

(19)



(11)

EP 2 937 660 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.10.2015 Patentblatt 2015/44

(51) Int Cl.:
F28F 13/06 ^(2006.01) **F28F 13/12** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14165808.8**

(22) Anmeldetag: **24.04.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

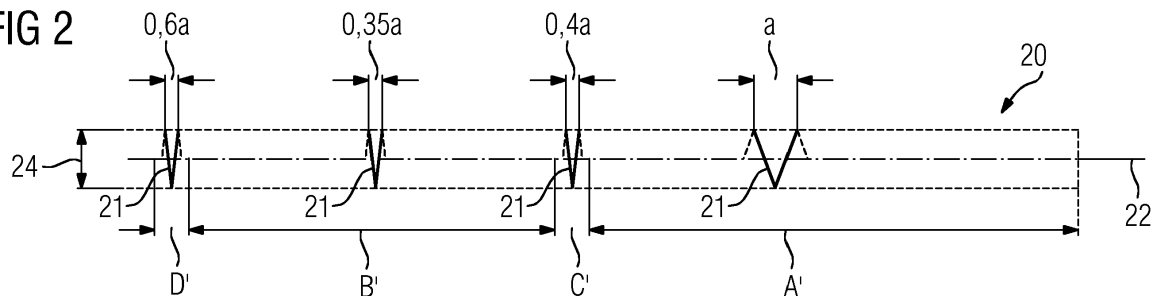
(72) Erfinder: **Hoffmann, Ingolf**
91074 Herzogenaurach (DE)

(54) **Turbulator zum Einsatz in einem Kühlmittelkanal und Wärmeübertragungselement mit einem derartigen Turbulator**

(57) Ein Turbulator (20) zum Einsatz in einem Kühlmittelkanal (4) eines Wärmeübertragungselements (2) weist eine Ausdehnung entlang einer Längsrichtung (22) auf. Die Längsrichtung (22) stimmt beim Einsatz in dem Kühlmittelkanal (4) mit einer Strömungsrichtung (16,18) eines Kühlmittels im Kühlmittelkanal (4) überein. Der Tur-

bulator (20) ist derart ausgebildet, dass sich seine Turbulenzwirkung entlang der Längsrichtung (22) ändert. Ein Wärmeübertragungselement (2) weist einem in einem Kühlmittelkanal (4) angeordneten Turbulator (20) auf.

FIG 2



EP 2 937 660 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Turbulator zum Einsatz in einem Kühlmittelkanal eines Wärmeübertragungselements mit einer Ausdehnung entlang einer Längsrichtung, wobei die Längsrichtung beim Einsatz in dem Kühlmittelkanal mit einer Strömungsrichtung eines Kühlmittels im Kühlmittelkanal übereinstimmt.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Wärmeübertragungselement mit einem derartigen Turbulator.

[0003] Ein Wärmeübergang von einer zu kühlenden Grenzfläche auf ein Kühlmittel, das mit einem Volumenstrom an der Grenzfläche vorbeiströmt, findet im wesentlichen nur in einer orthogonal zur Grenzfläche gerichteten Strömungskomponente oder mit turbulenten Strömungsanteilen statt. Mit einer laminaren Strömung kann hingegen keine nennenswerte Wärmeübertragung erfolgen. Zwar bilden sich auch bei einer laminaren Strömung an einer Grenzfläche geringfügige Turbulenzen durch Schub- und Scherkräfte im Volumenstrom aus, die damit mögliche Wärmeübertragung ist aber nur gering.

[0004] Ein für eine gute Wärmeübertragung erwünschter turbulenter Volumenstrom kann beispielsweise durch eine hohe Strömungsgeschwindigkeit des gesamten Kühlmittels oder durch Einsatz von Strömungsbarrieren, die eine Turbulenz generieren, erreicht werden. Strömungsbarrieren, die im allgemeinen Turbulatoren genannt werden, sorgen für eine lokale Durchmischung oder Verwirbelung des Kühlmittels. In der Literatur lassen sich anstatt Turbulator auch die Begriffe Strömungsverwirbeler oder Mischrohrelement finden.

