



(10) **DE 11 2015 005 115 T5** 2017.07.27

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/075896**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 005 115.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/005523**
(86) PCT-Anmeldetag: **04.11.2015**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.05.2016**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **27.07.2017**

(51) Int Cl.: **F28F 21/02** (2006.01)
F25B 39/00 (2006.01)
F28D 1/053 (2006.01)
F28F 1/12 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2014-229155 **11.11.2014** **JP**

(71) Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi, JP

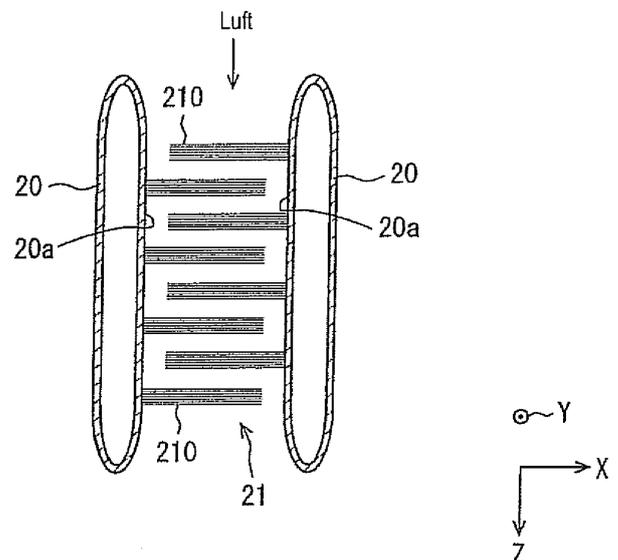
(74) Vertreter:
**Klingseisen, Rings & Partner Patentanwälte,
80331 München, DE**

(72) Erfinder:
**Ota, Aun, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Nakamura,
Shinichiro, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Oshima,
Hisayoshi, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wärmeaustausch-Vorrichtung und Herstellungsverfahren für eine Wärmeaustausch-Vorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Wärmeaustausch-Vorrichtung weist ein Wärmetransfer-Element (20) mit einer thermischen Leitfähigkeit und eine Rippe (21, 121, 221) auf, die integral mit dem Wärmetransfer-Element bereitgestellt ist. Zwischen dem Wärmetransfer-Element und der Rippe wird ein Wärmetransfer durchgeführt. Die Rippe ist durch mehr als einen von einem Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplex (210, 1210, 2210) konfiguriert, der durch aneinandergefügte Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert ist. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe sind auf dem Wärmetransfer-Element angeordnet und sind voneinander beabstandet und ragen in einer axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem Wärmetransfer-Element hervor.



Beschreibung

Verweis auf eine verwandte Anmeldung

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der am 11. November 2014 eingereichten Japanischen Patentanmeldung Nr. 2014-229155, deren Offenbarung durch eine Bezugnahme hierin aufgenommen ist.

Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Wärmetauscher, der eine Rippe aufweist, die einen Oberflächenbereich eines Wärmetransfer-Elements vergrößert, das Wärme erzeugt oder absorbiert, und bezieht sich auf ein Verfahren für diesen.

Stand der Technik

[0003] Ein in der Patentliteratur 1 beschriebener Wärmetauscher weist Rohre und eine Rippe mit einer gewellten Form auf. Die Rohre sind parallel zueinander und beabstandet voneinander angeordnet. Die Rohre weisen einen seitlichen Abschnitt auf, durch den eine kühlende Luft hindurch strömt, und der seitliche Abschnitt weist eine spezifizierte Dicke auf. Die Rippe ist zwischen zwei benachbarten der Rohre derart angeordnet, dass die Rippe und die zwei benachbarten der Rohre so gestapelt sind, dass sie einen spezifizierten Abstand voneinander entfernt sind. Die Rippe bewirkt, dass ein Fluid durch die Rohre hindurch strömt, um Wärme abzustrahlen. Eine Wärmeabstrahlungs-Leistungsfähigkeit der Rippe kann verbessert werden, indem eine Effizienz der Rippe in einer Weise verbessert wird, dass eine Dicke der Rippe vergrößert wird oder dass eine Höhen-Abmessung der Rippe verringert wird.

[0004] Alternativ kann eine Rippe mit einer geringen Dicke verwendet werden, um die Wärmeabstrahlungs-Leistungsfähigkeit zu verbessern und einen Strömungswiderstand des Fluids zu reduzieren. Was die Sicherstellung der Effizienz der Rippe und eine Prozessbeschränkung eines Materials betrifft, beträgt ein realistischer Wert der Dicke jedoch etwa 50 µm, wenn die Rippe aus Aluminium hergestellt ist. Bei der Effizienz der Rippe handelt es sich um ein Verhältnis einer Wärmemenge, die von der Rippe tatsächlich abgestrahlt wird, in Bezug auf eine ideale Wärmemenge, die von der Rippe abgestrahlt wird. Die ideale Menge ist eine Wärmetransfer-Menge, wenn abgeschätzt wird, dass eine Oberflächentemperatur der Rippe gleich einer Temperatur von Basisabschnitten der Rippe ist.

[0005] Herkömmlicherweise wird darauf geachtet, dass ein Material, aus dem die Rippe hergestellt wird, eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweist, um die Effizienz der Rippe zu verbessern. Die Patentliteratur 2 offenbart als eine Wärmeaustausch-Vorrichtung ei-

ne Wärmeabstrahlungs-Rippe, die aus einer Metallplatte so hergestellt ist, dass sie eine gewellte Form aufweist. Ein Flächenkörper aus Graphit, der aus einer mit Graphit behandelten Polymerschicht hergestellt ist, ist an einer Oberfläche der Metallplatte angebracht.

Literaturen des Standes der Technik

Patentliteratur

[0006]

Patentliteratur 1: JP 2001-050678 A
Patentliteratur 2: JP 3649150 B

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Gemäß der Wärmeaustausch-Vorrichtung, welche die Rippe mit der gewellten Form wie in der Patentliteratur 1 aufweist, ist es erforderlich, dass eine Höhen-Abmessung der Rippe von einer Basis-Wärmetransfer-Oberfläche gering ist, um die Effizienz der Rippe in einem Fall sicherzustellen, in dem eine Dicke der Rippe verringert wird. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung wird verkleinert, indem die Höhen-Abmessung der Rippe verringert wird. Wenn die Höhen-Abmessung der Rippe gering festgelegt wird, kann andererseits ein Wärmetransfer-Oberflächenbereich nicht sichergestellt werden, da ein Oberflächenbereich der Rippe nicht vergrößert werden kann. Die Wärmeabstrahlungs-Leistungsfähigkeit kann sich aufgrund einer Verschlechterung der Effizienz der Rippe verschlechtern, wenn die Dicke der Rippe verringert wird, während die Höhen-Abmessung der Rippe aufrechterhalten wird, um den Wärme transferierenden Oberflächenbereich sicherzustellen. Darüber hinaus sollte auf die Prozessbeschränkung für ein Herstellen der Rippe geachtet werden, wenn die Dicke der Rippe verringert wird, und dadurch ist es erforderlich, die Dicke über einem bestimmten Level für das Aufrechterhalten einer Form der Rippe festzulegen.

[0008] Die in der Patentliteratur 2 offenbarte Wärmeaustausch-Vorrichtung kann eine Wärmeabstrahlungs-Rippe bereitstellen, wobei die Effizienz dieser Rippe größer als jene einer formgegossenen Metallplatte mit einer gewellten Form ist. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung kann jedoch eine Anforderung, sowohl ein Verkleinerung der Wärmeaustausch-Vorrichtung als auch eine Verbesserung einer Wärmeaustausch-Leistungsfähigkeit zu erreichen, nicht vollständig erfüllen.

[0009] Die vorliegende Offenbarung befasst sich mit den vorstehenden Problemen, und eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung besteht in der Bereitstellung einer Wärmeaustausch-Vorrichtung, die sowohl eine Vergrößerung eines Wärmetransfer-Oberflächenbereichs in einem Einheitsvolumen als

auch eine Verkleinerung der Wärmeaustausch-Vorrichtung zu erzielen, sowie in der Bereitstellung eines Herstellungsverfahrens für den Wärmetauscher.

[0010] Eine Wärmeaustausch-Vorrichtung weist ein Wärmetransfer-Element, das eine thermische Leitfähigkeit aufweist, sowie eine Rippe auf, die integral mit dem Wärmetransfer-Element bereitgestellt ist. Zwischen dem Wärmetransfer-Element und der Rippe wird ein Wärmetransfer durchgeführt. Die Rippe ist durch mehr als einen von einem Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplex konfiguriert, der durch Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert ist, die aneinandergefügt sind. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe sind auf dem Wärmetransfer-Element angeordnet und voneinander beabstandet. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe ragen in einer axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem Wärmetransfer-Element hervor.

