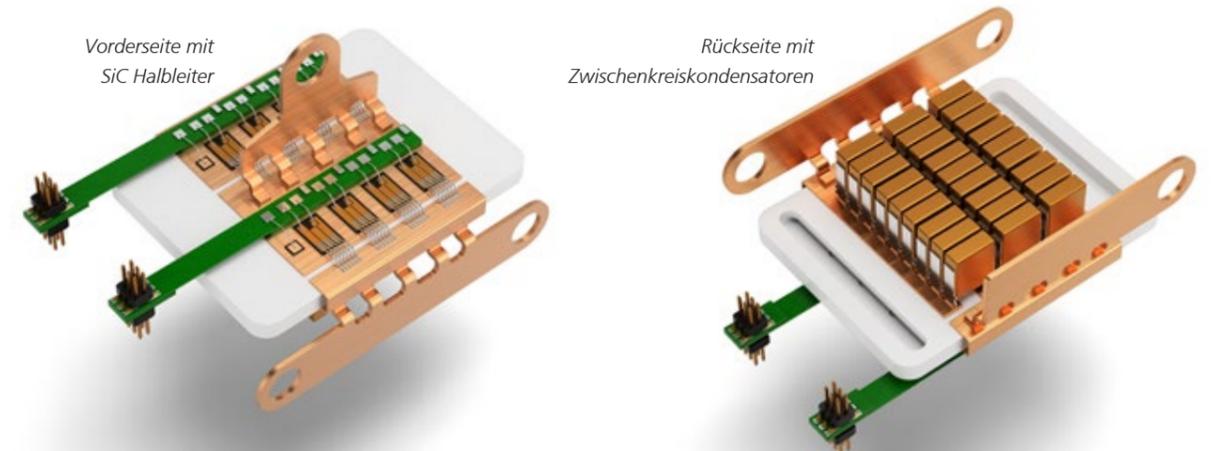
Die nachfolgende Abbildung zeigt das Leistungsmodul für den Wechselrichter.

Dieser unterliegt folgenden Anforderungen:

- 1200V volle SiC-Halbbrücke mit gesinterten Halbleiterbauelementen
- Niedrige $R_{th}' = 0,15 \text{ K} \cdot \text{cm}^2 / \text{W}$ für hohe Strombelastbarkeit
- Niedrige Modulinduktivität durch Modul integrierter Keramikkondensator auf der Rückseite des Keramik Kühlers
- Unkritische Schnittstellen für eine einfache Systemanwendung
- Moduldesign skalierbar je nach aktuellen Anforderungen

Die Chip-on-Heatsink Technologie am Beispiel eines Drive Inverters

Auf der Messe für Leistungselektronik, der PCIM Europe 2021, wurde die Chip-on-Heatsink Kühltechnologie von CeramTec vorgestellt, die für Wechselrichter im Antriebsstrang der E-Mobilität zum Einsatz kommt. Aus den vorherig beschriebenen Anforderungen ergibt sich das Anforderungsprofil an den Kühler, um die maximale elektrische Leistung zu erzeugen und effizient bereitzustellen: geringes Gewicht, kompakt und maximaler Wärmeabtransport sind die geforderten Eigenschaften. CeramTec hat hierfür mit der Chip-on-Heatsink Technologie einen Kühlkörper aus Aluminiumnitrid (AlN) entwickelt, der diese Anforderungen erfüllt. So ist der Kühlkörper Schaltungsträger und Kühlstruktur in einem Bauteil. Dies führt zu einer signifikanten Steigerung der Leistungsdichte und einer deutlichen Reduzierung der Leistungsmodulgröße.



Das Design des keramischen Kühlkörpers ermöglicht eine optimierte Entwärmung der SiC-Halbleiter auf der Oberseite des Kühlkörpers, auf der Unterseite des Kühlkörpers ist der Zwischenkreiskondensator niederinduktiv im Leistungsmodul über kühlerumgreifende Metallisierung integriert.



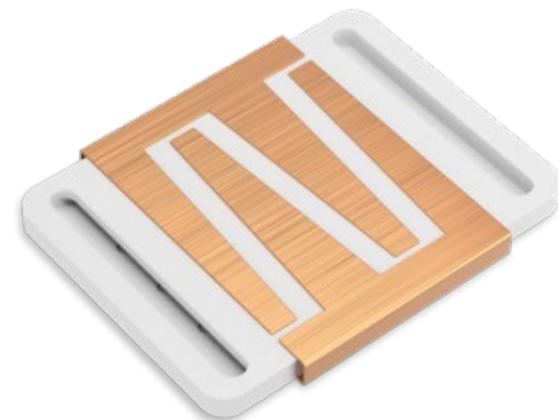
Die Kühlstruktur

Der keramische Kühlkörper verfügt über eine innere Kühlstruktur. Diese ist als Pin-Fin-Struktur aufgebaut wobei der Grundkörper bereits über entsprechende Ein- und Auslässe für das Kühlfluid verfügt. Die Pin-Fin-Struktur erfüllt mehrere Hauptfunktionen. Sie vergrößert die Wärmeübergangsfläche des Kühlkörpers deutlich.

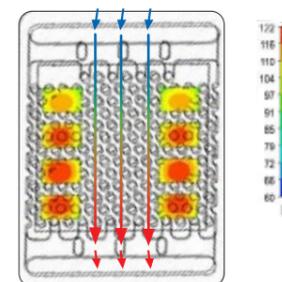
Die Oberfläche der Pin-Fin wird durch deren Anordnung bestens umspült und ermöglicht somit einen guten Abtransport der Wärme. Gleichzeitig sorgt die Pin-Fin-Struktur für eine hohe mechanische Festigkeit des Kühlkörpers der dadurch Druck-, Torsions- und Biegekräfte gut aufnehmen kann.

Der Aufbau des Kühlkörpers

Die strukturierten Kupferbleche werden direkt auf den Keramikkühler aufgebracht. Dimension und Anordnung entsprechen den Anforderungen der Bauteile und der zu erbringenden elektrischen Leistung. Der Aufbau des Kühlkörpers ermöglicht es, beide Seiten als Schaltsträger zu nutzen und beide Seiten zu kühlen.



- Abmessungen: 48 x 36 mm
- Stärke der Metallisierung 0.3 mm
- Gewicht des Keramikkühlers ~ 10 g



Ein weiterer großer Vorteil besteht darin, dass die Pin-Fin-Struktur sich auf den Footprint der SiC-Halbleiter insofern abstimmen lässt, dass sich gleich viele Kühlstifte unterhalb der Kühlfahne befinden. Somit kann eine optimale Entwärmung aller Chips erfolgen.

Mit der Chip-on-Heatsink Technologie von CeramTec, der direkten Metallisierung des Kühlers und der Kühlstruktur, stellt CeramTec ein Kühlsystem für die E-Mobilität zur Verfügung, dass in vielen Bereichen effizient und effektiv zur Kühlung von Powermodulen eingesetzt werden kann.

CeramTec
THE CERAMIC EXPERTS

CeramTec-Platz 1-9
73207 Plochingen
Deutschland

Telefon +49 (0) 7153.611-0
Fax +49 (0) 7153.25421
Email myceramtec@ceramtec.de



YouTube Channel
CeramTec



LinkedIn
www.linkedin.com/ceramtec