[0005] Neuerdings wird auch in der Leistungselektronik eine sogenannte Fluidkühltechnik eingesetzt. Damit können dicht angeordnete Leistungsbaulemente mit hoher Verlustleistung optimal entwärmt werden. Die Leistungsbaulemente sind auf einer Kühlplatte montiert, die mit Kühlkanälen für das Kühlmittel versehen ist. Zur Verbesserung der Wärmeübertragung von der Kühlplatte auf das Kühlmittel wird das Kühlmittel verwirbelt. Das an die Kühlplatte angeschlossene Kühlsystem besteht meist aus einer Pumpe, einem Ausgleichsbehälter und einem Wärmetauscher, um die vom Kühlmittel aufgenommene Energie der Leistungsbaulemente an die Umgebung abgeben zu können. Die Abgabe der Energie des Kühlmittels über den Wärmetauscher kann bei derartigen Systemen entweder durch Kühlmittel/Wasseroberfläche oder auch durch Kühlmittel/Luft-Wärmetauscher erfolgen.

[0006] Wenn aus konstruktiven oder anderen Gründen von verschiedenen Einbauplätzen der Leistungsbaulemente auf der Kühlplatte unterschiedliche Wärmemengen abgeführt werden müssen, bieten sich dazu verschiedene technische Lösungen an.

[0007] Bei einer bekannten Lösung werden Turbulatoren in die Kühlkanäle der Kühlplatte eingebracht, die für den größten Wärmestrom der verschiedenen Einbauplätze dimensioniert sind. Nachteilig ist dabei, dass mit

bekannten und auf dem Markt erhältlichen Turbulatoren ein hoher Druckabfall einhergeht, der eine hohe Antriebsleistung für die Kühlmittelströmung erforderlich macht.

[0008] Bei einer anderen bekannten Lösung wird der Kühlmittelstrom so geführt und verteilt, dass Bereichen der Kühlplatte, die mit einem hohen Wärmestrom beaufschlagt sind, ein höherer, nicht vorerwärmter Kühlmittelanteil zugeführt wird. Der Volumenstrom beziehungsweise die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels wird so gewählt, dass sich eine turbulente Strömung einstellt, um einen praktikablen Wärmewiderstand zu erhalten. Diese Lösung erfordert eine komplexe Anordnung der Strömungskanäle in der Kühlplatte.

[0009] Es lassen sich auch die beiden vorstehenden angegebenen Prinzipien zur Wärmeübertragung von einer Kühlplatte auf ein

[0010] Kühlmittel gemeinsam anwenden. In diesem Fall werden neben separat geführten Kühlmittelströmungen auch Turbulatoren in die Kühlkanäle der Kühlplatten eingesetzt. Diese Lösung erfordert ebenfalls eine komplexe Anordnung der Strömungskanäle in der Kühlplatte.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Turbulator anzugeben, der in einem Kühlmittelkanal einer Kühlplatte einsetzbar ist, die an mehreren Einbauplätzen mit verschiedenen hohen Wärmeströmen beaufschlagt wird, und der bei einer hohen Wärmeübertragungswirkung von der Kühlplatte auf das Kühlmittel nur einen geringen Druckabfall im Kühlmittelkanal bewirkt.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ebenfalls darin, eine einfach aufgebaute Kühlplatte mit einem Kühlmittelkanal anzugeben, die an mehreren Einbauplätzen mit verschiedenen Wärmeströmen beaufschlagt wird und die bei einer hohen Wärmeübertragungswirkung auf das Kühlmittel nur einen geringen Druckabfall im Kühlmittelkanal bewirkt.

[0013] Die erstgenannte Aufgabe wird durch einen Turbulator mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Turbulators sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 8. Die zweitgenannte Aufgabe wird durch den Gegenstand des Anspruchs 9 gelöst.

[0014] Erfindungsgemäß ist der eingangs angegebene Turbulator derart ausgebildet, dass sich seine Turbulenzwirkung entlang der Längsrichtung ändert. Da in einem Kühlmittelkanal die Turbulenzwirkung des eingesetzten Turbulators oder auch der Turbulenzgrad einer Kühlmittelströmung die Wärmeaufnahme des vorbeiströmenden Kühlmittels von den Grenzflächen des Kühlmittelkanals bestimmt, lässt sich die Turbulenzwirkung an den auf das Kühlmittel zu übertragenden Wärmestrom anpassen. Es wird damit im Strömungspfad nur so viel Turbulenz erzeugt, wie es für die Abfuhr des örtlich anfallenden Wärmestromes erforderlich ist. Damit ist bei örtlich unterschiedlich anfallenden Wärmeströmen und bei einem gegebenen Gesamt-Wärmestrom der von dem Turbulator erzeugte Druckabfall im Kühlkanal minimal.

[0015] Eine vorteilhafte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass der Turbulator in einer quer zur Längsrichtung ausgerichteten Querrichtung eine kreisförmige Ausdehnung aufweist. Damit ist der Turbulator besonders zum Einsatz in Kühlmittelkanälen mit einem kreisförmigen Querschnitt geeignet.