[0011] Gemäß der vorliegenden Offenbarung sind die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe, deren Durchmesser größer als eine Nano-Abmessung oder gleich dieser sind, an einer Oberfläche des Wärmetransfer-Elements so bereitgestellt, dass sie voneinander beabstandet sind. Da die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe voneinander beabstandet sind und in Richtung zu dem Wärmetransfer-Element hervor ragen, kann ein Fluid zwischen den Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexen strömen, und ein Oberflächenbereich der Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe wird zu einem Wärmetransfer-Oberflächenbereich, in dem ein Wärmetransfer durchgeführt wird. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe sind extrem dünn. Dementsprechend können die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe, die in der axialen Richtung aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen, den Wärmetransfer-Oberflächenbereich in einem Einheitsvolumen im Vergleich zu einer Rippe mit einer gewellten Form beträchtlich vergrößern. Da Kohlenstoff-Nanoröhren eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweisen, die sieben bis zehn Mal höher als jene von Aluminium ist, können die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe darüber hinaus eine hohe Effizienz der Rippe auch in einem Fall sicherstellen, in dem die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe eine extrem dünne Rippen-Form aufweisen, deren Abmessung in der Größenordnung von Mikrometern liegt. Im Ergebnis kann ein Wärmetransfer-Oberflächenbereich vergrößert werden, der hinsichtlich einer hohen Effizienz der Rippe effektiv ist, und dadurch kann ein Volumen der Wärmeaustausch-Vorrichtung verringert werden. So wird die Wärmeaustausch-Vorrichtung bereitgestellt, die sowohl eine Vergrößerung des Wärmetransfer-Oberflächenbereichs in einem Einheitsvolumen als auch eine Verkleinerung der Wärmeaustausch-Vorrichtung erzielen kann.

[0012] Ein Herstellungsverfahren für eine Wärmeaustausch-Vorrichtung gemäß der vorliegenden Of-

fenbarung umfasst ein Anordnen von Katalysatoren, die voneinander beabstandet sind, auf einer Oberfläche eines Wärmetransfer-Elements mit einer thermischen Leitfähigkeit, um Stellen festzulegen, an denen die Katalysatoren platziert werden, sowie ein Erwärmen des Wärmetransfer-Elements, an dem die Stellen festgelegt sind, in einem Ofen in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas, nachdem das Wärmetransfer-Element im Inneren des Ofens platziert wurde.

[0013] Gemäß der vorliegenden Offenbarung wachsen die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe bei der Erwärmung von den Stellen auf, an denen sich die Katalysatoren befinden. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe wachsen von den Stellen auf und erstrecken sich von diesen aus, die an der Oberfläche des Wärmetransfer-Elements bereitgestellt sind. Das heißt, die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe können so bereitgestellt werden, dass sie aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen, indem das Wärmetransfer-Element in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas erwärmt wird. So kann gemäß der vorliegenden Offenbarung die Wärmeaustausch-Vorrichtung bereitgestellt werden, bei der die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe so bereitgestellt sind, dass sie aus der Oberfläche des Wärmetransfer-Elements hervor ragen und dass sie voneinander beabstandet sind. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung kann sowohl eine Vergrößerung des Wärmetransfer-Oberflächenbereichs in einem Einheitsvolumen als auch eine Verkleinerung der Wärmeaustausch-Vorrichtung erzielen.

[0014] Alternativ kann gemäß einem Herstellungsverfahren für eine Wärmeaustausch-Vorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung umfassen: Anordnen von voneinander beabstandeten Katalysatoren auf einer Oberfläche eines Rohrs, das eine thermische Leitfähigkeit aufweist und mit einem Lötmaterial bedeckt ist, um Stellen festzulegen, an denen die Katalysatoren platziert werden, Zusammenbauen von mehr als einem der Rohre, an denen Stellen festgelegt sind, mit einem Endbehälter bzw. einem Verteilerbehälter, so dass es sich um einen zusammengebauten Körper derart handelt, dass die Rohre in dem zusammengebauten Körper voneinander beabstandet sind, sowie Erwärmen des zusammengebauten Körpers in einem Ofen in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas, nachdem der zusammengebaute Körper im Inneren des Ofens platziert wurde.

[0015] Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe wachsen während der Erwärmung von den Stellen auf, an denen sich die Katalysatoren befinden. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe wachsen von den Stellen auf und erstrecken sich von diesen aus, die an einer Oberfläche des Rohrs bereitgestellt sind. Das heißt, die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe, die aus der Oberfläche des Rohrs in Richtung zu einem be-

nachbarten Rohr hervor ragen, können zur gleichen Zeit wie ein Löten bereitgestellt werden, indem ein Löten in einem Ofen durchgeführt wird, bei dem das Rohr und der Verteilerbehälter in dem Ofen miteinander verlötet werden. So kann gemäß der vorliegenden Offenbarung die Wärmeaustausch-Vorrichtung mit den Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexen bereitgestellt werden, die zwischen zwei benachbarten Rohren der Rohre bereitgestellt sind. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung kann sowohl eine Vergrößerung des Wärmetransfer-Oberflächenbereichs in einem Einheitsvolumen als auch eine Verkleinerung der Wärmeaustausch-Vorrichtung erzielen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0016] Die vorstehenden und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ersichtlicher.

[0017] Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Wärmeaustausch-Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform darstellt;

[0018] Fig. 2 ist eine teilweise Querschnittsansicht, die eine Konfiguration eines Rohrs und einer Rippe in dem Wärmetauscher gemäß der ersten Ausführungsform darstellt;

[0019] Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht, welche die Konfiguration des Rohrs und der Rippe gemäß der ersten Ausführungsform darstellt;

[0020] Fig. 4 ist eine Abbildung, die einen Herstellungsprozess für die Wärmeaustausch-Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform darstellt;

[0021] Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Zustand nach einem Anordnen von Katalysatoren darstellt;

[0022] Fig. 6 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Zustand darstellt, in dem Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe bei einem Löten in einem Ofen aufwachsen bzw. entstehen;

[0023] Fig. 7 ist eine Vorderansicht, die einen Zustand nach dem Löten in einem Ofen darstellt;

[0024] Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Konfiguration eines Rohrs und einer Rippe gemäß einer zweiten Ausführungsform darstellt;

[0025] Fig. 9 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Konfiguration eines Rohrs und einer Rippe gemäß einer dritten Ausführungsform darstellt.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0026] Im Folgenden werden Ausführungsformen der Offenbarung unter Bezugnahme auf Zeichnungen beschrieben. Bei den Ausführungsformen kann einem Teilstück, das einem bei einer vorhergehenden Ausführungsform beschriebenen Gegenstand entspricht oder äquivalent zu diesem ist, das gleiche Bezugszeichen zugewiesen sein, und Beschreibungen des Teilstücks können weggelassen sein. Wenn bei einer Ausführungsform lediglich ein Teilstück einer Konfiguration beschrieben ist, können bei vorhergehenden Ausführungsformen beschriebene Teilstücke auf die anderen Teilstücke der Konfiguration angewendet werden. Die Teilstücke können kombiniert werden, auch wenn es nicht explizit beschrieben ist, dass die Teilstücke kombiniert werden können. Die Ausführungsformen können teilweise kombiniert werden, auch wenn es nicht explizit beschrieben ist, dass die Ausführungsformen kombiniert werden können, vorausgesetzt, dass bei der Kombination kein Nachteil entsteht.

[0027] Eine Wärmeaustausch-Vorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung weist eine Rippe auf, die einen Oberflächenbereich eines Wärmetransfer-Elements vergrößert. Das Wärmetransfer-Element erzeugt Wärme oder absorbiert Wärme. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung umfasst zum Beispiel die folgende Wärmeaustausch-Vorrichtung. Eine Wärmeaustausch-Vorrichtung weist ein Wärmetransfer-Element und eine Rippe auf, die integral mit dem Wärmetransfer-Element bereitgestellt ist. Bei dem Wärmetransfer-Element handelt es sich um einen Wärme erzeugenden Körper oder einen Körper, der mit einem Wärme erzeugenden Körper thermisch gekoppelt ist. Dementsprechend wird Wärme, die von dem Wärme erzeugenden Körper erzeugt wird, von dem Wärmetransfer-Element zu der Rippe transferiert und wird von der Rippe weiter zu einem Fluid transferiert, das um die Rippe herum strömt. Im Ergebnis wird der Wärme erzeugende Körper gekühlt. Alternativ weist eine Wärmeaustausch-Vorrichtung ein Rohr auf, in dem ein Wärmemedium strömt, und weist eine Rippe auf, die integral mit dem Rohr bereitgestellt ist. Wärme von dem Wärmemedium wird von dem Rohr zu der Rippe transferiert und wird von der Rippe weiter zu einem Fluid transferiert, das um die Rippe herum strömt. Im Ergebnis wird das Wärmemedium gekühlt.

