



(10) DE 11 2016 006 495 T5 2018.11.15

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der

(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/145439**

in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 006 495.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2016/081204**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.10.2016**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **31.08.2017**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **15.11.2018**

(51) Int Cl.:

C01B 32/158 (2017.01)

B01J 23/745 (2006.01)

B82Y 30/00 (2011.01)

B82Y 40/00 (2011.01)

(30) Unionspriorität:

2016-035991

26.02.2016 JP

(74) Vertreter:

TBK, 80336 München, DE

(71) Anmelder:

**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP; Waseda University, Tokyo, JP**

(72) Erfinder:

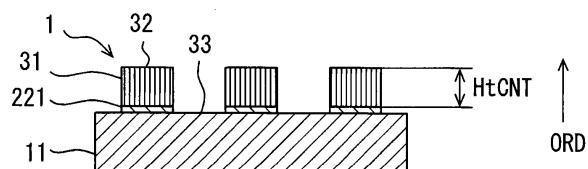
**Ota, Aun, Kariya City, Aichi-pref., JP; Oshima,
Hisayoshi, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Noda,
Suguru, Tokyo, JP; Yoshihara, Yu, Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, Verfahren zu seiner Herstellung und Vorrichtung zu seiner Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement 1 weist ein Substrat 11, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist, und einen ausgerichteten CNT-Film 31 auf, der entlang einer Ausrichtungsrichtung ORD ausgerichtet ist. Eine Kohlenstoffnanoröhre/CNT, die den ausgerichteten CNT-Film 31 bildet, weist eine Länge von 200 Mikrometern oder länger auf. Die CNT wird aus einem gemischten Gas von Acetylen, Wasserstoff und Argon synthetisiert. Außerdem wird Kohlenstoffdioxid zugegeben, um die Katalysatoraktivität aufrechtzuerhalten. Ein Verhältnis von Acetylen: Kohlenstoffdioxid wird von 1:10 bis 1:300 eingestellt. Der ausgerichtete CNT-Film 31 wird teilweise gebildet. Der Bildungsbereich des ausgerichteten CNT-Films 31 wird durch Inhibieren der Synthese und/oder des gerichteten Wachstums der CNT durch eine rauhe Oberfläche oder eine kohlenstoffhaltige Substanz eingestellt.



Beschreibung**QUERVERWEIS AUF
VERWANDTE ANMELDUNGEN**

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung Nr. 2016-35991, die am 26. Februar 2016 eingereicht wurde und deren Offenbarung hier durch Bezugnahme vollständig aufgenommen wird.

TECHNISCHER BEREICH

[0002] Die Offenbarung in dieser Beschreibung bezieht sich auf ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, ein Verfahren zu dessen Herstellung und eine Vorrichtung zu dessen Herstellung.

HINTERGRUND

[0003] Ein Syntheseverfahren für eine Kohlenstoffnanoröhre (Carbon Nanotube; CNT), d.h. ein Herstellungsverfahren, ist bekannt. Das Verfahren umfasst die Schritte des Bildens eines Metalls als Katalysator auf einem Substrat und danach das Platzieren davon in einen beheizten Ofen und die Zufuhr von kohlenstoffhaltigem Gas, wie Acetylen, Ethanol usw., das als Rohmaterial verwendet wird, in den beheizten Ofen. Zur Auflösung des Gases und zur Aufrechterhaltung der katalytischen Aktivität wird die Temperatur im Ofen in der Regel bei etwa 700 Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) - 800 $^{\circ}\text{C}$ gehalten. Nach dieser Technik ist es jedoch schwierig, Anwendungen auf verschiedenen Materialien des Substrats durchzuführen, und das Mustern, welches einen ausgerichteten CNT-Film bilden, in dem eine Mehrzahl von CNTs in einer einzigen Richtung ausgerichtet sind und in einem gewünschten Bereich gebündelt angeordnet sind.

[0004] Patentliteratur 1 offenbart eine Technik, die einen ausgerichteten CNT-Film auf einer bestimmten Fläche auf einem Substrat bildet. Patentliteratur 1 ermöglicht die Bildung des gemusterten, ausgerichteten CNT-Films durch Bilden, d.h. durch Mustern, eines Katalysators, der für eine CNT-Synthese notwendig ist, auf einer gewünschten Fläche.

[0005] Patentliteratur 2 schlägt ein Verfahren zum Synthetisieren einer CNT bei vergleichsweise niedriger Temperatur vor. Patentliteratur 2 verwendet zusätzlich zur üblichen thermischen Zersetzung die Plasma-CVD vom Punktentladungstyp, um die CNT in 600 Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) oder mehr und 660 $^{\circ}\text{C}$ oder weniger zu synthetisieren. Dabei werden H₂-Gas und CH₄ aktiviert und der ausgerichtete CNT-Film synthetisiert.

[0006] Patentliteratur 3 schlägt ein Verfahren zum Synthetisieren von CNT auf Aluminium oder Magnesium vor.

[0007] Der Inhalt der als Stand der Technik aufgeführten Patentliteratur wird als Beschreibung für die in dieser Beschreibung offenbarten technischen Komponenten verwendet und durch Bezugnahme aufgenommen.

Zitatliste**Patentliteratur**

Patentliteratur 1: JP2002-530805

Patentliteratur 2: JP2009-78956

Patentliteratur 3: JP2011-132068

ZUSAMMENFASSUNG

[0008] Eine Maßnahme in Patentliteratur 1 erfordert Mittel zur Bildung des gemusterten Katalysators auf einer gewünschten Fläche. Da es z.B. eine Schablonemaske oder eine Fotolithographie etc. erfordert, wird ein Herstellungsprozess kompliziert. Darüber hinaus ist die Maßnahme in Patentliteratur 1 auf eine Anwendung auf einem flachen Substrat beschränkt. So ist es beispielsweise nicht möglich, den gemusterten, ausgerichteten CNT-Film auf einer Oberfläche einer dreidimensionalen Struktur zu bilden.

[0009] In einer Maßnahme der Patentliteratur 2 kann die Aktivität eines Katalysators nicht über einen längeren Zeitraum beibehalten werden. Dementsprechend ist es unmöglich, eine CNT mit großer Länge zu erhalten.

[0010] In einer Maßnahme der Patentliteratur 3 wird, da die CNT willkürlich angeordnet ist, kein ausgerichteter Film gebildet.

[0011] In der oben genannten oder in der anderen oben nicht genannten Sichtweise sind noch weitere Verbesserungen für ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, ein Verfahren zu dessen Herstellung und eine Vorrichtung zu dessen Herstellung erforderlich.

[0012] Es ist eine Aufgabe, ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement mit langen und ausgerichteten CNTs, ein Verfahren zu dessen Herstellung und eine Vorrichtung zu dessen Herstellung bereitzustellen.

[0013] Es ist eine weitere Aufgabe, ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, das teilweise mit einem ausgerichteten CNT-Film gebildet ist, ein Verfahren zu dessen Herstellung und eine Vorrichtung zu dessen Herstellung bereitzustellen.

[0014] Es ist eine weitere Aufgabe, ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, das mit einem ausgerichteten CNT-Film gebildet ist, der durch lange CNTs gebildet ist und auf einer Oberfläche eines Substrats

gebildet ist, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist, ein Verfahren zu dessen Herstellung und eine Vorrichtung zu dessen Herstellung bereitzustellen.

[0015] Es ist eine weitere Aufgabe, ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, das mit einem ausgerichteten CNT-Film gebildet ist und das Löten eines Substrats, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist, und das Synthetisieren von CNTs unter Verwendung einer einfachen Vorrichtung ermöglicht, ein Verfahren zu dessen Herstellung und eine Vorrichtung zu dessen Herstellung bereitzustellen.

[0016] Ein offenbartes Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement umfasst: ein Substrat (11), das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist; und einen ausgerichteten CNT-Film (31, 931), der auf einer Oberfläche des Substrats angeordnet ist und eine Mehrzahl von Kohlenstoffnanoröhren mit einer Länge von 200 Mikrometern oder länger umfasst und entlang einer bestimmten Ausrichtungsrichtung ausgerichtet ist.

[0017] Gemäß dem offenbarten Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement ist es möglich, einen ausgerichteten CNT-Film bereitzustellen, in dem eine Mehrzahl von Kohlenstoffnanoröhren mit einer Länge von 200 Mikrometern oder länger auf einem hauptsächlich aus Aluminium herstellten Substrat ausgerichtet sind.

[0018] Ein offenbartes Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements umfasst: Anordnen (183, 283) eines Katalysators (21, 221) zum Synthetisieren einer Kohlenstoffnanoröhre auf einer Oberfläche eines Substrats, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist; und Synthetisieren einer Kohlenstoffnanoröhre auf der Oberfläche des Substrats in einer Atmosphäre, die mit Kohlenstoffdioxid zur Aufrechterhaltung einer Aktivität des Katalysators versorgt wird, wobei das Volumenverhältnis von Kohlenstoffdioxid und Acetylen 1:10 oder mehr als Rohmaterial der Kohlenstoffnanoröhre beträgt.

[0019] Gemäß dem offenbarten Herstellungsverfahren wird die Aktivität des Katalysators durch Kohlenstoffdioxid auf niedriger Temperatur beibehalten. Daraus ist es möglich, die Kohlenstoffnanoröhre bei niedriger Temperatur zu synthetisieren. Dadurch ist es möglich, den ausgerichteten CNT-Film auf der Oberfläche des hauptsächlich aus Aluminium herstellten Substrats zu formen.

[0020] Eine offizielle Vorrichtung zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements umfasst: eine Wärmekammer (61), die ein Substrat (11) aufnimmt, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist und zumindest teilweise ein Lötmaterial (313) aufweist, und das Substrat durch Schmelzen eines Lötmaterials durch Erwärmen des Substrats lötet;

und eine Materialzuführmaschine (66), die der Wärmekammer das Rohmaterial der Kohlenstoffnanoröhre zuführt, so dass das Löten und Synthetisieren eines ausgerichteten CNT-Films (31, 931), in dem eine Mehrzahl von Kohlenstoffnanoröhren entlang einer bestimmten Ausrichtungsrichtung ausgerichtet sind, in der Wärmekammer durchgeführt werden.

[0021] Gemäß der angegebenen Herstellungsvorrichtung kann das Löten und Synthetisieren einer Kohlenstoffnanoröhre in einer gemeinsamen Wärmekammer durchgeführt werden.

[0022] Um jede Aufgabe Objekt zu erzielen, verwenden eine Mehrzahl von Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung offenbart sind, unterschiedliche technische Maßnahmen. Die Symbole in Klammern im obigen Abschnitt und im Anspruch zeigen lediglich Entsprechungen zu Elementen, die in den später als ein Beispiel genannten Ausführungsformen beschrieben sind, und dienen nicht dazu, den technischen Umfang dieser Offenbarung einzuschränken. Objekte, Merkmale und Vorteile, die in dieser Beschreibung offenbart werden, können anhand der folgenden Beschreibungen und beigefügten Zeichnungen deutlicher werden.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Querschnitt, der ein Substrat eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements (ein CNT-Verbundelement) gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 2 ist ein Querschnitt in einer mittleren Phase der ersten Ausführungsform.

Fig. 3 ist ein Querschnitt des CNT-Verbundelements gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das das Herstellungsverfahren der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 5 ist ein Diagramm, das die CNT-Höhe der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 6 ist ein Querschnitt in einer mittleren Phase der zweiten Ausführungsform.

Fig. 7 ist ein Querschnitt durch ein CNT-Verbundelement gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 8 ist ein Flussdiagramm, das ein Herstellungsverfahren der zweiten Ausführungsform zeigt.

Fig. 9 ist ein Querschnitt in einer mittleren Phase einer dritten Ausführungsform.

Fig. 10 ist ein Querschnitt in einer mittleren Phase der dritten Ausführungsform.

Fig. 11 ist ein Querschnitt, der ein CNT-Verbundelement gemäß der dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 12 ist ein Diagramm, das die CNT-Höhe der dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 13 ist ein Diagramm, das die CNT-Höhe der dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 14 ist eine Tabelle, die Komponenten der Lötmaterialschicht der dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 15 ist ein Querschnitt in einer mittleren Phase einer vierten Ausführungsform.