[0016] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Turbulators zeichnet sich dadurch aus, dass der Turbulator in Längsrichtung mehrere hintereinander angeordnete Turbulatorelemente aufweist und dass mindestens zwei der Turbulatorelemente verschiedene Turbulenzwirkungen aufweisen. Das Turbulatorelement mit der höheren Turbulenzwirkung ist im Bereich des Kühlmittelkanals anzuordnen, aus dem der höhere Wärmestrom abgeführt werden muss.

[0017] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die Turbulatorelemente in mindestens einer ersten und einer zweiten Gruppe hintereinander angeordnet sind und dass die Turbulatorelemente jeweils in der mindestens ersten und in der zweiten Gruppe gleich sind. Damit lassen sich über einen größeren Bereich im Strömungspfad konstante Turbulenzwirkungen erzeugen, die an den abzuführenden Wärmestrom angepasst sind. Die Anzahl der Gruppen von Turbulatorelementen entspricht der Anzahl der unterschiedlich hohen Wärmeströme, die von der Kühlplatte abgeführt werden müssen.

[0018] Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung weisen die Turbulatorelemente jeweils die Form einer Spiralwindung auf und weisen insbesondere unterschiedliche Turbulatorelemente unterschiedliche Steigungen auf. Über die Steigung der Spiralwindung lässt sich auf einfache Weise die erforderliche Turbulenzwirkung einstellen.

[0019] Die vorstehend beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile der Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

FIG 1 in einem Längsschnitt eine Kühlplatte mit mehreren montierten Halbleitermodulen, die örtlich verschiedene Wärmeströme erzeugen,

FIG 2 ein Turbulatorelement mit einer Turbulenzwirkung, die an den örtlich verschiedenen Wärmestrom der Kühlplatte nach FIG 1 angepasst ist,

FIG 3 ein Diagramm mit einem qualitativen Vergleich der Wärmewiderstände an den Einbauplätzen der Kühlplatte nach FIG 1 mit einem herkömmlichen Turbulator und mit einem Turbulator, der mit seiner Turbulenzwirkung an die örtlich verschiedenen Wärmeströme angepasst ist, und

FIG 4 ein Diagramm, das qualitativ bei einem herkömmlichen und einem an einen örtlich verschiedenen Wärmestrom angepassten Turbulator das Verhältnis von abführbarer Wärme-

menge zur Kühlmittelantriebsleistung zeigt.

[0020] In der Leistungselektronik, wie beispielsweise bei Leistungsumrichtern, wird die Verlustleistung von Halbleitermodulen oft mittels Flüssigkeitskühlung von den Halbleitermodulen abgeführt. Mit einer Flüssigkeitskühlung ist eine effektive Kühlung und somit eine hohe Leistungsdichte der Halbleitermodule zu realisieren. FIG 1 zeigt den Teil einer Flüssigkeitskühlung, der die Wärmeübertragung von einem Wärmeübertragungselement in Form einer Kühlplatte 2 auf eine Kühlmittelströmung betrifft.

[0021] In FIG 1 ist in einem Längsschnitt schematisch eine Kühlplatte 2 mit einem Kühlmittelkanal 4 dargestellt. Der Kühlmittelkanal 4 weist vorzugsweise einen kreisförmigen Querschnitt auf und erstreckt sich in Längsrichtung durch die Kühlplatte 2. In der Kühlplatte 2 sind in der Regel über ihre Breite parallel zum dargestellten Kühlmittelkanal 4 weitere Kühlmittelkanäle eingebracht. Diese weiteren Kühlmittelkanäle sind hier dargestellt. Sie sind identisch zu dem in FIG 1 gezeichneten Kühlmittelkanal 4. Die Kühlplatte 2 kann demnach in Längsrichtung von beispielsweise sechs bis acht parallel zueinander ausgerichteten Kühlmittelkanälen durchzogen sein.

[0022] Die Kühlplatte 2 besteht aus einem Metall oder einer Metalllegierung mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit oder einem geringen thermischen Widerstand, beispielsweise aus Aluminium oder Kupfer. Das Material der Oberfläche der Kühlmittelkanäle 4 muss weiterhin kompatibel mit dem verwendeten Kühlmittel sein. Eine Kühlmittelkanaloberfläche aus Kupfer ist mit Wasser und den gebräuchlichsten Kühlflüssigkeiten kompatibel. Aluminium bietet eine gute Wärmestrom-Leistung mit einer Ethylenglykol-Wasser-Mischung (EGW), mit Ölen und mit anderen Flüssigkeiten, es ist aber nicht mit unbehandeltem Wasser kompatibel. Eine Kühlmittelkanaloberfläche aus Edelstahl wird benötigt, wenn deionisiertes Wasser oder andere korrosive Flüssigkeiten verwendet werden.