Erste Ausführungsform

[0028] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 7 eine erste Ausführungsform als eine Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beschrieben. Zum Beispiel handelt es sich bei einer Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** um eine Komponente, die in einem Kältekreislauf für eine Fahrzeug-Klimaanlage angebracht ist. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung wird zum Beispiel als ein Verdampfer ver-

wendet, der ein Kältemittel verdampft. Das Kältemittel wird in einem Kompressor komprimiert, um so eine hohe Temperatur und einen hohen Druck aufzuweisen, es strahlt Wärme ab und wird in einem Kühler gekühlt, es wird in einem Dekompressor dekomprimiert, um so eine niedrige Temperatur und einen niedrigen Druck aufzuweisen, und strömt dann in den Verdampfer. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** wird alternativ zum Beispiel als ein Kühler verwendet, der, indem bewirkt wird, dass das Kältemittel Wärme abstrahlt, das Kältemittel kühlt, das in dem Kompressor komprimiert wird, um so eine hohe Temperatur und einen hohen Druck aufzuweisen, oder wird als ein Kondensator verwendet, der das Kältemittel kondensiert.

[0029] Bei dem Kältemittel handelt es sich um Kohlenstoffdioxid (CO₂), das eine niedrige kritische Temperatur in einem Fall aufweist, in dem die Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** in einem überkritischen Wärmepumpen-Kreislauf bereitgestellt wird, bei dem ein Kältemitteldruck auf einer Seite mit einem hohen Druck höher als ein kritischer Druck des Kältemittels wird. Das Kältemittel, das in der Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** strömt, ist nicht auf Kohlenstoffdioxid beschränkt und kann ein anderes Kältemittel sein, wie beispielsweise Chlorfluorkohlenstoff.

[0030] Die Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** weist zum Beispiel eine Konfiguration auf, die in **Fig. 1** gezeigt ist. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** weist einen Wärmeaustausch-Kern **2**, einen oberen Verteilerbehälter **3** sowie einen unteren Verteilerbehälter **4** auf. Der Wärmeaustausch-Kern **2** weist Rohre **20**, Rippen **21** sowie eine seitliche Platte **22** auf. Die Rohre **20** und die Rippen **21** sind in einer Stapelrichtung abwechselnd miteinander gestapelt, und die seitliche Platte befindet sich auf einer äußeren Seite einer äußersten Rippe **21**, die sich an einem äußersten Ende der Rippen **21** in der Stapelrichtung befindet. Bei den Rippen **21** handelt es sich um eine Wärmeaustausch-Rippe, die einen Wärmetransfer-Oberflächenbereich vergrößert, in dem ein Wärmetransfer durchgeführt wird. In **Fig. 1** und **Fig. 2** sind die Rohre **20** in einer x-Richtung angeordnet, Luft strömt in einer z-Richtung, und bei einer y-Richtung handelt es sich um eine Längsrichtung der Rohre **20** und diese zeigt in einer vertikalen Richtung nach oben.

[0031] Der Wärmeaustausch-Kern **2** weist mehr als eine Reihe der Rohre **20** auf, die sich jeweils in der vertikalen Richtung erstrecken und die in einer lateralen Richtung angeordnet sind. Eine stromaufwärts gelegene Reihe der Rohre **20** befindet sich an einem stromaufwärts gelegenen Ende des Wärmeaustausch-Kerns **2** in einer Strömungsrichtung der Luft, bei der es sich um ein externes Fluid handelt, das Wärme mit dem Kältemittel austauscht, und eine stromabwärts gelegene Reihe der Rohre **20** befindet sich an einem in der Strömungsrichtung stromab-

wärts gelegenen Ende des Wärmeaustausch-Kerns **20**. Das heißt, zumindest zwei Reihen der Rohre **20** befinden sich in der Strömungsrichtung der Luft benachbart zueinander. Bei den Rohren **20** handelt es sich um ein rohrförmiges Element, das durch eine streifenförmige dünne Platte konfiguriert ist, die aus einem Material hergestellt ist, wie beispielsweise aus Aluminium oder einer Aluminium-Legierung. Die streifenförmige dünne Platte ist gekrümmt, um so eine rohrförmige Gestalt aufzuweisen, die in einem Querschnitt senkrecht zu der Längsrichtung flach ist. Die Längsrichtung fällt mit einer Strömungsrichtung eines internen Fluids zusammen. Eine innere Rippe ist zum Beispiel im Inneren des Rohrs **20** verbunden.

[0032] Bei der seitlichen Platte **22** handelt es sich um ein Verstärkungselement des Wärmeaustausch-Kerns **2** und sie ist durch eine flache Platte konfiguriert, die mittels Pressung aus einem Material hergestellt wird, wie beispielsweise aus Aluminium oder einer Aluminium-Legierung. Die seitliche Platte **22** weist in der Längsrichtung einen Endabschnitt mit einer flachen Form auf. Der andere Abschnitt der seitlichen Platte **22** weist eine im Allgemeinen U-förmige Gestalt auf, die in der Stapelrichtung, in der die Rohre **20** und die Rippe **21** gestapelt sind, zu einer Außenseite des Wärmeaustausch-Kerns **2** offen ist. Die seitliche Platte **22** kann eine Rippe **21** aufweisen, die in Richtung zu einem benachbarten Rohr **20** hervor ragt.

[0033] Die stromabwärts gelegene Reihe der Rohre **20** ist mit einem stromabwärts gelegenen Verteilerbehälter **11** gekoppelt. Der stromabwärts gelegene Verteilerbehälter **11** weist einen stromabwärts gelegenen oberen Behälter **31** auf, der mit einem oberen Ende der stromabwärts gelegenen Reihe der Rohre **20** verbunden ist, und weist einen stromabwärts gelegenen unteren Behälter **41** auf, der mit einem unteren Ende der stromabwärts gelegenen Reihe der Rohre **20** verbunden ist. Bei dem stromabwärts gelegenen Verteilerbehälter **11** handelt es sich um eine Kammer, die ein Kältemittel sammelt, das aus einem Innenraum der stromabwärts gelegenen Reihe der Rohre **20** strömt, und die das Kältemittel zu einem Innenraum der stromabwärts gelegenen Reihe der Rohre **20** verteilt.

[0034] Der stromabwärts gelegene obere Behälter **31** weist einen in der lateralen Richtung linken Endabschnitt auf (d. h. einen Endabschnitt in einer Richtung entgegengesetzt zu der x-Richtung), und der linke Endabschnitt wird mittels Löten mit einem Verbinder **5** gekoppelt, der die Form eines Blocks aufweist. Der Verbinder **5** weist einen Einlass **51** als einen Kältemittel-Einlass auf. Der Einlass **51** steht mit einem Innenraum des stromabwärts gelegenen Verteilerbehälters **11** in Verbindung und leitet das Kältemittel in den Wärmeaustausch-Kern **2** hinein.

[0035] Die stromaufwärts gelegene Reihe der Rohre **20** ist mit einem stromaufwärts gelegenen Verteilerbehälter **12** gekoppelt. Der stromaufwärts gelegene Verteilerbehälter weist einen stromaufwärts gelegenen oberen Behälter **32** auf, der mit einem oberen Ende der stromaufwärts gelegenen Reihe der Rohre **20** verbunden ist, und weist einen stromaufwärts gelegenen unteren Behälter **42** auf, der mit einem unteren Ende der stromaufwärts gelegenen Reihe der Rohre verbunden ist. Bei dem stromaufwärts gelegenen Verteilerbehälter **12** handelt es sich um eine Kammer, die ein Kältemittel sammelt, das aus einem Innenraum der stromaufwärts gelegenen Reihe der Rohre **20** strömt, und die das Kältemittel zu einem Innenraum der stromaufwärts gelegenen Reihe der Rohre **20** verteilt.

[0036] Der Verbinder **5** weist einen Auslass **52** als einen Kältemittel-Auslass auf. Der Auslass **52** steht mit einem Innenraum des stromaufwärts gelegenen Verteilerbehälters **12** in Verbindung und leitet das Kältemittel so, dass es aus dem Innenraum des Wärmeaustausch-Kerns **2** zu einer externen Komponente strömt. Der Einlass **51** und der Auslass **52** sind in der lateralen Richtung auf der gleichen Seite mit Endabschnitten des stromabwärts gelegenen Verteilerbehälters **11** beziehungsweise des stromaufwärts gelegenen Verteilerbehälters **12** bereitgestellt.