Fig. 16 ist ein Flussdiagramm, das ein Herstellungsverfahren der vierten Ausführungsform zeigt.

Fig. 17 ist ein REM-Bild, das das Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement der vierten Ausführungsform zeigt.

Fig. 18 ist eine Zeichnung zur Erläuterung des in **Fig. 17** dargestellten REM-Bildes.

Fig. 19 ist ein Querschnitt, der eine Variante der vierten Ausführungsform zeigt.

Fig. 20 ist ein Querschnitt in einer mittleren Phase einer fünften Ausführungsform.

Fig. 21 ist ein Querschnitt in einer mittleren Phase der fünften Ausführungsform.

Fig. 22 ist ein Querschnitt, der ein CNT-Verbundelement gemäß der fünften Ausführungsform zeigt.

Fig. 23 ist ein Flussdiagramm, das ein Herstellungsverfahren der fünften Ausführungsform zeigt.

Fig. 24 ist eine perspektivische Ansicht, die ein CNT-Verbundelement gemäß einer sechsten Ausführungsform zeigt.

Fig. 25 ist eine perspektivische Ansicht, die ein CNT-Verbundelement gemäß einer siebten Ausführungsform zeigt.

Fig. 26 ist eine perspektivische Ansicht, die ein CNT-Verbundelement gemäß einer achten Ausführungsform zeigt.

Fig. 27 ist eine perspektivische Ansicht, die ein CNT-Verbundelement gemäß einer neunten Ausführungsform zeigt.

Fig. 28 ist ein Querschnitt, der ein CNT-Verbundelement gemäß der neunten Ausführungsform zeigt.

Fig. 29 ist ein Querschnitt, der ein CNT-Verbundelement gemäß der neunten Ausführungsform zeigt.

Fig. 30 ist ein Blockdiagramm, das eine Herstellungsvorrichtung der neunten Ausführungsform zeigt.

Fig. 31 ist ein Flussdiagramm, das ein Herstellungsverfahren der fünften Ausführungsform zeigt.

Fig. 32 ist ein Querschnitt, der eine Variante der neunten Ausführungsform zeigt.

DETAILLIERTE DARSTELLUNG

[0023] Eine Mehrzahl von Ausführungsformen werden anhand der Zeichnungen beschrieben. In den Ausführungsformen können Teile, die funktional und/oder strukturell übereinstimmen und/oder zugeordnet werden können, durch die gleichen Bezugszeichen oder Bezugszeichen, die sich lediglich in der Hundertstelle oder darüber unterscheiden, gekennzeichnet sein. Auf die Beschreibung anderer Ausführungsformen kann für entsprechende Teile und/oder zugehörige Teile verwiesen werden.

Erste Ausführungsform

[0024] In dieser Ausführungsform werden ein Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement (CNT-Verbundelement) und ein Herstellungsverfahren dafür offenbart. Ein ausgerichteter Kohlenstoffnanoröhre-Film (ausgerichteter CNT-Film) ist ein Film, in dem viele Kohlenstoffnanoröhren (CNT) ausgerichtet sind. Der ausgerichtete CNT-Film ist auf einer Oberfläche eines Metallsubstrats angeordnet. In einem Beispiel sind die CNTs so ausgerichtet, dass sie sich senkrecht zur ebenen Oberfläche des Substrats erstrecken. Ein CNT-Verbundelement wird auch als ein Element, das mit den CNTs bedeckt ist, ein CNT-Verbundmaterial oder eine CNT-Struktur bezeichnet.

Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 3 zeigen die Formen des Materials in jeder Phase des Herstellungsprozesses des CNT-Verbundelements.

[0025] **Fig. 1** zeigt einen Querschnitt des Substrats 11, auf dem CNT gebildet wird. Das Substrat 11 ist eine Metallplatte, die aus Aluminium hergestellt ist. Das Substrat 11 ist aus Aluminium mit einer Reinheit von 99% oder mehr oder einer Aluminiumlegierung hergestellt. Die Aluminiumlegierung kann mindestens ein oder mehrere zusätzliche Metalle ausgewählt aus Si, Zn, Ti, Mn, Cu, Fe, Mg und Cr enthalten. Das Substrat 11 hat eine Dicke ThAL. Das Substrat 11 kann eine beliebige Dicke haben. Beispielsweise kann das Substrat 11 eine Dicke haben, die als Folie bezeichnet werden kann. Das Substrat 11 stellt eine zweidimensionale Oberflächenausbreitung bereit. Das Substrat 11 ist ein konfiguriertes Objekt, das die Form von Oberflächen selbst beibehalten kann. Darüber hinaus kann das Substrat 11 als Bauteil eine Dicke haben, die ein Wärmetransferprodukt, wie z.B. einen Heizkörper oder einen Wärmetauscher, bilden kann.

[0026] Fig. 2 zeigt die in der Stirnfläche eines Substrats gebildete Katalysatorschicht 21. Die Katalysatorschicht 21 ist aus einem Metallmaterial zum Synthesieren der CNT gebildet. Die Katalysatorschicht 21 wird z.B. mit Eisen, Nickel, Kobalt etc. gebildet.

[0027] In dieser Ausführungsform wird die Katalysatorschicht 21 so gebildet, dass sie die gesamte Oberfläche des Substrats 11 bedeckt. Die Katalysatorschicht 21 hat die Dicke ThFe.

[0028] Bild 3 zeigt den Querschnitt des CNT-Verbundelements 1. Die Katalysatorschicht 21 ist auf der Oberfläche des Substrats 11 angeordnet. Ein ausgerichteter CNT-Film 31 ist auf der Katalysatorschicht 21 gebildet. Der ausgerichtete CNT-Film 31 weist viele CNTs auf. Diese vielen CNTs sind entlang einer Ausrichtungsrichtung ORD ausgerichtet. Im abgebildeten Beispiel sind die vielen CNTs so ausgerichtet, dass sich eine Längsrichtung von CNT entlang einer senkrechten Richtung zur Oberfläche des Substrats 11 erstreckt. Die Ausrichtungsrichtung ORD kann zur Oberfläche des Substrats 11 geneigt sein. Die CNT erstreckt sich entlang der Ausrichtungsrichtung ORD und ist dabei leicht mäandriert. Der ausgerichtete CNT-Film 31 hat die Höhe HtCNT entlang der Ausrichtungsrichtung ORD.

[0029] Der ausgerichtete CNT-Film 31 verteilt sich über die gesamte Oberfläche des Substrats 11. Der ausgerichtete CNT-Film 31 ist hervorstehend, um einen Vorsprung 32 auf dem Substrat 11 zu bilden. Die Höhe HtCNT entspricht fast der Länge eines CNT. Ein CNT erstreckt sich beim Wickeln entlang der Ausrichtungsrichtung ORD. Daher ist die Länge eines CNT größer als die Höhe HtCNT. Die Höhe HtCNT ist die Höhe, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit des CNT als Wärmetransferprodukt, wie z.B. Heizkörper oder Wärmetauscher, effektiv nutzen kann. Wenn die CNT beispielsweise mit Luft in Berührung kommt, stellt der ausgerichtete CNT-Film 31 eine große Oberfläche für die Luft bereit. Darüber hinaus stellt die CNT eine hohe Wärmeleitfähigkeit in Längsrichtung der CNT vom Substrat 11 bereit. Dadurch begünstigt der ausgerichtete CNT-Film 31 den Wärmeaustausch zwischen Luft und dem Substrat 11.

[0030] In Fig. 4 weist das Herstellungsverfahren 180 des CNT-Verbundelements 1 eine Mehrzahl von Phasen zum Bilden des ausgerichteten CNT-Films 31 auf der Oberfläche des Substrats 11 auf. Das Herstellungsverfahren 180 wird nach dem Anordnen des Substrats 11 in einer Wärmekammer zum Synthesieren der CNT durchgeführt. Die abgebildete Reihenfolge ist ein Beispiel und kann auf Wunsch geändert werden.

[0031] Das Herstellungsverfahren 180 weist eine Mehrzahl von Prozessen, d.h. Schritten, auf. Das Herstellungsverfahren 180 weist ein Katalysatorauf-

bringungsprozess 183 auf. Der Katalysatoraufbringungsprozess 183 bildet die Katalysatorschicht 21 auf der Oberfläche des Substrats 11. Die Katalysatorschicht 21 kann durch irgendeine von verschiedenen Maßnahmen, wie z.B. ein flüssiges Beschichten, eine Dampfabscheidung, Sputtern und eine Gasphasenaddition, gebildet werden. Das Herstellungsverfahren 180 kann einen Formbearbeitungsprozess 185 aufweisen. Der Formbearbeitungsprozess 185 wird optional ausgeführt. Das Substrat 11 wird im Formbearbeitungsprozess 185 zu einer bestimmten Form, z.B. einer dreidimensionalen Form, verarbeitet. Hierbei wird die mechanische Bearbeitung von Schneiden, Biegen usw. durchgeführt. Das Herstellungsverfahren 180 weist einen Vorwärmprozess 187 auf. Der Vorwärmprozess 187 erwärmt das Substrat 11 und die Katalysatorschicht 21 auf eine für die Synthese des CNT geeignete Temperatur.

[0032] Das Herstellungsverfahren 180 weist einen CNT-Syntheseprozess 189 auf. Beim CNT-Syntheseprozess 189 wird das Rohmaterial der CNT der Wärmekammer zugeführt. Das Rohmaterial wird in der Wärmekammer erwärmt und aufgelöst. Die CNT wird auf dem Katalysator, der die Katalysatorschicht 21 bildet, synthetisiert. Die CNT wächst entlang der Ausrichtungsrichtung ORD. Dadurch wird der ausgerichtete CNT-Film 31 gebildet. Das Herstellungsverfahren 180 weist einen Kühlprozess 191 auf. Der Kühlprozess 191 kühlst das CNT-Verbundelement 1 z.B. auf Raumtemperatur.

[0033] Fig. 5 zeigt das Diagramm, das einen Zusammenhang zwischen einer Mehrzahl von Parametern im Herstellungsverfahren und einer CNT-Höhe HtCNT zeigt (μm: Mikrometer). Die Parameter sind ein Volumenverhältnis CO₂/C₂H₂ des CNT-Rohmaterials (v/v) und eine Dicke ThFe (nm: Nanometer) der Katalysatorschicht 21. Dieses Diagramm zeigt die CNT-Höhe HtCNT unter den folgenden Bedingungen.

[0034] Beim Katalysatoraufbringungsprozess 183 wird die Katalysatorschicht 21 durch ein Spritzverfahren auf dem Substrat 11 gebildet. Die Katalysatorschicht 21 wird durch Abscheidung von Eisen im Bereich von 0 nm bis 8 nm gebildet. Das Substrat 11 ist aus Aluminium mit 99% Reinheit hergestellt und ist eine 0,2 mm dicke Folie. Der Formbearbeitungsprozess 185 wird in diesem Beispiel nicht durchgeführt.

[0035] Beim Vorwärmprozess 187 wird das Substrat 11 und die Katalysatorschicht 21 in einem gemischten Gas aus Argon und Wasserstoff auf 600 Grad Celsius (°C) erhitzt und 5 Minuten in der 600°C Atmosphäre gehalten.

[0036] Beim CNT-Syntheseprozess 189 wird der Katalysatorschicht 21 ein Ausgangsgas der CNT zugeführt. Das Ausgangsgas ist ein Gemisch aus Acetylen (C₂H₂) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) im Volumen-

verhältnis 1:0-1:266. Daher ist die Atmosphäre im CNT-Syntheseprozess, d.h. das Ausgangsgas, ein gemischtes Gas aus Acetylen, Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid und Argon. Das Kohlenstoffdioxid wird als Gas zur Aufrechterhaltung der Aktivität des Katalysators zugegeben. Der CNT-Syntheseprozess 189 synthetisiert die CNT auf der Oberfläche des Substrats 11 in der Atmosphäre, bei der das Volumenverhältnis von Acetylen und Kohlenstoffdioxid 1:10 oder mehr und 1:300 oder weniger als Rohmaterial der CNT beträgt. Die CNT-Synthese kann auch als thermische CVD-Operation bezeichnet werden. Der CNT-Syntheseprozess 189 wird für 120 Minuten durchgeführt. Zusätzlich weist die Herstellungsvorrichtung einen Steuerungsgerät auf, das eine Menge von Acetylen und eine Menge von Kohlenstoffdioxid steuert.