[0023] Auf einer ersten Oberfläche 6 der Kühlplatte 2 sind insgesamt vier Halbleitermodule 8.1 bis 8.4 in Reihe angeordnet und gut wärmeleitend an der Kühlplatte 2 befestigt. Auf einer zweiten Oberfläche 10 der Kühlplatte 2, die der ersten Oberfläche 6 gegenüberliegt, sind weitere zwei Halbleitermodule 8.5 und 8.6 in Längsrichtung der Kühlplatte 2 nebeneinander angeordnet und ebenfalls gut wärmeleitend an der Kühlplatte 2 befestigt.

[0024] Wenn vorausgesetzt wird, dass jedes Halbleitermodul 8.1 bis 8.6 mit einer Verlustleistung von beispielsweise bis zu mehreren kW die gleiche Wärmemenge erzeugt, dann ist unmittelbar erkennbar, dass die Kühlplatte 2 an den Einbauplätzen der Halbleitermodule 8.1 bis 8.6 mit örtlich verschiedenen Wärmeströmen belastet wird. Insgesamt können bei der vorliegenden Anordnung vier verschiedenen hohe Wärmeströme oder Wärmebelastungen festgestellt werden: Ausgehend von dem Wärmestrom im Bereich A tritt im Bereich B ungefähr der doppelte Wärmestrom auf. Im Bereich C liegt

der Wärmestrom zwischen dem Wärmestrom der Bereiche A und B. Ebenso liegt der Wärmestrom im Bereich D zwischen dem der Bereiche A und B.

[0025] Die Kühlmittelkanäle 4 enden jeweils an den Stirnseiten 12 und 14 der Kühlplatte 2. Vorliegend erfolgt die Zuführung des Kühlmittels zu den Kühlmittelkanälen 4 über die Stirnseite 12, was durch einen Pfeil 16 dargestellt ist. Das Kühlmittel tritt dann an der Stirnseite 14 wieder aus der der Kühlplatte 2 aus, was durch einen Pfeil 18 dargestellt ist.

[0026] Die weiteren Komponenten des Kühlsystems, wie an die Kühlplatte 2 angeschlossene Kühlmittelleitungen, Kühlmittelförderpumpen, Ausgleichsbehälter und Wärmetauscher zur Abgabe der Wärme an die Umgebung, sind hier nicht weiter dargestellt. Diese Komponenten sind dem Fachmann bekannt.

[0027] Der Wärmeübergang von der Kühlplatte 2 auf das in den Kühlmittelkanälen 4 strömende Kühlmittel erfolgt im Wesentlichen durch Turbulenzen des Kühlmittels in den Kühlmittelkanälen 4, die der Kühlmittelströmung von der Stirnseite 12 zur Stirnseite 14 überlagert sind. Es gibt mehrere technische Maßnahmen, diese für einen optimalen Wärmeabtransport benötigten Turbulenzen zu erzeugen. Eine Maßnahme besteht darin, in den Kühlmittelkanälen 4 Turbulatoren 20 anzuordnen, die jedoch als Nebeneffekt den Strömungswiderstand in den Kühlmittelkanälen 4 erhöhen.

[0028] Der Turbulator 20 ist ein Bauteil, das aus einer im Wesentlichen laminaren Teilchen- oder Fluid-Strömung eine turbulente Strömung erzeugt. Durch den Einsatz des Turbulators 20 in dem Kühlmittelkanal 4 wird der Wärmeübertragungskoeffizient von der Kühlplatte 2 auf das Kühlmittel erhöht.

[0029] Turbulatoren zum Einsatz in Kühlmittelkanälen 4 gibt es in verschiedenen Ausführungsformen. Ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit wird vorliegend ein gewendelter Drahtturbulator eingesetzt.

[0030] Während am Markt erhältliche Turbulatoren entlang ihrer Längsachse einen konstanten Turbulenzgrad besitzen, wird vorliegend ein anderer technischer Weg beschritten. Ausgegangen wird von der Überlegung, dass sich ein Optimum zwischen dem benötigten Turbulenzgrad bei einem gleichzeitig niedrigen Strömungswiderstand dann ergibt, wenn die von dem Turbulator 20 erzeugten Turbulenzen oder der Turbulenzgrad des Turbulators 20 angepasst ist auf den abzuführenden Wärmestrom. Der Turbulator 20 weist daher in Strömungsrichtung des Kühlmittels verschiedene, an die abzuführenden Wärmeströme angepasste Turbulenzgrade auf, was in FIG 1 durch verschiedene Steigungen lediglich angedeutet ist.