[0037] Der obere Verteilerbehälter **3** ist in der Längsrichtung in einen Behälter-Verteiler, der sich auf einer Seite befindet, die entgegengesetzt zu den Rohren **20** liegt, und einen Platten-Verteiler unterteilt, der sich auf einer Seite benachbart zu den Rohren **20** befindet. Der obere Verteilerbehälter **3** weist einen Deckel, den stromabwärts gelegenen oberen Behälter **31** sowie den stromaufwärts gelegenen oberen Behälter **32** auf. Der Behälter-Verteiler und der Platten-Verteiler weisen jeweils eine Querschnittsform auf, die durch zwei Halbkreise oder zwei Rechtecke bereitgestellt ist, die miteinander gekoppelt sind. Der Behälter-Verteiler und der Platten-Verteiler sind durch eine flache Platte konfiguriert, die aus Aluminium hergestellt ist, und werden mittels Pressung gebildet. Der Behälter-Verteiler und der Platten-Verteiler sind aneinander angebracht und miteinander verlötet, und dadurch ist ein rohrförmiger Körper bereitgestellt, in dem in der Strömungsrichtung zwei innere Räume angeordnet sind. Der Deckel ist jeweils an die Öffnungen des stromabwärts gelegenen oberen Behälters **31** und des stromaufwärts gelegenen oberen Behälters **32** gelötet, die sich in einer Längsrichtung des rohrförmigen Körpers an beiden Enden befinden, so dass die Öffnungen mittels des Deckels abgedichtet sind. Der Deckel ist durch eine flache Platte konfiguriert, die aus Aluminium hergestellt ist, und wird mittels Pressung gebildet.

[0038] Ähnlich wie der obere Verteilerbehälter **3** weist der untere Verteilerbehälter **4** einen Deckel, den

stromabwärts gelegenen unteren Behälter **41** sowie den stromaufwärts gelegenen unteren Behälter **42** auf. Bei dem unteren Verteilerbehälter **4** handelt es sich um einen rohrförmigen Körper, der einen Behälter-Verteiler und einen Platten-Verteiler aufweist, und der Deckel ist an jeder Öffnung des rohrförmigen Körpers bereitgestellt, die sich an beiden Enden der Längsrichtung des rohrförmigen Körpers befinden.

[0039] Der obere Verteilerbehälter **3** und der untere Verteilerbehälter **4** weisen eine Wandoberfläche benachbart zu dem Wärmeaustausch-Kern **2** auf. Die Wandoberfläche ist mit Löchern zum Einsetzen von Rohren und mit Löchern zum Einsetzen von seitlichen Platten bereitgestellt, die in regelmäßigen Intervallen in der Längsrichtung der Verteilerbehälter **3, 4** angeordnet sind. Die Löcher zum Einsetzen von Rohren und Endabschnitte der Rohre **20** in der Längsrichtung der Rohre werden unter der Bedingung miteinander verlötet, dass die Endabschnitte der Rohre **20** in die Löcher zum Einsetzen von Rohren eingesetzt sind. Die Löcher zum Einsetzen von seitlichen Platten und Endabschnitte der seitlichen Platten **22** in der Längsrichtung der Rohre werden unter der Bedingung miteinander verlötet, dass die Endabschnitte der seitlichen Platten **22** in die Löcher zum Einsetzen der seitlichen Platten eingesetzt sind. Im Ergebnis stehen die Rohre **20** mit den inneren Räumen des oberen Verteilerbehälters **3** und des unteren Verteilerbehälters **4** in Verbindung. Endabschnitte der seitlichen Platte **22** in der Längsrichtung der Rohre werden von dem oberen Verteilerbehälter **3** beziehungsweise von dem unteren Verteilerbehälter **4** getragen.

[0040] Wie in **Fig. 2** gezeigt, weisen die Rohre **20** Rippen **21** auf, die integral jeweils mit den Rohren **20** bereitgestellt sind. Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt, ist jede der Rippen **21** durch mehr als einen von einem Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplex konfiguriert (der im Folgenden als ein CNT-Komplex **210** bezeichnet wird), der von Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert ist, die aneinander gefügt sind. Die Kohlenstoff-Nanoröhren, die den CNT-Komplex **210** konfigurieren, weisen einen Durchmesser von einigen wenigen Nanometern bis zu einigen Dutzend Nanometern auf und sind mittels Van-der-Waals-Kräften aneinander gefügt. Eine Form des CNT-Komplexes **210** wird durch Van-der-Waals-Kräfte bewahrt. Der CNT-Komplex **210** ist durch die Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert, die in einem Bündel aneinander gefügt sind. Die mehr als einen von dem CNT-Komplex **210** sind auf einem flachen Abschnitt **20a** der Rohre **20** angeordnet und sind voneinander beabstandet.

[0041] Die CNT-Komplexe **210** sind zwischen zwei benachbarten Rohren **20** bereitgestellt. Die CNT-Komplexe **210** ragen in einer axialen Richtung (d. h. einer Längsrichtung) der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem flachen Abschnitt **20a** von einem der zwei benachbarten Rohre **20** in Richtung zu dem flachen

Abschnitt **20a** des anderen der zwei benachbarten Rohre **20** hervor und ragen in der axialen Richtung aus dem flachen Abschnitt **20a** des anderen der zwei benachbarten Rohre **20** in Richtung zu dem flachen Abschnitt **20a** des einen der zwei benachbarten Rohre **20** hervor. Bei den CNT-Komplexen **210** handelt es sich um einen Wald von CNT-Komplexen **210**, der aus dem flachen Abschnitt **20a** hervor ragt. Ein Fluid, wie beispielsweise Luft, strömt um den Wald von CNT-Komplexen **210** herum und tauscht mit den CNT-Komplexen **210** Wärme aus. Im Ergebnis wird das Fluid gekühlt oder erwärmt. Gemäß der vorstehend beschriebenen Konfiguration fungiert der Wald der CNT-Komplexe **210**, der zwischen zwei benachbarten der Rohre als eine Rippe bereitgestellt ist, als eine Rippe, die einen Wärmetransfer-Oberflächenbereich des Wärmetransfer-Elements vergrößert, das Wärme erzeugt oder absorbiert. Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt, ragen die CNT-Komplexe **210** aus dem Wärmetransfer-Element (d. h. den Rohren **20**) in einer Richtung senkrecht zu der Strömungsrichtung des Fluids (d. h. der Luft) hervor, die um die CNT-Komplexe **210** herum strömt.

[0042] Mit anderen Worten umfasst das Wärmetransfer-Element (d. h. die Rohre **20**) einen ersten Wärmetransfer-Abschnitt und einen zweiten Wärmetransfer-Abschnitt, wie in **Fig. 2** gezeigt. Der erste Wärmetransfer-Abschnitt weist mehr als einen der CNT-Komplexe **210** auf, die aus dem ersten Wärmetransfer-Abschnitt in Richtung zu dem zweiten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen. Der zweite Wärmetransfer-Abschnitt weist mehr als einen der CNT-Komplexe **210** auf, die aus dem zweiten Wärmetransfer-Abschnitt in Richtung zu dem ersten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen. Ein Teil der CNT-Komplexe **210**, die aus dem ersten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen, und ein Teil der CNT-Komplexe **210**, die aus dem zweiten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen, überlappen miteinander in der Strömungsrichtung des Fluids, das um die CNT-Komplexe **210** herum strömt.

[0043] Eine hervor ragende Abmessung der CNT-Komplexe **210**, die in der axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen, ist größer als ein Abstand zwischen zwei benachbarten der CNT-Komplexe **210** auf dem Wärmetransfer-Element.

[0044] Die Rohre **20** sind ein Beispiel für das Wärmetransfer-Element, das Wärme erzeugt oder absorbiert. Die Rohre **20** strahlen in einem Fall, in dem ein Kältemittel mit einem hohen Druck in den Rohren **20** strömt, Wärme nach außen ab. In diesem Fall wird das Kältemittel als das Wärmedium in einer Weise gekühlt, dass Wärme des Kältemittels von den Rohren **20** zu den CNT-Komplexen **210** transferiert wird und von den CNT-Komplexen **210** weiter zu dem Fluid, wie beispielsweise Luft, transferiert wird, das um die

CNT-Komplexe **210** herum strömt. Die Rohre **20** absorbieren Wärme in einem Fall, in dem ein Kältemittel in den Rohren **20** strömt, nachdem es dekomprimiert wurde. In diesem Fall absorbiert das Kältemittel, das in den Rohren **20** strömt, Wärme aus dem Fluid, wie beispielsweise Luft, das um die CNT-Komplexe **210** herum strömt, in einer Weise, dass die Wärme des Fluids zu den CNT-Komplexen **210** transferiert wird und von den CNT-Komplexen **210** weiter zu den Rohren **20** transferiert wird.

[0045] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf **Fig. 4** bis **Fig. 7** ein Herstellungsverfahren für die Wärmeaustausch-Vorrichtung beschrieben. Das Herstellungsverfahren umfasst: Anordnen von Katalysatoren (S10), Zusammenbauen (S20) und Löten in einem Ofen (S30). Bei dem Anordnen von Katalysatoren werden Katalysatoren an dem flachen Abschnitt **20a**, bei dem es sich um eine Oberfläche der Rohre **20** handelt, so angeordnet, dass sie voneinander beabstandet sind. Das heißt, an dem flachen Abschnitt **20a** werden Stellen **211** festgelegt, an denen die Katalysatoren platziert werden. Die Stellen **211** entsprechen Basis-Abschnitten der CNT-Komplexe **210**, welche die Rippe **21** konfigurieren. Die CNT-Komplexe **210**, die eine säulenförmige Gestalt aufweisen, ragen zum Beispiel jeweils an den Stellen **211** hervor, an denen die Katalysatoren so auf dem flachen Abschnitt **20a** platziert sind, dass sie eine kreisförmige Gestalt aufweisen, wie in **Fig. 5** gezeigt.