[0037] Wie in der Zeichnung gezeigt, wird das Wachsen des ausgerichteten CNT-Films 31 in einem Bereich des Volumenverhältnisses von 1:3,3-1:266 oder in einem Bereich des Volumenverhältnisses von 1:10-1:266 begünstigt. Bei allen Volumenverhältnissen erfasst die Höhe HtCNT des ausgerichteten CNT-Films 31 Spitzenwerte, wenn die Dicke ThFe im Bereich von ca. 2 nm - 3 nm liegt. Bei allen Volumenverhältnissen kann der ausgerichtete CNT-Film 31 mit einer Höhe von mehr als 400 Mikrometern erhalten werden.

[0038] Wie in der Zeichnung gezeigt, ist es beim Volumenverhältnis 1:3,3 möglich, den ausgerichteten CNT-Film 31 mit einer Höhe von 400 Mikrometern oder mehr zu erhalten. Beim Volumenverhältnis 1:10 ist es möglich, den ausgerichteten CNT-Film 31 mit einer Höhe von 400 Mikrometern oder mehr auf der Katalysatorschicht 21 der Dicke 3 nm und mehr zu erhalten. Der höchste ausgerichtete CNT-Film 31 wird beim Volumenverhältnis 1:100 erhalten. Weiterhin wird auch beim Volumenverhältnis 1:266 der ausgerichtete CNT-Film 31 mit einer Höhe von mehr als 500 Mikrometern oder 600 Mikrometern erhalten.

[0039] Nach dem Wissen der Erfinder wurde angenommen, dass die Synthese der CNT im Volumenverhältnis kleiner als 1:10 instabil ist. Andererseits kann ein hoher, ausgerichteter CNT-Film 31 auch beim Volumenverhältnis 1:300 synthetisiert werden. Daher wird angenommen, dass der ausgerichtete CNT-Film 31 mit einer Höhe von mehr als 200 Mikrometern, 300 Mikrometern oder 400 Mikrometern, noch besser 500 Mikrometer, in einem Bereich des Volumenverhältnisses von 1:10 oder mehr und 1:300 oder weniger erhalten werden kann.

[0040] Das Volumenverhältnis von Acetylen und Kohlenstoffdioxid im CNT-Rohmaterial kann auf 1:10 oder mehr und 1:300 oder weniger eingestellt werden. Das Volumenverhältnis des CNT-Rohmaterials kann auf 1:30 oder mehr und 1:100 oder weniger eingestellt werden. Die Dicke ThFe der Katalysator-

schicht 21 kann nahe 3 nm eingestellt werden, wenn der Katalysator Eisen ist. Beispielsweise kann die Dicke ThFe der Katalysatorschicht 21 auf mindestens 2 nm eingestellt werden. Die Dicke ThFe der Katalysatorschicht 21 kann auf mindestens 3 nm eingestellt werden. Diese Einstellungen ermöglichen es, einen hohen, ausgerichteten CNT-Film 31 stabil zu synthetisieren. Die Dicke ThFe der Katalysatorschicht 21 kann auf 6 nm oder weniger eingestellt werden. Die Dicke ThFe der Katalysatorschicht 21 kann auf 5 nm oder weniger eingestellt werden. Diese Untergrenze und Obergrenze kann so gewählt werden, dass der ausgerichtete CNT-Film 31 höher als eine bestimmte Höhe erhalten werden kann. Eine Neigung der Höhe HtCNT neigt sich sanft in einem Bereich, in dem die Dicke ThFe der Katalysatorschicht 21 3 nm übersteigt. Dann kann die Dicke ThFe der Katalysatorschicht 21 auf einen vergleichsweise dicken Bereich eingestellt werden, z.B. 3 nm oder mehr und 5 nm oder weniger.

[0041] Gemäß dieser Ausführungsform wird auf dem aus Aluminium hergestellten Substrat 11 ein hoher, ausgerichteter CNT-Film 31 gebildet. Konkret kann der ausgerichtete CNT-Film 31 mit einer Höhe von mindestens 200 Mikrometern oder mehr als 200 Mikrometern erhalten werden. Außerdem kann der ausgerichtete CNT-Film 31 mit einer Höhe von nicht weniger als 300 Mikrometern erhalten werden. Weiterhin kann in einem gewünschten Modus der ausgerichtete CNT-Film 31 mit einer Höhe von nicht weniger als 400 Mikrometern erzielt werden.

Zweite Ausführungsform

[0042] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden Ausführungsform basieren. In der vorhergehenden Ausführungsform wird der ausgerichtete CNT-Film 31 auf einer ganzen Fläche des Substrats 11 gebildet. Alternativ wird in dieser Ausführungsform der ausgerichtete CNT-Film 31 auf einem Teil der Oberfläche des Substrats 11 gebildet.

[0043] In Fig. 6 wird eine partielle Katalysatorschicht 221 auf der Oberfläche des Substrats 11 gebildet, um einen Teil der Oberfläche des Substrats 11 zu bedecken. Die Katalysatorschicht 221 wird auf einem Ausrichtungsbereich 41 gebildet, auf dem die Bildung des ausgerichteten CNT-Films 31 erwartet wird. Die Katalysatorschicht 221 wird auf einem Nicht-Bildungsbereich 42, auf dem die Bildung des ausgerichteten CNT-Films 31 nicht erwartet wird, nicht gebildet. Dadurch weist die Oberfläche des Substrats 11 den Ausrichtungsbereich 41 und den Nicht-Bildungsbereich 42 auf. Im Nicht-Bildungsbereich 42 wird der ausgerichtete CNT-Film 31 nicht synthetisiert oder wächst nicht lange.

[0044] In **Fig. 7** weist das CNT-Verbundelement 1 Vorsprünge 32 und Vertiefungen 33 auf. Der Vorsprung 32 ist ein Bündel von langen CNTs, die gebildet sind, um aus dem Substrat 11 herauszuragen. Der Vorsprung 32 kann auch als inselförmig ausgerichteter CNT-Film 31 bezeichnet werden. Auf der Oberfläche des Substrats 11 werden eine Mehrzahl an Vorsprüngen 32 gebildet, die in beliebigen Querschnitten voneinander beabstandet sind. Die Vertiefung 33 befindet sich zwischen zwei Vorsprüngen 32. Bei der Vertiefung 33 wird die CNT nicht synthetisiert, oder die CNT erstreckt sich größer als der ausgerichtete CNT-Film 31.

[0045] In **Fig. 8** wird im Herstellungsverfahren dieser Ausführungsform ein Katalysatoraufbringungsprozess 283 angewendet. Der Katalysatoraufbringungsprozess 283 ist der Prozess zum Anordnen eines Katalysators. Der Katalysatoraufbringungsprozess 283 bildet eine partielle Katalysatorschicht 221. Die Katalysatorschicht 221 kann unter Verwendung einer Schablonenmaske oder einer Fotolithographie gebildet werden. Der Katalysatoraufbringungsprozess 283 wird auch als Musterbildungsprozess bezeichnet, um den ausgerichteten CNT-Film 31 in eine bestimmte Musterform zu bringen. Der Katalysatoraufbringungsprozess 283 ist ein Prozess zum Bereitstellen des Katalysators, bezüglich der Oberflächen des Substrats 11, auf dem Ausrichtungsbereich 41, in dem die CNT gebildet wird, ohne den Katalysator auf dem Nicht-Bildungsbereich 42, in dem die CNT nicht gebildet wird, bereitzustellen. In dieser Ausführungsform sind die Parameter in einem Herstellungsprozess die gleichen wie in den vorhergehenden Ausführungsformen. Die aufeinanderfolgenden Prozesse 185-191 sind die gleichen wie in den vorhergehenden Ausführungsformen. Nach dem Prozess des Aufbringens des Katalysators wird ein Formbearbeitungsprozess 185 durchgeführt, der das Substrat 11 in eine bestimmte Form bringt.

[0046] In dieser Ausführungsform bildet sich, ähnlich wie bei den vorhergehenden Ausführungsformen, ein langer, ausgerichteter CNT-Film 31. Weiterhin kann der ausgerichtete CNT-Film 31 teilweise auf dem Substrat 11 gebildet werden.

Dritte Ausführungsform

[0047] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden Ausführungsform basieren. In der vorhergehenden Ausführungsform ist das Substrat 11 aus einem einzigen Material hergestellt, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist. Alternativ weist das Substrat 11 in dieser Ausführungsform eine Hauptschicht 312 und eine Lötmaterialschicht 313 auf.

[0048] In **Fig. 9** weist das Substrat 11 die Hauptschicht 312, die aus Aluminium hergestellt ist, und die

Lötmaterialschicht 313 auf. Die Lötmaterialschicht 313 ist eine Legierungsschicht, die hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist. Die Lötmaterialschicht 313 hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als die Hauptschicht 312. Die Lötmaterialschicht 313 hat die Dicke ThBrz. In dieser Ausführungsform wird der ausgerichtete CNT-Film 31 auf der Lötmaterialschicht 313 gebildet.

[0049] Wie in **Fig. 10** gezeigt, wird die Katalysatorschicht 221 auf der Lötmaterialschicht 313 gebildet. Die Katalysatorschicht 221 ist teilweise angeordnet, so dass sie den Ausrichtungsbereich 41 und den Nicht-Bildungsbereich 42 bildet.

[0050] In **Fig. 11** weist das CNT-Verbundelement 1 den ausgerichteten CNT-Film 31 auf, der auf der Lötmaterialschicht 313 gebildet ist. Auch in dieser Ausführungsform bildet der ausgerichtete CNT-Film 31 die Vorsprünge 32 und die Vertiefungen 33.

[0051] **Fig. 12** und **Fig. 13** zeigen die Diagramme, die den Zusammenhang zwischen der Komponente des Lötmaterials und der CNT-Höhe HtCNT zeigen. **Fig. 14** zeigt die Komponente der Lötmaterialschicht in der Probe. Ein Lötmaterial mit der Bezeichnung Typ-A1 ist durch eine Hauptkomponente aus Aluminium gekennzeichnet und enthält Zn: 2-3,2%. Ein Lötmaterial mit der Bezeichnung Typ-B ist durch eine Hauptkomponente aus Aluminium gekennzeichnet und enthält Si:0,6-0,9%, Cu:0,2-0,4%, Mn:1%-2% und Ti:0,1-0,2%. Ein Lötmaterial mit der Bezeichnung Typ-A2 ist gekennzeichnet durch weniger Zn als Typ-A1. Ein Lötmaterial mit der Bezeichnung Typ-C ist durch eine Hauptkomponente aus Aluminium gekennzeichnet und enthält Si:9-11%. Dieses Diagramm zeigt die CNT-Höhe HtCNT unter den folgenden Bedingungen. Beim Katalysatoraufbringungsprozess 183 wird die Katalysatorschicht 21 durch ein Spritzverfahren auf dem Substrat 11 gebildet. Die Katalysatorschicht 21 wird durch Abscheidung von Eisen im Bereich von 0 nm bis 7 nm gebildet. Das Substrat 11 ist eine 0,2 mm dicke Folie. Die Dicke ThBrz der Lötmaterialschicht 313 ist nicht weniger als etwa 10% der Dicke ThAL. Der Vorwärmprozess 187 ist derselbe wie bei den vorhergehenden Ausführungen.

[0052] Beim CNT-Syntheseprozess 189 wird das Ausgangsgas der CNT der Katalysatorschicht 21 zugeführt. Das Ausgangsgas ist ein Gemisch aus Acetylen (C_2H_2) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) im Volumenverhältnis 1:30. Kohlenstoffdioxid nimmt 1,8 Volumenprozent (Vol.-%) ein. Acetylen nimmt 0,06 Volumenprozent (Vol.-%) ein. Ein Volumen-CNT-Syntheseprozess wird für 120 Minuten durchgeführt.