[0031] Der in FIG 1 nur angedeutet dargestellte, an die Wärmelast angepasste Turbulator 20 wird nun im Folgenden anhand von FIG 2 näher beschrieben. Der Turbulator 20 ist als gewendelter Drahtturbulator mit aneinander gereihten Turbulatorelementen 21 in Form von Spiralwindungen aufgebaut. Die Turbulatorelemente 21 sind aus einem Drahtmaterial hergestellt, das verträglich

mit dem verwendeten Kühlmittel ist. In der Herstellung des Turbulators 20 wird das Drahtmaterial um eine Zentralachse 22 mit einem konstanten Windungsdurchmesser 24, aber mit einer unterschiedlichen Steigung gewendet. Der Turbulator 20 ist in seiner Längsrichtung entlang der Zentralachse 22 durch mehrere - beispielsweise vier - verschiedene Bereiche A' bis D' gekennzeichnet, die den Bereichen A bis D an der Kühlplatte 2 entsprechen. Da innerhalb der Bereiche A bis D jeweils die Wärmelast annähernd gleich ist, ist jeweils in den Bereichen A' bis D' auch der Turbulenzgrad konstant zu halten. Der Turbulenzgrad wird hier bestimmt durch die Steigung der Spiralwindungen. Die optimale Steigung bei einem bestimmten geforderten Wärmeübergang kann experimentell ermittelt werden. Eine erste Gruppe von Spiralwindungen im Bereich A' des Turbulators 20 besitzt beispielsweise die Steigung a. Mit "a" ist hier eine Bezugssteigung gemeint, die beispielsweise 20 mm beträgt. Ausgehend vom Bereich A' besitzt eine zweite Gruppe von Spiralwindungen im Bereich B' mit ungefähr der doppelten Wärmelast eine kleinere Steigung von z.B. 0,35a. Die Steigung ist wegen des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen Steigung, Turbulenzgrad und Wärmeübergang bei doppelter Wärmelast vorzugsweise etwas geringer als die Hälfte. Im ersten Übergangsbereich C' liegt die Steigung bei einer dritten Gruppe von Spiralwindungen zwischen diesen Werten, z. B. bei 0,4a. Im zweiten Übergangsbereich D' liegt die Steigung bei einer vierten Gruppe von Spiralwindungen z. B. bei 0,6a.

[0032] In FIG 2 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Bereichen A' bis D' des Turbulators 20 nur jeweils ein charakteristisches Turbulatorelement 21 in Form einer Spiralwindung dargestellt. Tatsächlich umfasst jede Gruppe eine Vielzahl von Turbulatorelementen 21 oder Spiralwindungen. Die einzelnen Gruppen A' bis D' sind unmittelbar aneinander gereiht angeordnet.

[0033] Die in den FIG 3 und 4 dargestellten Diagramme sollen die Wirksamkeit und die Effektivität der Wärmeübertragung von der Kühlplatte 2 auf das Kühlmittel verdeutlichen.

[0034] FIG 3 zeigt beispielhaft den Wärmewiderstand R_{th} zwischen der Kühlplatte 2 und dem Kühlmittel an den verschiedenen Einbauplätzen der Halbleitermodule 8.1 bis 8.4. Eine Kurve 30 verbindet den Wärmewiderstand R_{th} an den einzelnen Einbauplätzen bei in die Kühlmittelkanäle 4 eingesetzten herkömmlichen Turbulatoren 20, die über der gesamten Länge eine konstante Steigung von z. B. ca. 0,23a aufweisen. Dagegen verbindet eine Kurve 32 die Wärmewiderstände R_{th} an den Einbauorten bei Einsatz von an die Wärmelast angepassten Turbulatoren 20 gemäß FIG 2. In beiden Fällen lässt sich an den Einbauplätzen ein für die Kühlung erforderlich niedriger Wärmewiderstand von 12 K/kW bis 14 K/kW erzielen.