[0046] Bei dem Zusammenbauen werden die Rohre **20** in die Löcher für ein Einsetzen von Rohren des oberen Verteilerbehälters **3** und des unteren Verteilerbehälters **4** eingesetzt, und die seitlichen Platten **22** und der Deckel werden montiert. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** wird bei dem Zusammenbauen so zusammengebaut, dass es sich um einen zusammengebauten Körper handelt, der eine Produktform aufweist. Bei dem Löten in einem Ofen werden spezifizierte Abschnitte so gehalten, dass eine Verformung der Produktform unterbunden wird und eine Fehlansrichtung von Komponenten unterbunden wird. Die Rohre **20**, die seitlichen Platten **22** sowie der Deckel werden für ein Löten bei dem Löten in einem Ofen im Voraus mit einem Lötmaterial bedeckt. Das heißt, als jene Elemente wird ein Plattier-Element verwendet, welches das Lötmaterial plattiert.

[0047] Bei dem Löten in einem Ofen, d. h. einer Erwärmung, handelt es sich um einen Prozess, bei dem der zusammengebaute Körper in einem Ofen in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas erwärmt wird, nachdem der zusammengebaute Körper im Inneren des Ofens platziert wurde. Das heißt, die Kohlenstoff-Nanoröhren wachsen durch Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen, wie beispielsweise Methan- oder Acetylen-Gas, mit Nanopartikeln auf, bei denen es sich um ein katalytisches Metall handelt. Eine Erwärmungstemperatur ist so eingestellt, dass

sie bei einer Temperatur (z. B. 580 bis 600°C) liegt, bei der das Lötmaterial schmilzt, und eine Erwärmungsdauer beträgt z. B. 20 bis 30 Minuten. Bei der Erwärmung schmilzt das Lötmaterial in jedem Verbindungsabschnitt zwischen den Elementen, und dadurch werden die Elemente miteinander verlötet. Im Ergebnis werden die CNT-Komplexe **210** bereitgestellt. Bei dem Löten in einem Ofen, wie in **Fig. 6** gezeigt, wachsen die Kohlenstoff-Nanoröhren graduell so auf, dass sie von den Stellen **211** in dem flachen Abschnitt **20a** aus hervor ragen. Die Kohlenstoff-Nanoröhren wachsen während der Erwärmung weiter, und eine Höhe der Kohlenstoff-Nanoröhren erreicht eine spezifizierte Höhe, wie in **Fig. 7** gezeigt. Dabei wird eine Reaktion zwischen Al_2O_3 und Kohlenstoff in dem Gas verursacht, und in Basis-Abschnitten **210a** wird Aluminiumcarbid (Al_4C_3) bereitgestellt. Die Basis-Abschnitte **210a**, die mit Aluminiumcarbid bedeckt sind, tragen jeweils die CNT-Komplexe **210**. Das heißt, die Basis-Abschnitte **210a** fungieren als Verstärkungen.

[0048] Bei dem vorstehend beschriebenen Prozessablauf handelt es sich um ein Herstellungsverfahren, das ein CVD-Verfahren verwendet. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** mit den Rohren **20**, in denen der Wald von CNT-Komplexen **210** bereitgestellt ist, kann mittels des vorstehend beschriebenen Prozessablaufs hergestellt werden. Gemäß dem Herstellungsverfahren ragen CNT-Komplexe **210** in einer Richtung, in der sich ein ringförmiges Netzwerk mit sechs Elementen erstreckt, aus den Rohren **20** hervor. Das ringförmige Netzwerk mit sechs Elementen besteht aus Kohlenstoff und konfiguriert die Kohlenstoff-Nanoröhren.

[0049] Als nächstes werden im Folgenden Effekte eines Betriebs beschrieben, die von der Wärmeaustausch-Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform bereitgestellt werden. Die Wärmeaustausch-Vorrichtung weist ein Wärmetransfer-Element mit einer thermischen Leitfähigkeit sowie eine Rippe **21** auf, die integral mit dem Wärmetransfer-Element bereitgestellt ist. Zwischen dem Wärmetransfer-Element und der Rippe wird ein Wärmetransfer durchgeführt. Die Rippe ist durch mehr als einen von einem Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplex konfiguriert, der durch aneinandergefügte Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert ist. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe sind auf dem Wärmetransfer-Element angeordnet und sind voneinander beabstandet. Die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe ragen in einer axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem Wärmetransfer-Element hervor.

[0050] Dementsprechend sind die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe, die einen Durchmesser in der Größenordnung von Nanometern aufweisen, auf einer Oberfläche des Wärmetransfer-Elements so bereitgestellt, dass sie voneinander beabstandet sind.

Da die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe **210** aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen und voneinander beabstandet sind, kann ein Fluid um einen Wald der Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe herum strömen, und ein Oberflächenbereich der Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe **210** wird zu einem Wärmetransfer-Oberflächenbereich, in dem ein Wärmetransfer durchgeführt wird. Die CNT-Komplexe **210** sind extrem dünn. Dementsprechend kann der Wald der CNT-Komplexe **210**, die in der axialen Richtung aus dem Transfer-Element hervor ragen, den Wärmetransfer-Oberflächenbereich in einem Einheitsvolumen im Vergleich zu einer herkömmlichen gewellten Rippe beträchtlich vergrößern. Im Ergebnis kann ein Volumen für die Bereitstellung eines erforderlichen Wärmetransfer-Oberflächenbereichs verringert werden. Darüber hinaus weist eine Kohlenstoff-Nanoröhre eine hohe thermische Leitfähigkeit auf, und dadurch ist eine Temperaturdifferenz zwischen einer Temperatur eines oberen Abschnitts und einer Temperatur eines unteren Abschnitts in dem CNT-Komplex **210** gering. Daher kann die Rippe **21**, die durch die CNT-Komplexe **210** konfiguriert ist, eine hohe Effizienz einer Rippe sowie eine hohe Wärmeaustausch-Leistungsfähigkeit aufweisen. So kann gemäß der Wärmeaustausch-Vorrichtung der ersten Ausführungsform sowohl eine Vergrößerung des Wärmetransfer-Oberflächenbereichs in einem Einheitsvolumen als auch eine Verkleinerung der Wärmeaustausch-Vorrichtung erzielt werden.

[0051] Die CNT-Komplexe **210** ragen in der Richtung, in der sich das ringförmige Netzwerk mit sechs Elementen erstreckt, aus dem Wärmetransfer-Element hervor. Das ringförmige Netzwerk mit sechs Elementen ist aus Kohlenstoff hergestellt und konfiguriert die Kohlenstoff-Nanoröhren. Gemäß der Konfiguration erstreckt sich das ringförmige Netzwerk mit sechs Elementen in der axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren, und dadurch kann die Wärmeleitfähigkeit in der Längsrichtung der Kohlenstoff-Nanoröhren verbessert werden. Im Ergebnis ist ein Temperaturgradient zwischen dem oberen Abschnitt und dem unteren Abschnitt in dem CNT-Komplex **210** gering, und die Rippen-Effizienz der Rippe **21** kann verbessert werden.

[0052] Die CNT-Komplexe **210** ragen in der Richtung senkrecht zu der Strömungsrichtung des Fluids, das um die CNT-Komplexe **210** herum strömt, aus dem Wärmetransfer-Element hervor. Gemäß der Konfiguration strömt das Fluid gleichmäßig um die CNT-Komplexe **210** herum. Darüber hinaus können die CNT-Komplexe **210** effektiv als die Rippe angeordnet werden, und dadurch kann der Wärmetransfer-Oberflächenbereich vergrößert werden.

[0053] Bei dem Wärmetransfer-Element handelt es sich um die Rohre **20**, in denen ein Kältemittel strömt und die gestapelt und voneinander beabstandet sind.

Die CNT-Komplexe **210** sind auf der Oberfläche (d. h. dem flachen Abschnitt **20a**) jedes Rohrs **20** bereitgestellt. Die CNT-Komplexe **210** sind voneinander beabstandet und ragen in Richtung zu dem benachbarten Rohr **20** vor. Gemäß der Konfiguration kann eine Rippen-Konfiguration bereitgestellt werden, bei welcher der Wärmetransfer-Oberflächenbereich in einem Einheitsvolumen im Vergleich zu einer herkömmlichen gewellten Rippe beträchtlich vergrößert werden kann. Im Ergebnis kann das Volumen für eine Bereitstellung des erforderlichen Wärmetransfer-Oberflächenbereichs gering sein. So kann die Wärmeaustausch-Vorrichtung bereitgestellt werden, die den Wärmeaustausch-Kern **2** mit einer Konfiguration verkleinern kann, bei der die Rohre **20** und die Rippen **21** abwechselnd miteinander gestapelt sind.