[0053] In der Zeichnung ist ein Referenzartikel (Referenz) ohne die Lötmaterialschicht 313 abgebildet. Wie in der Zeichnung gezeigt, wird auch bei Vorhan-

densein der Lötmaterialschicht **313** der ausgerichtete CNT-Film **31** mit der gleichen Höhe wie der Referenzartikel gebildet. Gemäß dieser Ausführungsform wird das CNT-Verbundelement **1** bereitgestellt, das zum Löten verwendet werden kann. In diesem Fall wird das CNT-Verbundelement **1** dem Lötprozess zugeführt. Das CNT-Verbundelement **1** wird mit anderen Elementen so verbunden, dass im Lötprozess ein Artikel mit einer bestimmten Form entsteht.

Vierte Ausführungsform

[0054] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden Ausführungsform basieren. In den oben genannten Ausführungsformen kann eine Form des ausgerichteten CNT-Films **31** durch die partielle Katalysatorschicht **221** gesteuert werden. Alternativ kann ein Element, das die Synthese und/oder das gerichtete Wachstum der CNT positiv inhibiert, auf der Oberfläche des Substrats **11** angeordnet werden. Diese Ausführungsform verwendet die raue Oberfläche, die auf der Oberfläche des Substrats **11** angeordnet ist, als ein Inhibitorelement.

[0055] In **Fig. 15** wird die raue Oberfläche durch eine Mehrzahl von Rillen **414** auf der Oberfläche des Substrats **11** gebildet. In dieser Ausführungsform ist die Rille **414** ein Inhibitorelement. Darüber hinaus ist die raue Oberfläche auch ein Inhibitorelement. Die raue Oberfläche entspricht einer Rille **414**. Eine Rille **414** wird durch eine Vertiefung in U-Form definiert und gebildet. Die Rille **414** ist ein konkaver Teil der ursprünglichen Oberfläche (ebene Fläche) des Substrats **11**. Die Vertiefung in der U-Form stellt Oberflächen bereit, die sich mit der ursprünglichen Oberfläche des Substrats **11** kreuzen. Die Vertiefung in der U-Form wird durch Oberflächen definiert und gebildet, die sich in unterschiedliche Richtungen von der ursprünglichen Oberfläche (ebene Oberfläche) des Substrats **11** orientieren. Die ursprüngliche Oberfläche des Substrats **11** bleibt zwischen zwei Rillen **414** zurück. Die ursprüngliche Oberfläche des Substrats **11** bildet den Ausrichtungsbereich **41**. Die Rille **414** stellt einen Nicht-Ausrichtungsbereich **43** bereit. Genauer gesagt inhibiert die Rille **414** das gerichtete Wachstum der CNT. Im Nicht-Ausrichtungsbereich **43** ist die CNT willkürlich angeordnet, ohne entlang der Ausrichtungsrichtung ORD ausgerichtet zu sein.

[0056] In **Fig. 16** wird beim Herstellungsverfahren dieser Ausführungsform ein zur Bearbeitungsprozess für eine raue Oberfläche **481** verwendet. Der Bearbeitungsprozess für eine raue Oberfläche **481** bildet eine teilweise raue Oberfläche auf der Oberfläche des Substrats **11** durch eine mechanische oder chemische Oberflächenbehandlung des Substrats **11**. Die raue Oberfläche bildet eine Oberfläche, die rauer als die anderen Teile auf der Oberfläche des Substrats **11** ist. Die raue Oberfläche wird durch verschiede-

ne Oberflächen gebildet, die sich zur ebenen Oberfläche, die die Oberfläche des Substrats **11** definiert, neigen. Die raue Oberfläche kann durch Verkratzen der Oberfläche des Substrats gebildet werden **11**. Zusätzlich kann die raue Oberfläche durch Belassen einer Oberfläche vor einer Polierarbeit des Substrats **11** gebildet werden. Der Bearbeitungsprozess für eine raue Oberfläche **481** wird auch als Musterbildungsprozess bezeichnet, um den ausgerichteten CNT-Film **31** in einer bestimmten Musterform zu bilden. Der Bearbeitungsprozess für eine raue Oberfläche **481** ist ein Verfahren zum Bereitstellen des Inhibitorelements. Der Bearbeitungsprozess für eine raue Oberfläche **481** ist der Prozess zum Bereitstellen der rauen Oberfläche mit Vorsprüngen und Vertiefungen auf dem Nicht-Ausrichtungsbereich **43**, auf dem die CNT nicht gebildet wird. Die raue Oberfläche weist mehr Vorsprünge und Vertiefungen auf als die Oberfläche des Ausrichtungsbereichs **41**, auf dem die CNT gebildet wird. Bei dieser Ausführungsform wird die raue Oberfläche durch die Bildung der Rille **414** auf der Oberfläche des Substrats **11** gebildet.

[0057] In einem Beispiel ist das Substrat **11** eine Platte, die aus Aluminium mit einer Reinheit von 99% oder mehr hergestellt ist. Zusätzlich kann das Substrat **11** aus einer Aluminiumlegierung hergestellt sein. Bei dem Bearbeitungsprozess für eine raue Oberfläche **481** wird die Rille **414** durch die Ritzvorrichtung gebildet, die bei der Halbleiterherstellung zum Einsatz kommt. Die Rille **414** ist eine Rille mit einem U-förmigen Querschnitt von 20 Mikrometern Tiefe und 10 Mikrometern Breite. Die übrigen Prozesse **183-191** sind die gleichen wie in den vorhergehenden Ausführungsformen. Nach dem Prozess des Bereitstellens des Inhibitorelements, das durch den Bearbeitungsprozess für eine raue Oberfläche **481** bereitgestellt wird, wird ein Formbearbeitungsprozess **185** durchgeführt, der das Substrat **11** in eine bestimmte Form bringt.

[0058] **Fig. 17** zeigt das REM-Bild des CNT-Verbundelements **1** eines Beispiels dieser Ausführungsform. **Fig. 18** ist ein Diagramm zur Erläuterung der einzelnen Teile im REM-Bild. **Fig. 17** und **Fig. 18** entsprechen einer perspektivischen Ansicht, die schräg von oben betrachtet eine Bruchfläche zeigt, nachdem ein Teil des ausgerichteten CNT-Films **31** vom CNT-Verbundelement **1** abgezogen wurde. Die obere Endfläche TP des ausgerichteten CNT-Films **31** erscheint im oberen Teil der Zeichnungen. Die obere Endfläche TP ist aus dem oberen Ende vieler CNTs gebildet. Auf der oberen Endfläche TP ist ein Spalt CV zu sehen, der entsteht, wenn ein Teil des ausgerichteten CNT-Films **31** abgezogen wird. Eine Bruchseite SD des ausgerichteten CNT-Films **31** erscheint in einem mittleren Teil der Zeichnungen. Die Bruchseite SD ist aus vielen CNT-Seitenflächen gebildet. Viele Linien in vertikaler Richtung, die die CNTs zeigen, sind auf der Bruchseite SD zu sehen. Zusätzlich ist auf der

Bruchseite SD ein Bündel FZ aus willkürlichen CNTs zu sehen, das beim Abziehen eines Teils des ausgerichteten CNT-Films **31** entsteht. Die Oberfläche des Substrats **11** erscheint auf einem unteren Teil der Zeichnungen. Die Rillen **414** sind auf der Oberfläche des Substrats **11** zu sehen.

[0059] Wie in der Zeichnung gezeigt, befindet sich eine große Anzahl von ausgerichteten CNTs auf dem Ausrichtungsbereich **41** in einer ebenen Oberfläche. Der durch den ausgerichteten CNT-Film **31** gebildete Vorsprung **32** befindet sich dementsprechend auf dem Ausrichtungsbereich **41**.

[0060] Andererseits Seite befindet sich auf der Rille **414** ein Bereich, in dem die Ausrichtung willkürlich gebrochen ist. Da die CNTs in vertikaler Richtung zu einer schrägen Oberfläche wachsen können, die durch die Rille **414** bildende schräge Oberfläche verursacht wird, inhibieren sich die CNTs aus gegenüberliegenden schrägen Oberflächen gegenseitig, und das Wachstum der CNTs in senkrechter Richtung des Substrats wird inhibiert. Inhibieren des Wachstums tritt vor allem an einer oberen Endfläche TP auf. An einer der Rille **414** entsprechenden Stelle bildet sich eine dünne Vertiefung **33**. Diese Vertiefung **33** wird durch die CNTs mit reduzierter Dichte, also durch einen Hohlraum, gebildet. Der ausgerichtete CNT-Film **31** wird auf der Rille **414** durch die rauhe Oberfläche, die durch die Rille **414** gebildet wird, nicht gebildet. Dadurch bildet sich die Vertiefung **33** in der Rille **414**. Darüber hinaus scheint es, dass an einer Ecke als Grenze zwischen einem Vorsprung **32** und der Vertiefung **33** der obere Endabschnitt der CNT ein wenig geneigt und geschwollen ist.

[0061] In dieser Ausführungsform wird auf dem Substrat **11** ein Bereich des ausgerichteten CNT-Films **31** gebildet, in dem die CNTs ausgerichtet sind, und ein Bereich, in dem sich die CNTs mit geringer Dichte oder willkürlich erstrecken. Mit anderen Worten, die Form des ausgerichteten CNT-Films **31** wird durch einen Dichteunterschied oder eine Ausrichtungsbedingung der CNT definiert, insbesondere durch ein Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Ausrichtung. In dieser Ausführungsform sind eine Mehrzahl an Rillen **414** gebildet, die sich parallel zueinander erstrecken. Alternativ können eine Mehrzahl an Rillen **414** gebildet werden, die sich in mehreren Richtungen kreuzend erstrecken. Die Mehrzahl der Rillen **414** können so gebildet sein, dass sie sich in beliebige Richtungen innerhalb des Nicht-Ausrichtungsbereichs **43** erstrecken.

[0062] Fig. 19 zeigt ein weiteres Beispiel der Rille **414**. Die Rille **414** hat einen Querschnitt in V-Form. Eine Rille **414** wird durch ein Paar V-förmig angeordnete schräge Oberflächen **415** definiert und gebildet. Da die CNT senkrecht zu einer Oberfläche wächst, verhindert die schräge Oberfläche **415**, dass

die CNT innerhalb der Rille **414** in Ausrichtungsrichtung ORD wächst. Außerdem ist die Form der Rille **414** nicht auf eine U-Form und eine V-Form beschränkt. Die Rille **414** kann verschiedene Formen haben, wie z.B. eine Halbkreisform im Querschnitt oder eine Rechteckform im Querschnitt. In dieser Ausführungsform wird, ähnlich wie bei den vorhergehenden Ausführungsformen, der lange, ausgerichtete CNT-Film **31** gebildet. Zusätzlich ist es möglich, den ausgerichteten CNT-Film **31** teilweise auf dem Substrat **11** zu bilden. Zusätzlich wird der ausgerichtete CNT-Film **31** gebildet, die einen langen und schmalen Bereich einnimmt. Die ausgerichteten CNT-Filme **31** in langen und schmalen Inselformen werden entlang der Mehrzahl von Rillen **414** gebildet. Unter einem anderen Gesichtspunkt werden zwischen den ausgerichteten CNT-Filmen **31** mehrere lineare Vertiefungen **33** gebildet. Die Mehrzahl von ausgerichteten CNT-Filmen **31** in Inselform vergrößert einen Bereich für den Wärmeaustausch auf einer Oberfläche des Substrats **11** zu einem thermischen Medium, wie z.B. Luft. Der ausgerichtete CNT-Film **31** in einer langen und schmalen Inselform ist ebenfalls eine Plattenform. Die Mehrzahl der ausgerichteten CNT-Filme **31** in den Plattenformen haben Abstände, die das thermische Medium dazwischen einbringen können. Die Mehrzahl der ausgerichteten CNT-Filme **31** in den Plattenformen zeigen eine Funktion wie eine Lamelle, da das thermische Medium in die Zwischenräume fließt.

Fünfte Ausführungsform

[0063] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden Ausführungsform basieren. In den vorhergehenden Ausführungsformen wird das Inhibitorelement durch die Rille **414** und/oder die rauhe Oberfläche bereitgestellt. Alternativ kann auf der Oberfläche des Substrats **11** eine Materialschicht gebildet werden, die das Wachstum und/oder die Ausrichtung der CNT positiv inhibiert. Diese Ausführungsform verwendet als Inhibitorelement die organische Materialschicht, die Kohlenstoff (C) enthält.