[0035] Die vorstehenden Wärmewiderstände lassen sich jedoch nur mit einer in beiden Fällen unterschiedlichen Kühlmittel-Antriebsleistung verwirklichen. Dieser Unterschied zwischen den beiden Kühlkonzepten wird

anhand von FIG 4 ersichtlich. Dort ist die abführbare Wärmeleistung "PV Kühlplatte" bezogen auf die Kühlmittel-Antriebsleistung "PVFluid" dargestellt. Dabei ist vorausgesetzt, dass der Wärmewiderstand R_{th} an den einzelnen Einbauplätzen analog zu FIG 3 zwischen 12 und 14 K/kW variiert. Unter Einsatz eines herkömmlichen Turbulators lassen sich je Watt Kühlmittel-Antriebsleistung ungefähr 340 Watt Verlustleistung abführen, siehe die Lage des Punktes 34 in FIG 4. Dagegen ergeben sich bei Einsatz eines an die Wärmelast angepassten Turbulators 20 wesentlich höhere abführbare Verlustleistungen. Dabei ist in FIG 4 dieses Verhältnis bei einer Variation der Steigung im Bereich B' dargestellt. Im Bereich B' muss der höchste Wärmestrom abgeführt werden. Wird im Bereich B' eine Steigung von 0,25a gewählt, lassen sich ca. 500 Watt Verlustleistung pro Watt Antriebsleistung abführen, siehe Punkt 36 in FIG 4. Bei einer Steigung des Turbulators 20 im Bereich B von 0,3a lassen sich ca. 530 Watt Verlustleistung pro Watt Antriebsleistung abführen, siehe Punkt 38 in FIG 4. Bei einer Steigung von 0,35a lassen sich 560 Watt Verlustleistung pro Watt Antriebsleistung abführen, siehe Punkt 40 in FIG 4.

[0036] Durch den Einsatz eines an die Wärmelast angepassten Turbulators 20 werden nur in den Bereichen hohe Turbulenzen erzeugt, in denen auch hohe Wärmemengen abgeführt werden müssen. Dadurch ist die Effektivität der Kühlung insbesondere in Bezug auf die benötigte Kühlmittelförderleistung im Vergleich zum Einsatz eines herkömmlichen Turbulators wesentlich verbessert.

[0037] Zusammengefasst weist ein Turbulator 20 zum Einsatz in einen Kühlmittelkanal 4 eines Wärmeübertragungselements eine Ausdehnung entlang einer Längsrichtung auf. Die Längsrichtung stimmt beim Einsatz im Kühlmittelkanal 4 mit einer Strömungsrichtung eines Kühlmittels im Kühlmittelkanal 4 überein. Der Turbulator 20 ist derart ausgebildet, dass sich seine Turbulenzwirkung entlang der Längsrichtung ändert. Ein Wärmeübertragungselement weist einem in einem Kühlmittelkanal 4 angeordneten Turbulator 20 auf.

[0038] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Turbulator zum Einsatz in einem Kühlmittelkanal (4) eines Wärmeübertragungselements (2) mit einer Ausdehnung entlang einer Längsrichtung (22), wobei die Längsrichtung (22) beim Einsatz in dem Kühlmittelkanal (4) mit einer Strömungsrichtung (16, 18) eines Kühlmittels im Kühlmittelkanal (4) übereinstimmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Turbulator derart ausgebildet ist, dass sich seine Tur-

bulenzwirkung entlang der Längsrichtung (22) ändert.

2. Turbulator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Turbulator in einer Querrichtung eine kreisförmige Ausdehnung aufweist.

3. Turbulator nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Turbulator in Längsrichtung (22) mehrere hintereinander angeordnete Turbulatorelemente (21) aufweist und dass mindestens zwei der Turbulatorelemente (21) verschiedene Turbulenzwirkungen aufweisen.

4. Turbulator nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatorelemente (21) in mindestens einer ersten und einer zweiten Gruppe (A bis D) hintereinander angeordnet sind und dass die Turbulatorelemente (21) jeweils in der mindestens ersten und in der zweiten Gruppe (A bis D) gleich sind.

5. Turbulator nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatorelemente (21) in der ersten Gruppe (A) eine von den Turbulatorelementen (21) in der zweiten Gruppe (B) verschiedene Turbulenzwirkung aufweisen.

6. Turbulator nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass Turbulatorelemente (21) jeweils die Form einer Spiralwindung aufweisen.

7. Turbulator nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralwindung eine Steigung aufweist und dass unterschiedliche Turbulatorelemente (21) unterschiedliche Steigungen aufweisen.

8. Turbulator nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turbulatorelemente (21) hintereinander verbunden angeordnet sind.