[0054] Alternativ handelt es sich bei dem Wärmetransfer-Element um ein Wärme erzeugendes Element, das nach außen gerichtete Wärme erzeugt. Die CNT-Komplexe **210** sind zwischen Oberflächen der Wärme erzeugenden Elemente bereitgestellt, bei denen es sich um Wärme erzeugende Körper handelt und die in der axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus den Wärme erzeugenden Körpern hervor ragen. Gemäß der Konfiguration kann eine Konfiguration für eine Wärmeabstrahlungs-Rippe bereitgestellt werden, die den Wärmetransfer-Oberflächenbereich in einem Einheitsvolumen beträchtlich vergrößern kann. So kann eine effektive Wärmeabstrahlung mit einem kleinen Volumen durchgeführt werden, und es kann eine Wärmeabstrahlungs-Vorrichtung (z. B. eine Wärmesenke) bereitgestellt werden, die sowohl eine Verbesserung einer Wärmeabstrahlungs-Leistungsfähigkeit als auch eine Verkleinerung der Wärmeabstrahlungs-Vorrichtung erzielen kann.

[0055] Ein Herstellungsverfahren für die Wärmeaustausch-Vorrichtung umfasst zum Beispiel ein Anordnen von Katalysatoren, ein Zusammenbauen sowie ein Erwärmen. Bei dem Anordnen handelt es sich um einen Prozess, bei dem die Katalysatoren auf einer Oberfläche (d. h. dem flachen Abschnitt **20a**) des Rohrs **20** so angeordnet werden, dass sie voneinander beabstandet sind, so dass die Stellen festgelegt sind, an denen die Katalysatoren platziert werden. Die Rohre **20** weisen eine thermische Leitfähigkeit auf und sind mit einem Lötmaterial bedeckt. Bei dem Zusammenbauen handelt es sich um einen Prozess, bei dem mehr als eines der Rohre **20**, an denen die Stellen festgelegt sind, mit dem oberen Verteilerbehälter **3** und dem unteren Verteilerbehälter **4** so zusammengebaut werden, dass sie einen zusammengebauten Körper bilden. Die Rohre **20** sind in dem zusammengebauten Körper voneinander beabstandet. Bei dem Erwärmen handelt es sich um einen Prozess, bei dem der zusammengebaute Körper in einem Ofen in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas erwärmt wird, nachdem der zusammengebaute Körper im Inneren des Ofens platziert wurde.

[0056] Gemäß dem Herstellungsverfahren wachsen die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe bei der Erwärmung von den Stellen aus auf. Die CNT-Komplexe **210** wachsen so auf, dass sie von den an der Oberfläche der Rohre **20** bereitgestellten Stellen aus hervor ragen. Das heißt, die CNT-Komplexe **210**, die aus der Oberfläche von einem Rohr **20** in Richtung zu einem benachbarten Rohr **20** hervor ragen, können zur gleichen Zeit wie das Durchführen des Lötens in einem Ofen bereitgestellt werden, bei dem die Rohre **20** und jeder von dem oberen Verteilerbehälter **3** und dem unteren Verteilerbehälter **4** miteinander verlötet werden. Dementsprechend kann die Wärmeaustausch-Vorrichtung **1** bereitgestellt werden, welche die CNT-Komplexe **210** aufweist, die sich zwischen zwei benachbarten Rohren der Rohre **20** befinden.

[0057] Alternativ kann die Wärmeaustausch-Vorrichtung mittels des folgenden Verfahrens hergestellt werden. Ein Herstellungsverfahren umfasst ein Anordnen von Katalysatoren sowie ein Erwärmen. Bei dem Anordnen handelt es sich um einen Prozess, bei dem die Katalysatoren so auf einer Oberfläche des Wärmetransfer-Elements mit einer thermischen Leitfähigkeit angeordnet werden, dass sie voneinander beabstandet sind, so dass Stellen festgelegt werden, an denen die Katalysatoren platziert werden. Bei dem Erwärmen handelt es sich um einen Prozess, bei dem das Wärmetransfer-Element, an dem die Stelle festgelegt ist, in einem Ofen in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas erwärmt wird, nachdem der Wärmetransfer-Körper im Inneren des Ofens platziert wurde.

[0058] Gemäß dem Herstellungsverfahren wachsen die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe bei der Erwärmung von den Stellen aus auf. Die CNT-Komplexe **210** wachsen so auf, dass sie von den Stellen aus hervor ragen, die an der Oberfläche des Wärmetransfer-Elements bereitgestellt sind. Das heißt, die CNT-Komplexe **210**, die voneinander beabstandet sind, können so bereitgestellt werden, dass sie aus dem Wärmetransfer-Element mit Ausnahme der Rohre **20** hervor ragen, indem das Wärmetransfer-Element in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas erwärmt wird.

Zweite Ausführungsform

[0059] Gemäß einer zweiten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig. 8** eine Rippe **121** beschrieben, bei der es sich um ein weiteres Beispiel der Rippe **21** der ersten Ausführungsform handelt.

[0060] Wie in **Fig. 8** gezeigt, ist die Rippe **121** durch mehr als einen von einem CNT-Komplex **1210** konfiguriert, der durch aneinandergefügte Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert ist. Die Kohlenstoff-Nanoröhren, die den CNT-Komplex **1210** konfigurieren, weisen einen Durchmesser von einigen wenigen Nano-

metern bis zu einigen Dutzend Nanometern auf und sind durch Van-der-Waals-Kräfte so aneinandergelagert, dass sie die Form einer dünnen Platte aufweisen. Die Form einer dünnen Platte des CNT-Komplexes **1210** wird durch Van-der-Waals-Kräfte bewahrt. Der CNT-Komplex **1210** ist durch die Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert, die in einem Bündel aneinandergelagert sind. Die mehr als einen von dem CNT-Komplex **210** sind auf dem flachen Abschnitt **20a** der Rohre **20** angeordnet und sind voneinander beabstandet.

[0061] Ein Wald der CNT-Komplexe **1210** ragt aus dem flachen Abschnitt **20a** hervor. Ein Fluid, wie beispielsweise Luft, strömt entlang einer Oberfläche der CNT-Komplexe **1210**, welche die dünne Platte bilden, um die CNT-Komplexe **1210** herum. Gemäß der Konfiguration strömt das Fluid um die CNT-Komplexe **1210** herum, während es einen geringen Strömungswiderstand erfährt. Die CNT-Komplexe **1210** ragen in einer Richtung, in der sich ein ringförmiges Netzwerk mit sechs Elementen erstreckt, aus dem Wärmetransfer-Element (d. h. den Rohren **20**) hervor. Das ringförmige Netzwerk mit sechs Elementen besteht aus Kohlenstoff und konfiguriert die Kohlenstoff-Nanoröhren.

Dritte Ausführungsform

[0062] Gemäß einer dritten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig. 9** eine Rippe **221** beschrieben, bei der es sich um ein weiteres Beispiel der Rippe **21** der ersten Ausführungsform handelt.

[0063] Wie in **Fig. 9** gezeigt, ist die Rippe **221** durch mehr als einen von einem CNT-Komplex **2210** konfiguriert, der durch aneinandergelagerte Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert ist. Die Kohlenstoff-Nanoröhren, die den CNT-Komplex **2210** konfigurieren, weisen einen Durchmesser von einigen wenigen Nanometern bis zu einigen Dutzend Nanometern auf und sind durch Van-der-Waals-Kräften so aneinandergelagert, dass sie die Form einer dünnen Platte aufweisen. Die Form der dünnen Platte des CNT-Komplexes **2210** wird durch Van-der-Waals-Kräfte bewahrt. Die CNT-Komplexe **2210**, welche die Rippe **221** konfigurieren, sind derart angeordnet, dass ein Fluid in einer planaren Ansicht entlang des Verlaufs einer Serpentine auf dem Wärmetransfer-Element (d. h. den Rohren **20**) strömt. Gemäß der Konfiguration ist ein Strom des Fluids auf dem Wärmetransfer-Element gestört, und das Fluid strömt in einem Zustand einer turbulenten Strömung anstatt einem Zustand einer laminaren Strömung. Dementsprechend kann die Wärmeaustausch-Vorrichtung bereitgestellt werden, die eine Vergrößerung des Wärmetransfer-Oberflächenbereichs, eine Verbesserung der Effizienz der Rippe sowie gleichzeitig durch die turbulente Strömung eine Verbesserung einer Wärmeaustausch-Leistungsfähigkeit erzielen kann.

Weitere Ausführungsformen

[0064] Während die vorliegende Offenbarung unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen derselben beschrieben wurde, versteht es sich, dass die Offenbarung nicht auf die bevorzugten Ausführungsformen und Auslegungen beschränkt ist. Die vorliegende Offenbarung soll verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen innerhalb eines Umfangs der vorliegenden Offenbarung abdecken. Es versteht sich, dass Strukturen, die bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschrieben sind, bevorzugte Strukturen sind, und dass die vorliegende Offenbarung nicht darauf beschränkt ist, die bevorzugten Strukturen aufzuweisen. Die vorliegende Offenbarung soll verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen innerhalb des Umfangs der vorliegenden Offenbarung abdecken.