[0064] In Fig. 20 wird eine organische Materialschicht **516**, die Kohlenstoff enthält, teilweise auf der Oberfläche des Substrats **11** gebildet. Die organische Materialschicht **516** kann leicht mit einer Beschichtung, einem Filzstift etc. gebildet werden. Beispielsweise wird die organische Materialschicht **516** gebildet, indem ein Teil der Oberfläche des Substrats **11** mit einem öligen Filzstift bemalt wird. In dieser Ausführungsform ist die organische Materialschicht **516** ein Inhibitorelement. Die organische Materialschicht **516** ist auf dem Nicht-Ausrichtungsbereich **43** angeordnet. Mit anderen Worten werden der Ausrichtungsbereich **41** und der Nicht-Ausrichtungsbereich **43** durch die organische Materialschicht **516** gebildet.

[0065] Wie in **Fig. 21** gezeigt, wird die Katalysatorschicht **21** auch auf der organischen Materialschicht **516** gebildet. Die organische Materialschicht **516** ist so angeordnet, dass sie an die Katalysatorschicht **21** anschließt. Die organische Materialschicht **516** reduziert die Aktivität des Katalysators, der die organische Materialschicht **516** berührt. Die organische Materialschicht **516** kann dazu führen, dass der Katalysator seine Aktivität verliert. Dadurch wächst die CNT nicht auf der organischen Materialschicht **516** oder ist nicht ausgerichtet. In dieser Ausführungsform wird die Katalysatorschicht **21** auf der organischen Materialschicht **516** gebildet. Alternativ kann die organische Materialschicht **516** auf der Katalysatorschicht **21** bereitgestellt werden. Es ist wünschenswert, die organische Materialschicht **516** so zu bilden, dass die an die Katalysatorschicht **21** anschließt. Die organische Materialschicht **516** wird auch als kohlenstoffhaltige Materialschicht bezeichnet.

[0066] In **Fig. 22** hat das CNT-Verbundelement **1** einen Vorsprung **32** und eine Vertiefung **33**. Eine Spur der organischen Materialschicht **516** bleibt unter der Vertiefung **33** zurück. Diese Spur ist eine Restschicht, die durch den Abbau der organischen Materialschicht **516** bei hoher Temperatur im CNT-Syntheseprozess entsteht. Die organische Materialschicht **516** wird durch eine hohe Temperatur im CNT-Syntheseprozess mit der Katalysatorschicht vermischt und bildet die Restschicht. Daher enthält die Restschicht Kohlenstoff und das/die Katalysatorschicht-konstituierenden Element(e), das/die die Katalysatorschicht **21** bildet/bilden. Die Restschicht wird auch als kohlenstoffhaltige Materialschicht und kohlenstoffhaltige Restschicht bezeichnet.

[0067] In **Fig. 23** wird beim Herstellungsverfahren dieser Ausführungsform der organische-Schichtbildungsprozess **581** angewendet. Der organische-Schichtbildungsprozess **581** ist ein Prozess zum Bereitstellen des Inhibitorelements. Beim organische-Schichtbildungsprozess **581** wird die organische Materialschicht **516**, die Kohlenstoff enthält, auf dem Nicht-Ausrichtungsbereich **43** bereitgestellt. Der organische-Schichtbildungsprozess **581** wird auch als Musterbildungsprozess bezeichnet, um den ausgerichteten CNT-Film **31** in einem bestimmten Muster zu bilden. Die übrigen Prozesse **183-191** sind die gleichen wie in den vorhergehenden Ausführungsformen. Nach dem Bereitstellen des durch den organische-Schichtbildungsprozess **581** bereitgestellten Inhibitorelements erfolgt der Formbearbeitungsprozess **185** des Substrats **11** in eine bestimmte Form. Der organische-Schichtbildungsprozess **581** kann nach dem Katalysatoraufbringungsprozess **183** durchgeführt werden. Der Katalysatoraufbringungsprozess **183** kann nach dem Formbearbeitungsprozess **185** oder nach dem Vorwärmprozess **187** durchgeführt werden.

[0068] In dieser Ausführungsform wird, ähnlich wie bei den vorhergehenden Ausführungsformen, ein langer, ausgerichteter CNT-Film **31** gebildet. Zusätzlich ist es möglich, den ausgerichteten CNT-Film **31** teilweise auf dem Substrat **11** zu bilden.

Sechste Ausführungsform

[0069] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden Ausführungsform basieren. Der ausgerichtete CNT-Film **31** kann in einem unterschiedlich geformten Substrat gebildet werden. Zusätzlich kann der ausgerichtete CNT-Film **31** in verschiedenen Konfigurationen gebildet werden.

[0070] Das in **Fig. 24** dargestellte CNT-Verbundelement **1** hat eine Konfiguration, die als Platte oder Folie bezeichnet werden kann. Die Dicke des CNT-Verbundelements **1** ist so eingestellt, dass es seine eigene Form behält. Das CNT-Verbundelement **1** stellt eine zweidimensionale Oberflächenausbreitung bereit. Das CNT-Verbundelement **1** ist ein konfiguriertes Objekt, das die Form von Oberflächen selbst beibehalten kann. Das CNT-Verbundelement **1** kann als eigenständige zweidimensionale Struktur bezeichnet werden. Der ausgerichtete CNT-Film **31** stellt ein Streifenmuster bereit. Das heißt, der ausgerichtete CNT-Film **31** ist gebildet, um streifenförmig angeordnete Vorsprünge **32** und Vertiefungen **33** zu bilden.

Siebte Ausführungsform

[0071] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden Ausführungsform basieren. Das in **Fig. 25** dargestellte CNT-Verbundelement **1** hat eine Konfiguration, die als Rohr bezeichnet werden kann. Die Dicke des CNT-Verbundelements **1** ist so eingestellt, dass es seine eigene Form behält. Das CNT-Verbundelement **1** stellt eine gekrümmte dreidimensionale Oberflächenausbreitung bereit. Das CNT-Verbundelement **1** ist ein konfiguriertes Objekt, das die Form von Oberflächen selbst beibehalten kann. Das CNT-Verbundelement **1** kann als eigenständige dreidimensionale Struktur bezeichnet werden. Der ausgerichtete CNT-Film **31** wird auf einer Oberfläche gebildet, die sich gleichmäßig und kontinuierlich in drei Dimensionen ausbreitet. Der ausgerichtete CNT-Film **31** ist so gebildet, dass er Vorsprünge **32**, die einen Teil der dreidimensionalen Oberfläche einnehmen, und Vertiefungen **33** bereitzustellen, die sich darüber befinden. Das CNT-Verbundelement **1** kann verschiedene dreidimensionale Formen haben, wie z.B. einen Block und ein Netz.

Achte Ausführungsform

[0072] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden

Ausführungsform basieren. Das in **Fig. 26** dargestellte CNT-Verbundelement **1** hat eine dreidimensionale Form. Die Dicke des CNT-Verbundelements **1** ist so eingestellt, dass es seine eigene Form behält. Das CNT-Verbundelement **1** weist eine Mehrzahl ebener Flächen auf, die sich kreuzend erstrecken. Das CNT-Verbundelement **1** ist mit einer Mehrzahl von ebenen Oberflächen und kleinen gekrümmten Oberflächen, die sich dazwischen verbinden, gebildet. Das CNT-Verbundelement **1** kann als eigenständige dreidimensionale Struktur bezeichnet werden.

[0073] Bei dieser Ausführungsform wird das Substrat durch Biegen einer Platte, die aus Aluminium mit einer Reinheit von 99% hergestellt ist, zu einer Klammerform gebildet. Beim Herstellungsverfahren dieser Ausführungsform wird das Substrat in einen Elektroofen eingebaut und unter einer Argonströmung auf 600 Grad Celsius (°C) erwärmt. Anschließend wird der auf 80 °C erwärmte Dampf aus dem Ferrocen in Argon eingeschlossen. Das Substrat wird dieser Atmosphäre über 3 Minuten ausgesetzt. Anschließend wird der ausgerichtete CNT-Film nach dem gleichen Verfahren wie in den vorhergehenden Ausführungsformen synthetisiert.

[0074] Außerdem kann das Inhibitorelement auf der Oberfläche des Substrats angeordnet werden. Zusätzlich kann nach dem Bereitstellen des Inhibitorelements auf einer flachen Platte die flache Platte in eine dreidimensionale Form gebracht und anschließend der ausgerichtete CNT-Film synthetisiert werden. Gemäß dieser Ausführungsform wird der ausgerichtete CNT-Film auf der gesamten Oberfläche des Klammerförmigen Substrats gebildet.

Neunte Ausführungsform

[0075] Diese Ausführungsform ist eine von Modifikationen, die auf einer Grundform der vorhergehenden Ausführungsform basieren. Wie in **Fig. 27** gezeigt, hat das CNT-Verbundelement **1** die Konfiguration eines Wärmetauschers, der den Wärmeaustausch zwischen zwei Medien **M1** und **M2** gewährleistet. Das CNT-Verbundelement **1** stellt komplizierte verschiedene Oberflächen bereit. Auch in dieser Ausführungsform weist das CNT-Verbundelement **1** das Substrat **11** und die ausgerichteten CNT-Filme **31** und **931** auf, die auf der Oberfläche des Substrats **11** gebildet sind.

[0076] In dieser Ausführungsform werden eine Mehrzahl an Substraten **11**, die zum Bilden des Wärmetauschers in Formen bearbeitet wurden, kombiniert und bilden eine Konfiguration des Wärmetauschers. Das Substrat **11** ist Aluminium und eine Aluminiumlegierung. Lötmaterial, und Aluminium oder eine zum Löten geeignete Aluminiumlegierung werden der Oberfläche des Substrats **11** ausgesetzt. Das Substrat **11** hat ein Paar von Stifteleisten **51**, eine

Mehrzahl von Rohren **52**, die sich zwischen einem Paar von Stifteleisten **51** verbinden. Zusätzlich weist das Substrat **11** eine Mehrzahl von Lamellen **53** zur Vergrößerung der Oberfläche für ein Primärmedium **M1** auf. Das Primärmedium **M1** strömt an einer äußeren Oberfläche des CNT-Verbundelements **1**. Ein Sekundärmedium **M2** strömt innerhalb des Paar von Stifteleisten **51** und der Mehrzahl von Rohren **52**.

[0077] Wie in **Fig. 28** gezeigt, werden die Vorsprünge **32** und die Vertiefungen **33** durch den ausgerichteten CNT-Film **31** auf der Oberfläche des CNT-Verbundelements **1** gebildet. Das Primärmedium **M1** strömt in Kontakt mit dem ausgerichteten CNT-Film **31**. In der in **Fig. 28** dargestellten Form kann der Wärmeaustausch des Primärmediums **M1** und des ausgerichteten CNT-Films **31** jedoch nicht vollständig erreicht werden.

[0078] **Fig. 29** zeigt den ausgerichteten CNT-Film **931**, die in dieser Ausführungsform geformt ist. Der geformte, ausgerichtete CNT-Film **931** ist trapezförmig. Der geformte, ausgerichtete CNT-Film **931** weist einen Basisabschnitt nahe dem Substrat **11** und einen vom Substrat **11** entfernten Endabschnitt auf. Der Basisabschnitt ist dicker als der Endabschnitt. Der geformte, ausgerichtete CNT-Film **931** ist zu einer Seite des Substrats **11** dick geformt und wird schmal, wenn er vom Substrat **11** entfernt ist. In dem geformten, ausgerichteten CNT-Film **931** sind CNT leicht geneigt und sich erstreckend in einem Bündel von inselförmigen CNTs enthalten. Viele CNTs, die in einem Bündel von inselförmigen CNTs enthalten sind, sind jedoch immer noch senkrecht zur Oberfläche des Substrats **11** ausgerichtet. Auch in dem geformten, ausgerichteten CNT-Film **931** kann gesagt werden, dass eine Mehrzahl von CNTs im Allgemeinen senkrecht zur Oberfläche des Substrats **11** ausgerichtet sind. Der geformte, ausgerichtete CNT-Film **931** neigt dazu, das Primärmedium **M1** in die Vertiefungen **33** einzubringen. Als Ergebnis wird das CNT-Verbundelement **1** hergestellt, das eine hohe Wärmeaustauschleistung als Wärmetauscher aufweisen kann.