9. Wärmeübertragungselement mit einem in einem Kühlmittelkanal (4) angeordneten Turbulator (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

FIG 1

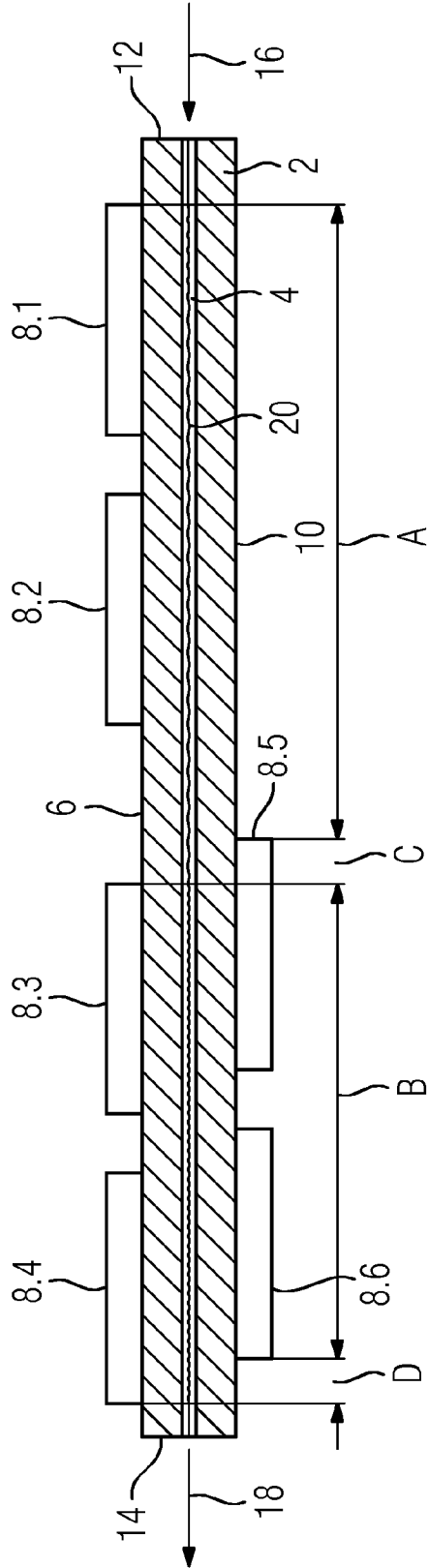


FIG 2

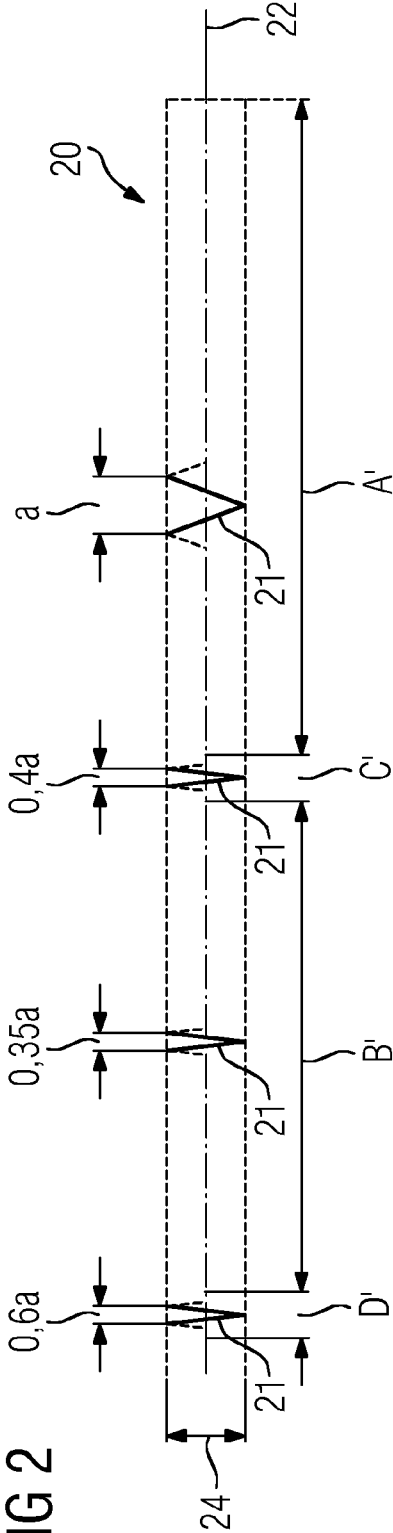


FIG 3

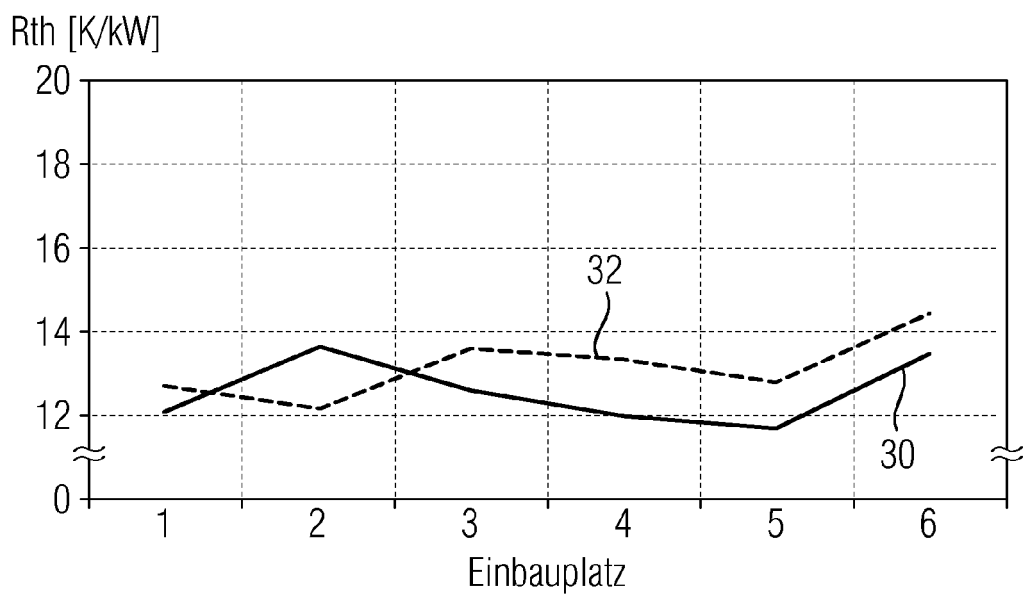
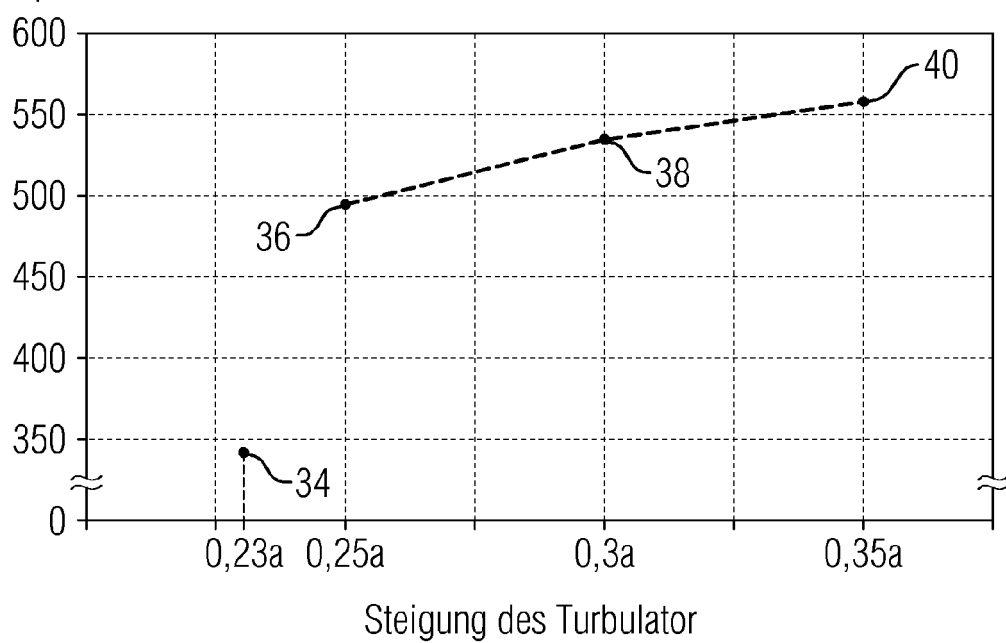


FIG 4

PV Kühlplatte / PV Fluid





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 16 5808

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2012/192812 A1 (RAHMANI RAMIN K [US] ET AL) 2. August 2012 (2012-08-02) * Absatz [0016]; Abbildung 5 * * Absatz [0017] * -----	1-9	INV. F28F13/06 F28F13/12
X	DE 10 2012 208742 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) * Abbildung 2 * -----	1-3,5,8,9	
A	US 6 301 109 B1 (CHU RICHARD C [US] ET AL) 9. Oktober 2001 (2001-10-09) * das ganze Dokument * -----	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		28. Juli 2014	Bain, David
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 16 5808

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-07-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012192812 A1	02-08-2012	CA 2765514 A1	28-07-2012
		US 2012192812 A1	02-08-2012
DE 102012208742 A1	02-10-2013	DE 102012208742 A1	02-10-2013
		WO 2013144214 A1	03-10-2013
US 6301109 B1	09-10-2001	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82