[0065] Das Wärmetransfer-Element, das integral mit mehr als einem von einem CNT-Komplex bereitgestellt ist, ist nicht darauf beschränkt, aus Aluminium hergestellt zu sein. Das Wärmetransfer-Element kann mittels des vorstehend beschriebenen Herstellungsverfahrens mit einem anderen Material als einem Metall hergestellt werden, solange das Material ermöglicht, dass der CNT-Komplex aufwächst.

Patentansprüche

1. Wärmeaustausch-Vorrichtung, die aufweist: ein Wärmetransfer-Element (**20**), das eine thermische Leitfähigkeit aufweist; und eine Rippe (**21**, **121**, **221**), die integral mit dem Wärmetransfer-Element bereitgestellt ist, wobei zwischen dem Wärmetransfer-Element und der Rippe ein Wärmetransfer durchgeführt wird, wobei die Rippe durch mehr als einen von einem Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplex (**210**, **1210**, **2210**) konfiguriert ist, der durch aneinandergelagerte Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert ist, und die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe auf dem Wärmetransfer-Element angeordnet und voneinander beabstandet sind, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe in einer axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen.

2. Wärmeaustausch-Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe in einer Richtung, in der sich ein ringförmiges Netzwerk mit sechs Elementen erstreckt, aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen, wobei das ringförmige Netzwerk mit sechs Elementen aus Kohlenstoff hergestellt ist und die Kohlenstoff-Nanoröhren konfiguriert.

3. Wärmeaustausch-Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe in einer Richtung senkrecht zu einer Strömungsrichtung eines Fluids, das um die Kohlenstoff-Nanoröh-

ren-Komplexe herum strömt, aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen.

4. Wärmeaustausch-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Wärmetransfer-Element aus einer Mehrzahl von Rohren besteht, in denen ein Kältemittel strömt, wobei die Mehrzahl von Rohren gestapelt und voneinander beabstandet sind, die Mehrzahl von Rohren jeweils Oberflächen aufweisen, die mit den Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexen bereitgestellt sind, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe voneinander beabstandet sind und in Richtung zu einem benachbarten Rohr der Mehrzahl von Rohre hervor ragen.

5. Wärmeaustausch-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Wärmetransfer-Element ein Wärme erzeugendes Element ist, das eine nach außen gerichtete Wärme erzeugt, die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe auf einer Oberfläche des Wärme erzeugenden Elements angeordnet sind, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe voneinander beabstandet sind und in einer axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem Wärme erzeugenden Element hervor ragen.

6. Wärmeaustausch-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Fluid um die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe herum strömt.

7. Wärmeaustausch-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Wärmetransfer-Element einen ersten Wärmetransfer-Abschnitt und einen zweiten Wärmetransfer-Abschnitt umfasst, die einander gegenüberliegen, der erste Wärmetransfer-Abschnitt die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe aufweist, die aus dem ersten Wärmetransfer-Abschnitt in Richtung zu dem zweiten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen, der zweite Wärmetransfer-Abschnitt die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe aufweist, die aus dem zweiten Wärmetransfer-Abschnitt in Richtung zu dem ersten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen, ein Teil der Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe, die aus dem ersten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen, und ein Teil der Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe, die aus dem zweiten Wärmetransfer-Abschnitt hervor ragen, in einer Strömungsrichtung eines Fluids, das um die Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe herum strömt, miteinander überlappen.

8. Wärmeaustausch-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei eine hervor ragende Abmessung der Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe, die in einer axialen Richtung der Kohlenstoff-Nanoröhren aus dem Wärmetransfer-Element hervor ragen, größer als ein Abstand zwischen zwei benachbarten der

Kohlenstoff-Nanoröhren-Komplexe auf dem Wärmetransfer-Element ist.

9. Herstellungsverfahren für eine Wärmeaustausch-Vorrichtung, das aufweist: Anordnen einer Mehrzahl von Katalysatoren, die voneinander beabstandet sind, auf einer Oberfläche (20a) eines Wärmetransfer-Elements (20), um Stellen festzulegen, an denen die Mehrzahl von Katalysatoren platziert wird, wobei das Wärmetransfer-Element eine thermische Leitfähigkeit aufweist; und Erwärmen des Wärmetransfer-Elements, an dem die Stellen festgelegt sind, in einem Ofen in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas, nachdem das Wärmetransfer-Element im Inneren des Ofens platziert wurde.

10. Herstellungsverfahren für eine Wärmeaustausch-Vorrichtung, das aufweist: Anordnen einer Mehrzahl von Katalysatoren, die voneinander beabstandet sind, auf einer Oberfläche eines Rohrs, um Stellen festzulegen, an denen die Mehrzahl von Katalysatoren platziert wird, wobei das Rohr eine thermische Leitfähigkeit aufweist und mit einem Lötmaterial bedeckt ist; Zusammenbauen von mehr als einem der Rohre, an denen die Stellen festgelegt sind, mit einem Verteilerbehälter (3, 4), so dass ein zusammengebauter Körper gebildet wird, wobei die Rohre in dem zusammengebauten Körper voneinander beabstandet sind; und Erwärmen des zusammengebauten Körpers in einem Ofen in Anwesenheit von Methan- oder Acetylen-Gas, nachdem der zusammengebaute Körper im Inneren des Ofens platziert wurde.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