[0079] Die in Bild **30** dargestellte Herstellungsvorrichtung kann durch Modifikation der vorhandenen Herstellungsvorrichtung für den Wärmetauscher montiert werden. Die Herstellungsvorrichtung des CNT-Verbundelements **1** weist die Wärmekammer (HEATC) **61** und die Kühlkammer (COOLC) **62** zum Durchführen des Kühlprozesses auf.

[0080] Die Wärmekammer **61** nimmt eine Mehrzahl von Substraten **11** auf, die hauptsächlich aus Aluminium hergestellt sind und zumindest an einem Teil Lötmaterial aufweisen. Die Wärmekammer schmilzt das Lötmaterial durch Erwärmen einer Mehrzahl von Substraten **11** und verlässt eine Mehrzahl von Substraten **11**. Die Wärmekammer **61** ist ein Lötofen zum Löten einer Mehrzahl von Elementen als Wärmetauscher.

Gleichzeitig ist die Wärmekammer **61** auch ein Reaktor zum Synthetisieren der CNT. Die CNT wird gleichzeitig mit dem Löten oder vor und nach dem Löten synthetisiert.

[0081] Die Kühlkammer **62** ist eine Kammer zum Kühlen des CNT-Verbundelements **1**, das mit den ausgerichteten CNT-Filmen **31** in der Wärmekammer **61** gelötet und geformt wird. Die Kühlkammer **62** ist auch eine Formkammer zum Formen des ausgerichteten CNT-Films **31**. Zusätzlich kann eine Vorwärmkammer zur Durchführung eines Vorwärmprozesses vor der Wärmekammer **61** angeordnet werden. Die Herstellungsvorrichtung weist Torvorrichtungen **64a**, **64b** und **64c** zur Aufrechterhaltung der Atmosphäre in der Fördermaschine **63** und in jeder Kammer **61**, **62** auf. Die Torvorrichtungen **64a**, **64b** und **64c** können mit einem Luftvorhang oder einem Torventil bereitgestellt werden.

[0082] Die Herstellungsvorrichtung weist eine Katalysatorzuführmaschine (CAT-SUP) **65**, die der Wärmekammer **61** das Rohmaterial des Katalysators zuführt. Die Katalysatorzuführmaschine **65** führt das Rohmaterial des Katalysators zu, so dass der Katalysator für die Synthese von CNT auf der Oberfläche des Substrats **11** bereitgestellt wird. Die Wärmekammer **61** ist somit ein Ofen zum Aufbringen des Katalysators auf die Oberfläche des Substrats **11**, also ein Reaktor zum Bilden der Katalysatorschicht. Der Katalysator wird gleichzeitig mit dem Löten, vor dem Löten oder nach dem Löten auf das Substrat **11** aufgebracht. Der Katalysator wird gleichzeitig mit der CNT-Synthese oder vor der CNT-Synthese auf das Substrat **11** aufgebracht.

[0083] Die Herstellungsvorrichtung weist die CNT-Materialzuführmaschine (CNT-SUP) **66** auf, die das Rohmaterial der CNT der Wärmekammer **61** zuführt. Die Rohmaterialien, wie z.B. Acetylen, werden von der CNT-Materialzuführmaschine **66** der Wärmekammer **61** zugeführt und die CNT wird synthetisiert. Die CNT-Materialzuführmaschine **66** führt das Rohmaterial der CNT der Wärmekammer **61** zu, so dass das Löten und die Synthese des ausgerichteten CNT-Films **31** in der Wärmekammer **61** erfolgt. Die CNT-Materialzuführmaschine **66** kann einen Apparat zur Zufuhr von Acetylen, einen Apparat zur Zufuhr von Kohlenstoffdioxid und ein Steuerungsgerät enthalten, das diese steuert. Wenn die CNT auf der Oberfläche des Substrats synthetisiert wird, führt das Steuerungsgerät eine geeignete Menge an Acetylen zu, die zum Synthetisieren der CNT benötigt wird. Gleichzeitig stellt das Steuerungsgerät die Zufuhrmengen von Acetylen und Kohlenstoffdioxid so ein, dass ein Volumenverhältnis von Acetylen und Kohlenstoffdioxid auf 1:10 oder mehr und 1:300 oder weniger eingestellt wird.

[0084] Die Herstellungsvorrichtung weist die Formflüssigkeitszuführmaschine (LQD-SUP) **67** auf, die eine Formflüssigkeit zuführt. Die Formflüssigkeitszuführmaschine **67** ist so aufgebaut, dass die Formflüssigkeit der Kühlkammer **62** zugeführt wird. Die Formflüssigkeit ist zum Beispiel Ethanol. Die Formflüssigkeit wird als Dampf zugeführt und kann in der Kühlkammer verflüssigt werden. Die Herstellungsvorrichtung weist die Formflüssigkeitssammelmaschine (LQD-REC) **68** zum Sammeln und Wiederverwenden der Formflüssigkeit auf. Die Formflüssigkeitssammelmaschine **68** ist so aufgebaut, dass die Formflüssigkeit aus der Kühlkammer **62** gesammelt wird.

[0085] In **Fig. 31** werden beim Herstellungsverfahren dieser Ausführungsform zusätzlich zu den oben genannten Prozessen **183-187** und **19** ein Musterbildungsprozess **981** und ein Formgebungsprozess **993** durchgeführt. Der Musterbildungsprozess **981** kann durch Anwendung eines der beiden Verfahren, die in den vorhergehenden Ausführungsformen offenbart sind, durchgeführt werden. In dieser Ausführungsform wird die rauhe Oberfläche und/oder die organische Materialschicht als Inhibitorelement übernommen. Diese Ansätze ermöglichen es, den ausgerichteten CNT-Film **31** teilweise zu bilden, ohne vom Katalysator abhängig zu sein. Daher kann es vor dem Formbearbeitungsprozess **185** durchgeführt werden. Bei diesem Herstellungsverfahren wird der Formbearbeitungsprozess **185** vor dem Katalysatoraufbringungsprozess **183** durchgeführt. Der Formbearbeitungsprozess **185** ist auch ein Prozess zum Zusammenbau einer Mehrzahl von Elementen, die mit den Substraten, die die Lötmaterialschicht enthalten, einen Wärmetauscher bilden. In dieser Ausführungsform wird der Vorwärmprozess **187** nach dem Formbearbeitungsprozess **185** durchgeführt. Weiterhin wird der Katalysatoraufbringungsprozess **183** nach dem Vorwärmprozess **187** durchgeführt. Beim Katalysatoraufbringungsprozess **183** wird der Katalysator z.B. auf das vorgewärmte Substrat **11** aufgebracht, indem der vorgewärmten Wärmekammer **61** katalysatorhaltiges Gas, wie z.B. Ferrocen-Dampf, zugeführt wird. In dieser Ausführungsform wird der Katalysator auf die Oberfläche des Substrats mit der Form des Wärmetauschers mit einer Mehrzahl von Oberflächen aufgebracht.

[0086] Bei diesem Herstellungsverfahren wird der Prozess **989** anstelle des CNT-Syntheseprozesses **189** in den vorhergehenden Ausführungsformen durchgeführt. Der Prozess **989** wird nach dem Katalysatoraufbringungsprozess **183** durchgeführt. Der Prozess **989** ist ein Prozess, der das Löten und die CNT-Synthese in der gemeinsamen Wärmekammer **61** durchführt.

[0087] Der Formgebungsprozess **993** formt den ausgerichteten CNT-Film **31** in eine für den Wärmetauscher geeignete Form. Der Formgebungsprozess

993 ist auch ein Aggregationsprozess, bei dem eine Mehrzahl an CNTs gesammelt oder gebündelt werden, so dass eine inselförmige CNTs am distalen Ende des Bündels dünn geschrumpft werden. Eine Flüssigkeit kann verwendet werden, um eine Mehrzahl von CNTs zu sammeln und diesen Abstand zu verringern. Die Flüssigkeit kann auch als Formflüssigkeit bezeichnet werden. Ein Beispiel für die Formflüssigkeit ist eine flüchtige Flüssigkeit. Durch Zuführen der Formflüssigkeit in die Kühlkammer **62** benetzt die Formflüssigkeit den ausgerichteten CNT-Film **31**. Zusätzlich kann die Formflüssigkeit als Dampf in die Kühlkammer **62** zugeführt werden, kann in der Kühlkammer **62** flüssig werden und den ausgerichteten CNT-Film **31** benetzen. Das Verdampfen der Formflüssigkeit erfolgt durch Reduzierung einer Formflüssigkeitsdampfkonzentration im Atmosphärentgas oder durch Erhöhung der Atmosphärentemperatur bzw. durch Ablauf der Zeit. Bei dem Prozess des Benetzens und Trocknens des ausgerichteten CNT-Films **31** werden eine Mehrzahl an CNTs aggregiert und gebündelt. Dadurch erhält man den ausgerichteten CNT-Film **931** in Trapezform. Eine Funktion der Formflüssigkeit zu diesem Zeitpunkt ist vergleichbar mit einer Funktion einer das Haar formenden Haarflüssigkeit. Als Formflüssigkeit kann ein organisches Lösungsmittel verwendet werden.

[0088] Gemäß dieser Ausführungsform kann auf der Oberfläche des Wärmetauschers eine lange CNT gebildet werden. Zusätzlich kann der ausgerichtete CNT-Film **31** mit einer bestimmten Form auf der Oberfläche des Wärmetauschers gebildet werden. Weiterhin kann eine Form des ausgerichteten CNT-Films **31** in eine für den Wärmetauscher geeignete Form gebracht werden.

[0089] Fig. 32 zeigt weitere Beispiele für den geformten, ausgerichteten CNT-Film **931**. Die Form des ausgerichteten CNT-Films **931** kann durch Änderung verschiedener Bedingungen in einem Herstellungsverfahren eingestellt werden. Beispielsweise ist es möglich, eine Form, d.h. eine Dünne des ausgerichteten CNT-Films **931** durch eine Dichte der CNTs in den ausgerichteten CNT-Filmen **931** in einer Gruppe von Inselformen, und eine Art der Formflüssigkeit, eine Verdampfungsrate der Formflüssigkeit usw. einzustellen. Je dünner der ausgerichtete CNT-Film **931** ist, desto mehr wird das thermische Medium, wie z.B. Luft, zwischen zwei benachbarte ausgerichtete CNT-Filme **931** eingebracht.

[0090] Je dünner der ausgerichtete CNT-Film **931** ist, desto mehr wird das thermische Medium in die Nähe des Substrates **11** eingebracht. Zusätzlich vergrößert ein geformter, ausgerichteter CNT-Film **931** eine direkte Kontaktfläche zwischen dem Substrat **11** und dem thermischen Medium. Wenn eine Mehrzahl von ausgerichteten CNT-Filmen **931** streifenförmig angeordnet ist, stellt ein geformter, ausgerichte-

ter CNT-Film **931** eine Lamellenform bereit, die als Mikrolamelle bezeichnet werden kann. Zwischen diesen ausgerichteten CNT-Filmen **931** befindet sich eine Durchgangsform, die als Mikrokanal bezeichnet werden kann, in den das thermische Medium einströmen kann. Das Ergebnis ist das Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, das hervorragende Wärmeaus tauschleistung vorweist.

Andere Ausführungsformen

[0091] Die Offenbarung in dieser Beschreibung beschränkt sich nicht auf die dargestellte Ausführungsform. Die Offenbarung umfasst die dargestellten Ausführungsformen und Änderungen durch einen Fachmann auf der Grundlage der dargestellten Ausführungsformen. Beispielsweise ist die Offenbarung nicht auf die Komponente und/oder die Kombination der in den Ausführungsformen dargestellten Komponenten beschränkt. Die Offenbarung kann mit verschiedenen Kombinationen erfolgen. Für die Offenbarung können zusätzliche Teile verwendet werden, die den Ausführungsformen hinzugefügt werden können. Die Offenbarung kann Änderungen enthalten, bei denen Komponenten und/oder Elemente der Ausführungsformen entfernt werden. Die Offenlegung kann Änderungen enthalten, bei denen Komponenten und/oder Elemente der Ausführungsformen ausgetauscht oder kombiniert werden. Der technische Umfang der Offenbarung beschränkt sich nicht auf die Ausführungsformen. Es ist zu verstehen, dass einige des offenbarten technischen Umfangs durch eine Beschreibung im Anspruchsschutzmfang dargestellt werden können und alle Änderungen enthalten, die äquivalent zu in innerhalb der Beschreibung des Anspruchsschutzmfangs sind.

[0092] In der vorhergehenden Ausführungsform ist ein Wärmetransferprodukt als Anwendung des CNT-Verbundelements dargestellt. Alternativ kann das CNT-Verbundelement für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden. Es kann z.B. für ein Element eines elektrischen Gerätes verwendet werden, d.h. eine Batterie, ein Element für den Bau einer Struktur, etc. Ein partieller, ausgerichteter CNT-Film **31**, d.h. der in einem bestimmten Muster gebildete ausgerichtete CNT-Film **31**, zeigt für jede der verschiedenen Anwendungen erforderliche Vorteile. Darüber hinaus zeigt der geformte, ausgerichtete CNT-Film eine für jede der verschiedenen Anwendungen erforderliche Wirksamkeit.

[0093] In den vorhergehenden Ausführungsformen ist das Substrat aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellt. Alternativ kann das Substrat ein mehrschichtiges Material sein, das eine Aluminiumumschicht oder eine Aluminiumlegierungsschicht auf einer Oberflächenschicht aufweist.

[0094] In der vorhergehenden Ausführungsform wird die Rille **414** unter Verwendung der Ritzvorrichtung auf der Oberfläche des Substrats **11** gebildet. Alternativ kann die raue Oberfläche oder die Rille durch verschiedene Metallbearbeitungsverfahren, wie etwa Schneiden, Walzen, Polieren und chemisches Angreifen, gebildet werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2016035991 [0001]
- JP 2002530805 [0007]
- JP 2009078956 [0007]
- JP 2011132068 [0007]

Patentansprüche

1. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement, umfassend:
ein Substrat (11), das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist; und
einen ausgerichteten CNT-Film (31, 931), der auf einer Oberfläche des Substrats angeordnet ist und eine Mehrzahl von Kohlenstoffnanoröhren mit einer Länge von 200 Mikrometern oder länger enthält und entlang einer bestimmten Ausrichtungsrichtung ausgerichtet ist.
2. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 1, wobei die Mehrzahl von Kohlenstoffnanoröhren senkrecht zur Oberfläche des Substrats ausgerichtet sind.
3. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Substrat aus Aluminium hergestellt ist.
4. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Substrat aus einer Aluminiumlegierung hergestellt ist, die mindestens ein oder mehrere zusätzliche Metalle ausgewählt aus Si, Zn, Ti, Mn, Cu, Fe, Mg und Cr enthält.
5. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Substrat eine zweidimensionale Oberflächenausbreitung aufweist und der ausgerichtete CNT-Film auf der Oberfläche gebildet ist.
6. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Substrat eine dreidimensionale Oberflächenausbreitung aufweist und der ausgerichtete CNT-Film auf der Oberfläche gebildet ist.
7. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Substrat ein konfiguriertes Objekt ist, das eine Form von Oberflächen selbst beibehalten kann.
8. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der ausgerichtete CNT-Film teilweise auf der Oberfläche des Substrats gebildet ist.
9. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 8, wobei der ausgerichtete CNT-Film streifenförmig auf der Oberfläche des Substrats gebildet ist.
10. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 8 oder 9, ferner umfassend:
eine Katalysatorschicht (221), die einen Katalysator zum Synthetisieren der Kohlenstoffnanoröhre enthält, wobei

die Katalysatorschicht bezüglich der Oberfläche des Substrats auf einem Bereich (41) angeordnet ist, in dem der ausgerichtete CNT-Film gebildet ist, und nicht auf einem Bereich (42) angeordnet ist, in dem der ausgerichtete CNT-Film nicht gebildet ist.

11. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 8 oder 9, ferner umfassend:
ein Inhibitorelement (414, 415, 415, 516), das die Synthese und/oder das gerichtete Wachstum des ausgerichteten CNT-Films inhibiert und bezüglich der Oberfläche des Substrats auf einem Bereich (43) gebildet ist, in dem der ausgerichtete CNT-Film nicht gebildet ist.
12. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 11, wobei das Inhibitorelement eine raue Oberfläche (414, 415, 415) mit höheren oder niedrigeren Teilen im Vergleich zu einer Oberfläche aufweist, auf der der ausgerichtete CNT-Film gebildet ist.
13. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 12, wobei die raue Oberfläche aus einer Rille (414) gebildet ist.
14. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 13, wobei die Rille durch schräge Flächen (415, 415) definiert ist, die in U- oder V-Form angeordnet sind.
15. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 11, wobei das Inhibitorelement eine kohlenstoffhaltige Materialschicht aufweist, die Kohlenstoff enthält.
16. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach Anspruch 15, ferner umfassend:
eine Katalysatorschicht (221), die auf der Oberfläche des Substrats bereitgestellt ist und mit einem Katalysator zum Synthetisieren der Kohlenstoffnanoröhre angeordnet ist, wobei
die kohlenstoffhaltige Materialschicht ein Katalysatorschicht-konstituierendes Element und Kohlenstoff enthält.
17. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 8 bis 16, wobei
die Oberfläche des Substrats aufweist
einen Vorsprung (32), in der der ausgerichtete CNT-Film gebildet ist, und
eine Vertiefung (33), in der die Kohlenstoffnanoröhre nicht synthetisiert ist, oder sich die Kohlenstoffnanoröhre größer als der ausgerichtete CNT-Film erstreckt oder sich mit geringer Dichte erstreckt.
18. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei das Substrat eine Oberfläche aufweist, die beinhaltet:
einen Ausrichtungsbereich (41), in dem der ausgerichtete CNT-Film gebildet ist; und

einen Nicht-Bildungsbereich (42), in dem der ausgerichtete CNT-Film nicht gebildet ist.

19. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei das Substrat hat eine Oberfläche aufweist, die beinhaltet:
einen Ausrichtungsbereich (41), in dem der ausgerichtete CNT-Film gebildet ist; und
einen Nicht-Ausrichtungsbereich (43), in dem die Kohlenstoffnanoröhre willkürlich angeordnet sind.

20. Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei der ausgerichtete CNT-Film (931) einen Basisabschnitt nahe dem Substrat und einen vom Substrat entfernten Endabschnitt aufweist und der Basisabschnitt dicker als der Endabschnitt ist.

21. Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Anordnen (183, 283) eines Katalysators (21, 221) zum Synthetisieren einer Kohlenstoffnanoröhre auf einer Oberfläche eines Substrats, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist; und
Synthetisieren einer Kohlenstoffnanoröhre auf der Oberfläche des Substrats in einer Atmosphäre, die mit Kohlenstoffdioxid zur Aufrechterhaltung einer Aktivität des Katalysators versorgt wird, wobei das Volumenverhältnis von Kohlenstoffdioxid und Acetylen 1:10 oder mehr als Rohmaterial der Kohlenstoffnanoröhre beträgt.

22. Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 21, wobei das Anordnen des Katalysators dem Bereitstellen (283) des Katalysators, bezüglich der Oberfläche des Substrats, nur auf einem Bereich (41) entspricht, in dem die Kohlenstoffnanoröhre gebildet wird, ohne den Katalysator auf einem Bereich (42) bereitzustellen, in dem die Kohlenstoffnanoröhre nicht gebildet wird, und ferner umfassend:

Formen (185) des Substrats in eine bestimmte Form, vor oder nach dem Bereitstellen des Katalysators.

23. Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 21, ferner umfassend die Schritte:

Formen (185) des Substrats (11), das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist, in eine bestimmte Form; und
Bereitstellen (481, 581, 981) eines Inhibitorelements (414, 415, 415, 516), das die Synthese und/oder das gerichtete Wachstum des ausgerichteten CNT-Films inhibiert und bezüglich der Oberfläche des Substrats auf einem Bereich (43) gebildet wird, in dem der ausgerichtete CNT-Film nicht gebildet wird, wobei das Formen des Substrats in die bestimmten Formen nach dem Bereitstellen des Inhibitorelements erfolgt.

24. Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 23, wobei das Bereitstellen des Inhibitorelements dem Bereitstellen einer rauen Oberfläche (414, 415, 415, 415) mit höheren oder niedrigeren Teilen im Vergleich zu einer Oberfläche (41), auf der die CNT gebildet wird, auf dem Bereich (43) entspricht, in dem die CNT nicht gebildet wird.

25. Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 23, wobei das Bereitstellen des Inhibitorelements dem Bereitstellen (581) einer kohlenstoffhaltigen Materialschicht (516), die Kohlenstoff enthält, auf dem Bereich (43) entspricht, in dem die Kohlenstoffnanoröhre nicht gebildet wird.

26. Vorrichtung zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements, wobei die Vorrichtung umfasst:

eine Wärmekammer (61), die ein Substrat (11) aufnimmt, das hauptsächlich aus Aluminium hergestellt ist und zumindest teilweise ein Lötmaterial (313) aufweist, und das Substrat durch Schmelzen eines Lötmaterials durch Erwärmen des Substrats lötet; und eine Materialzuführmaschine (66), die der Wärmekammer das Rohmaterial der Kohlenstoffnanoröhre zuführt, so dass das Löten und Synthetisieren eines ausgerichteten CNT-Films (31, 931), in dem eine Mehrzahl von Kohlenstoffnanoröhren entlang einer bestimmten Ausrichtungsrichtung ausgerichtet sind, in der Wärmekammer durchgeführt werden.

27. Vorrichtung zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 26, ferner umfassend:

eine Katalysatorzuführmaschine (65), die der Wärmekammer einen Katalysator zuführt, so dass der Katalysator zum Synthetisieren der Kohlenstoffnanoröhre auf einer Oberfläche des Substrats angeordnet wird.

28. Vorrichtung zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 26 oder 27, ferner umfassend:

eine Formflüssigkeitszuführmaschine (67), die eine Formflüssigkeit zum Formen des ausgerichteten CNT-Films (31, 931) zuführt.

29. Vorrichtung zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 28, ferner umfassend:

eine Formflüssigkeitssammelmaschine (68), die die Formflüssigkeit sammelt.