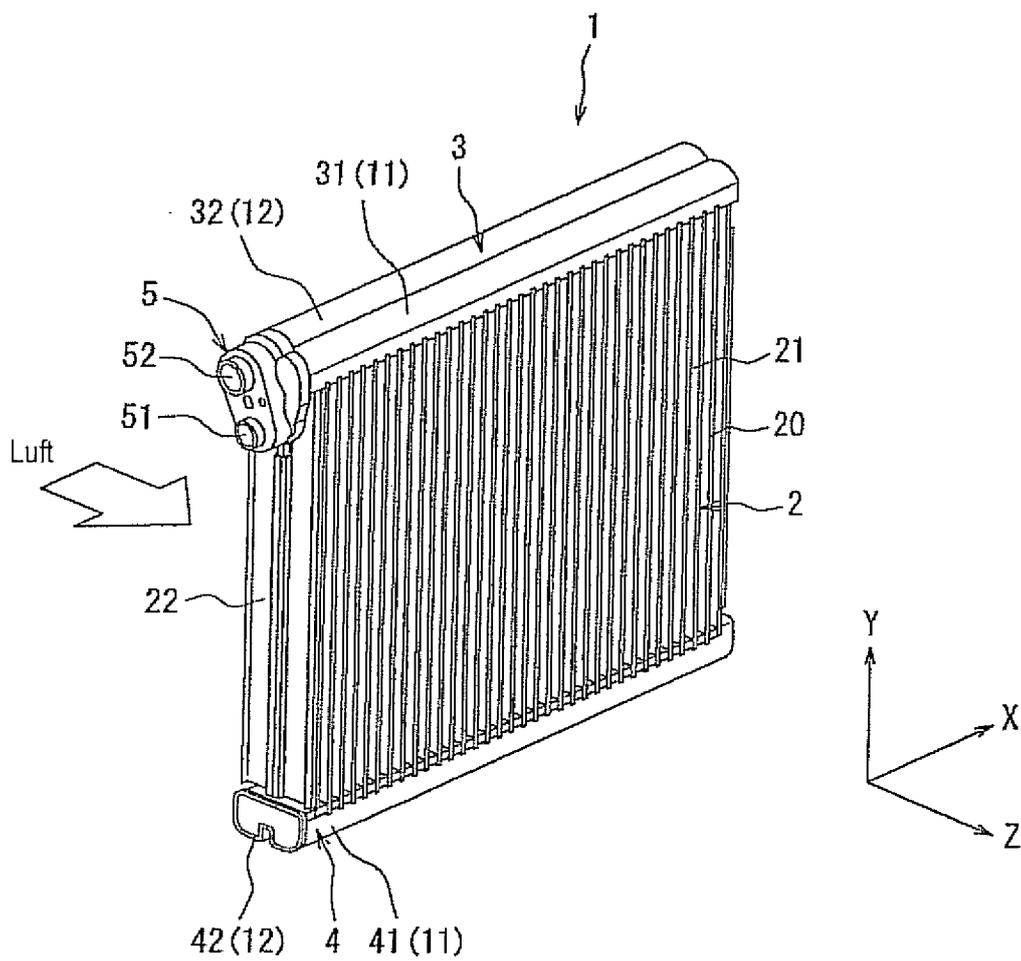


FIG. 2

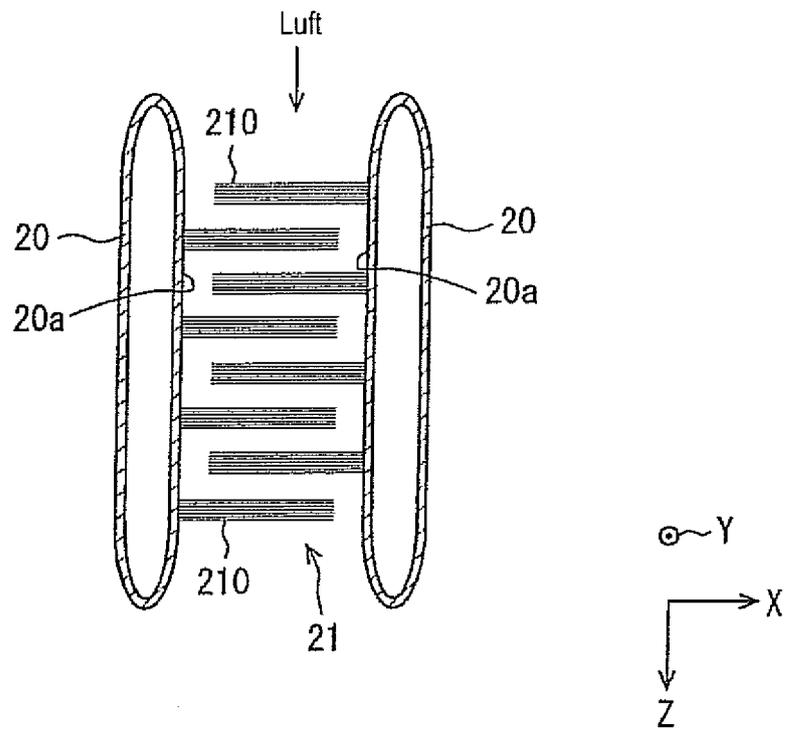


FIG. 3

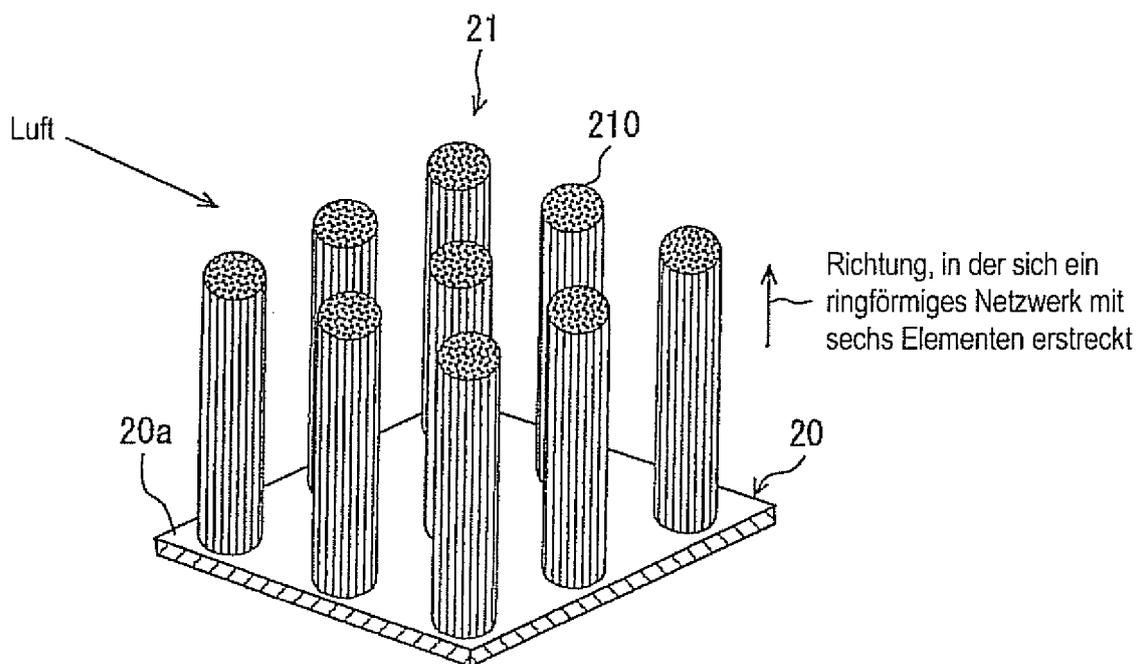


FIG. 4

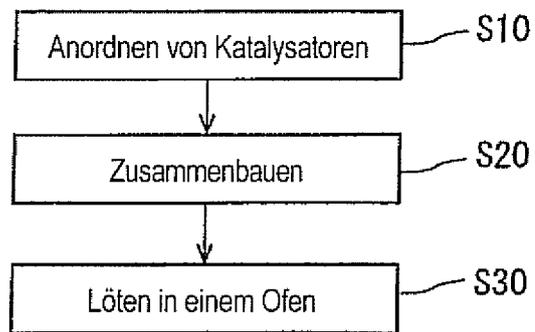


FIG. 5

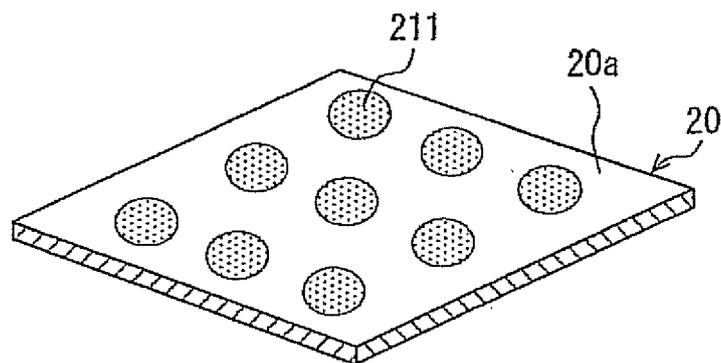


FIG. 6

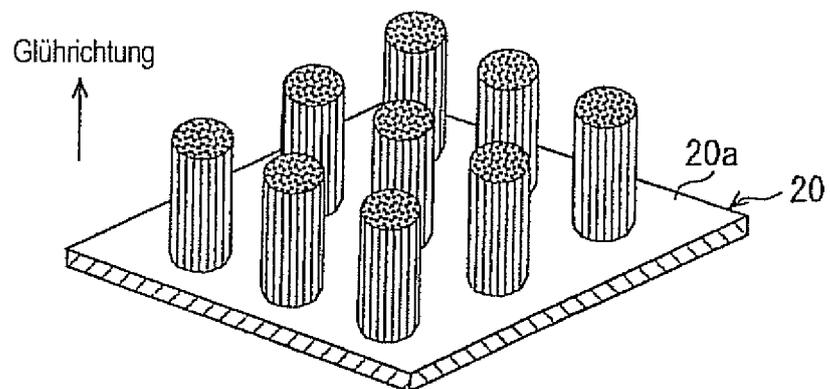


FIG. 7

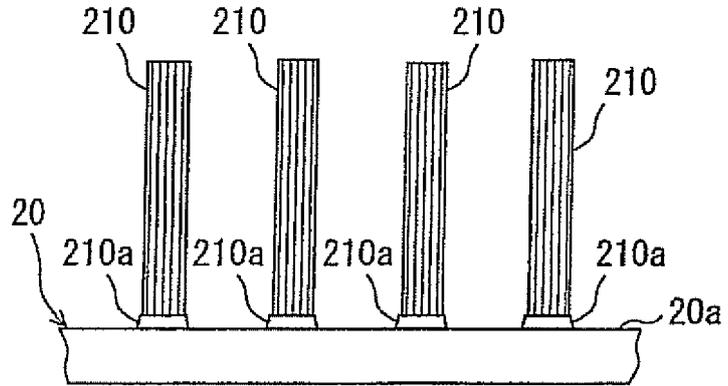


FIG. 8

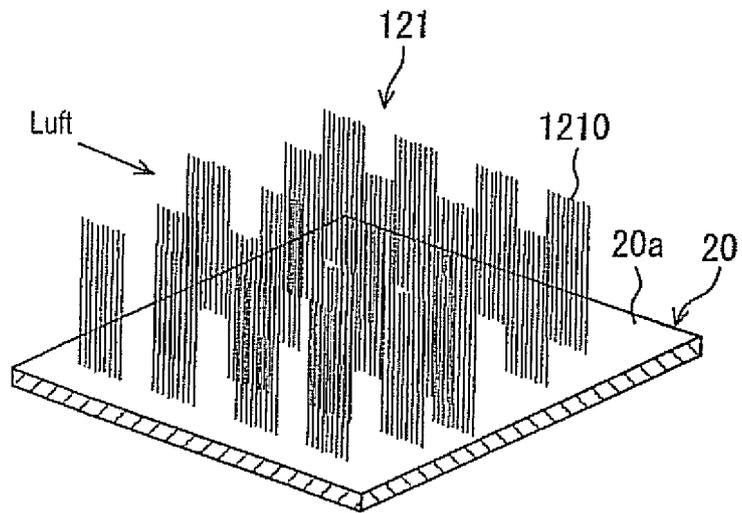


FIG. 9