30. Vorrichtung zum Herstellen eines Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelements nach Anspruch 29, ferner umfassend:

eine Kühlkammer (62), die das gelötete und mit dem ausgerichteten CNT-Film in der Wärmekammer ge-

bildete Kohlenstoffnanoröhre-Verbundelement kühlt, wobei die Kühlkammer so konfiguriert ist, dass die Formflüssigkeitszuführmaschine der Kühlkammer die Formflüssigkeit zuführt, und die Formflüssigkeitssammelmaschine die Formflüssigkeit von der Kühlkammer sammelt.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

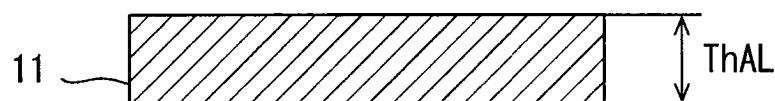
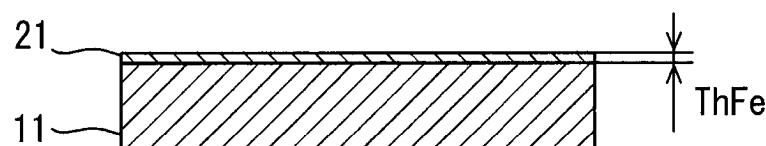
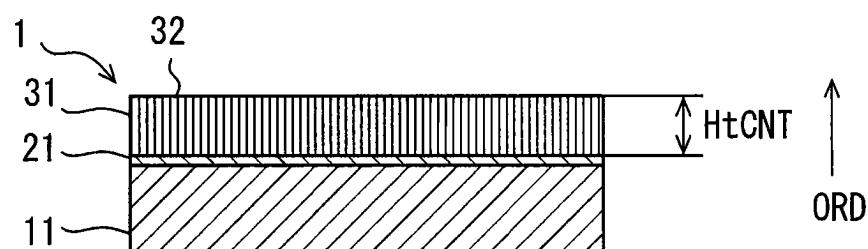
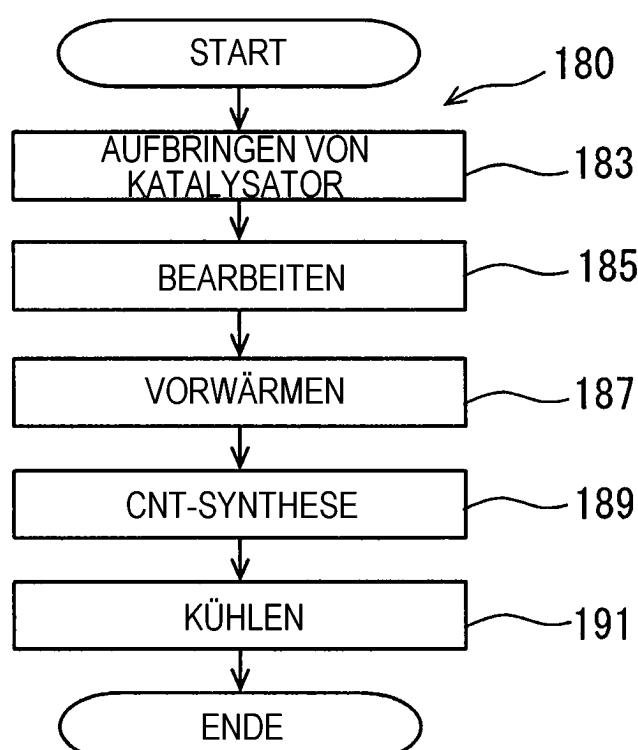
FIG. 1**FIG. 2****FIG. 3****FIG. 4**

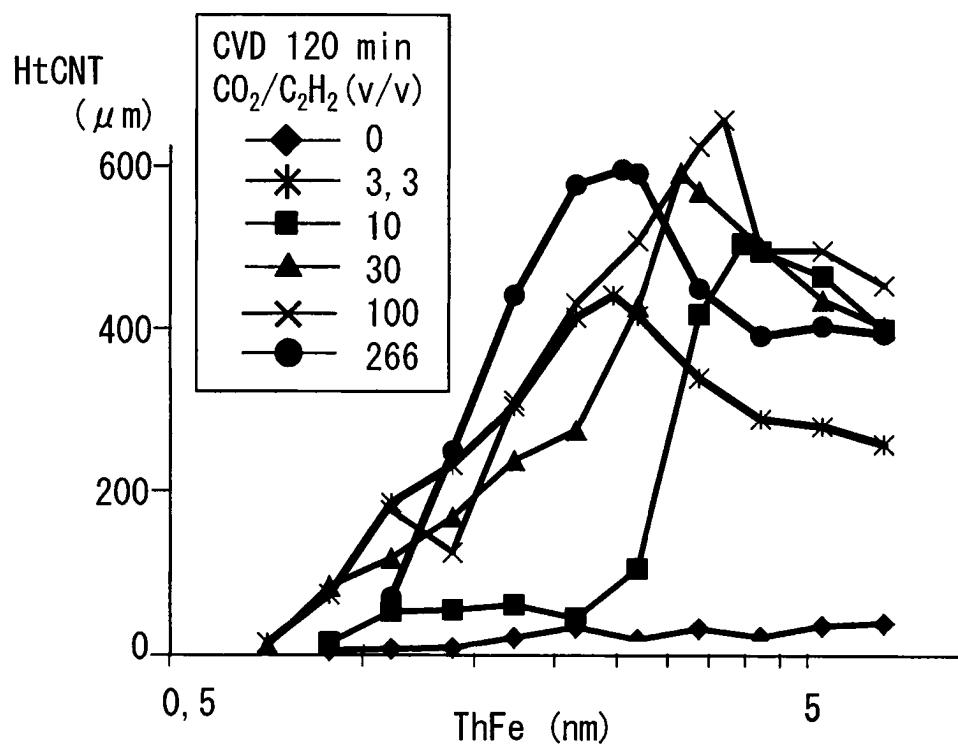
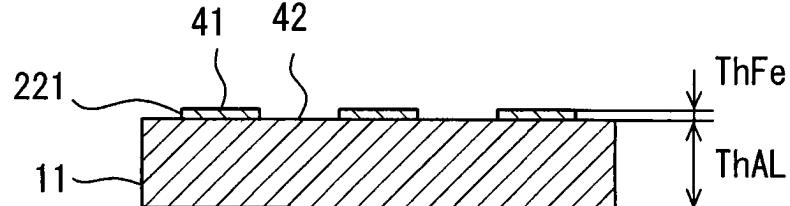
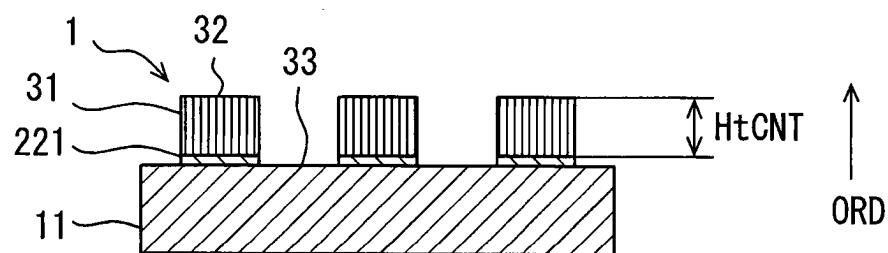
FIG. 5**FIG. 6****FIG. 7**

FIG. 8

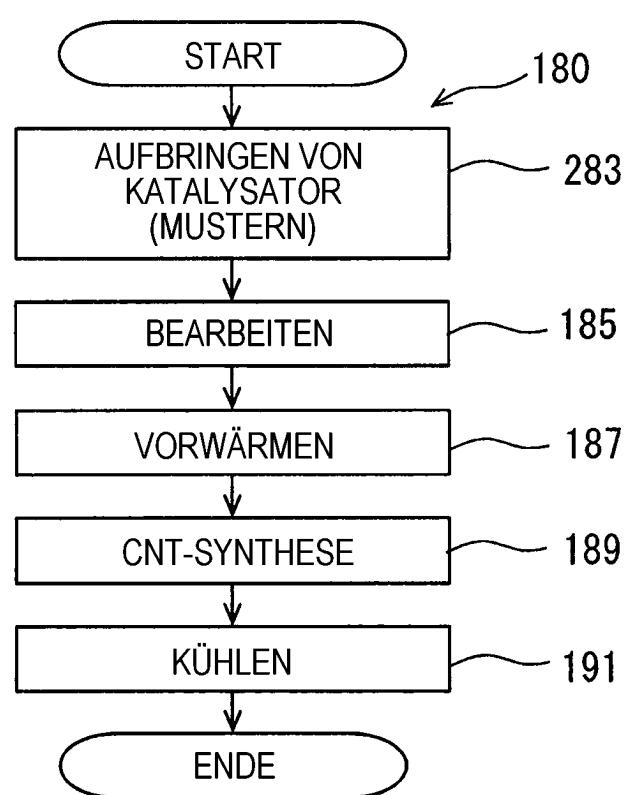


FIG. 9

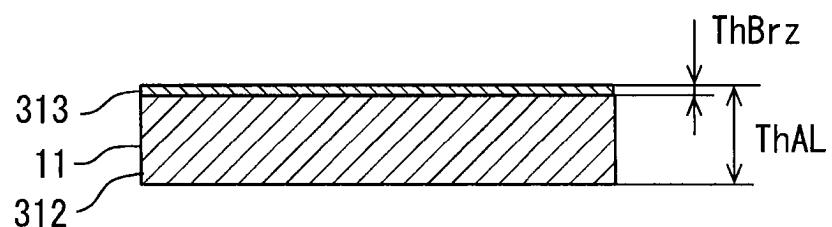


FIG. 10

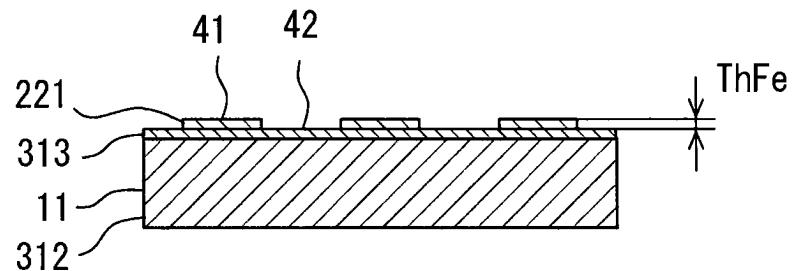


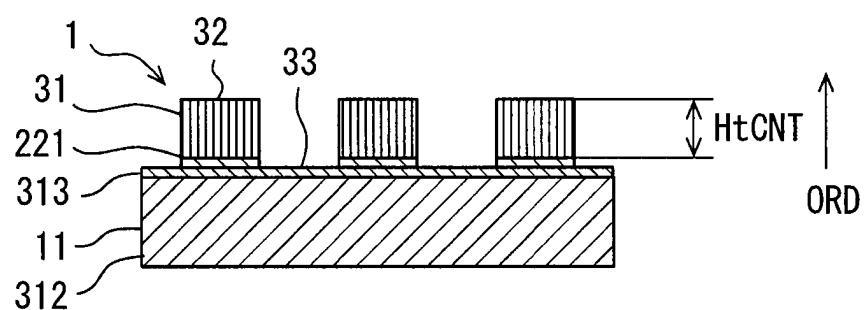
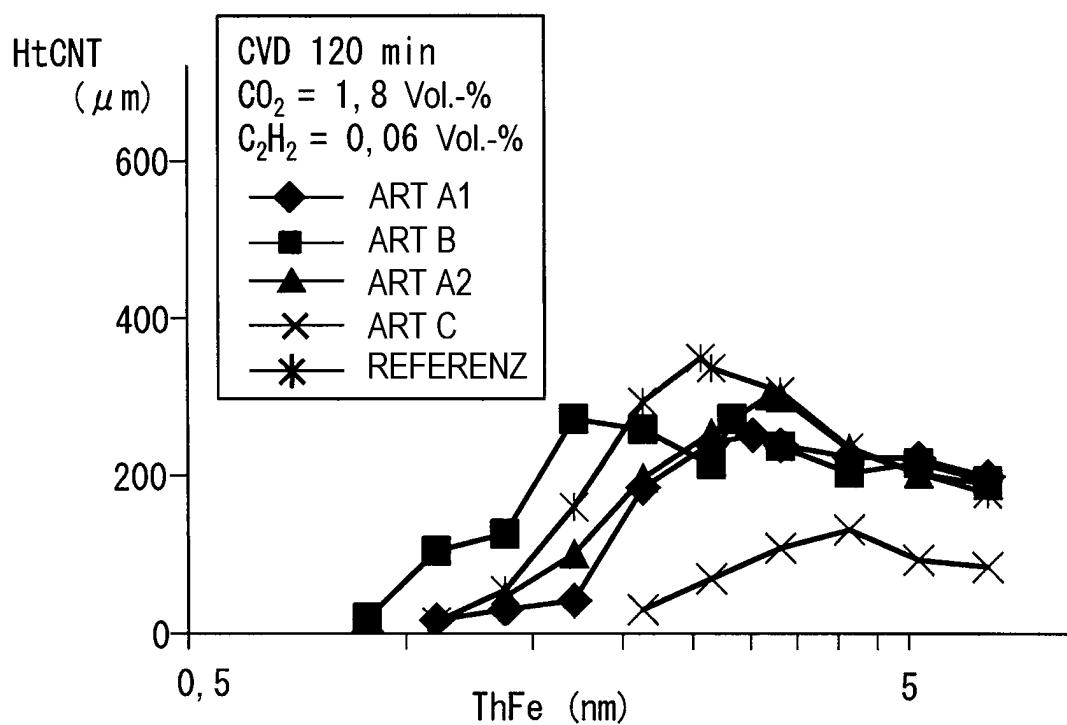
FIG. 11**FIG. 12**

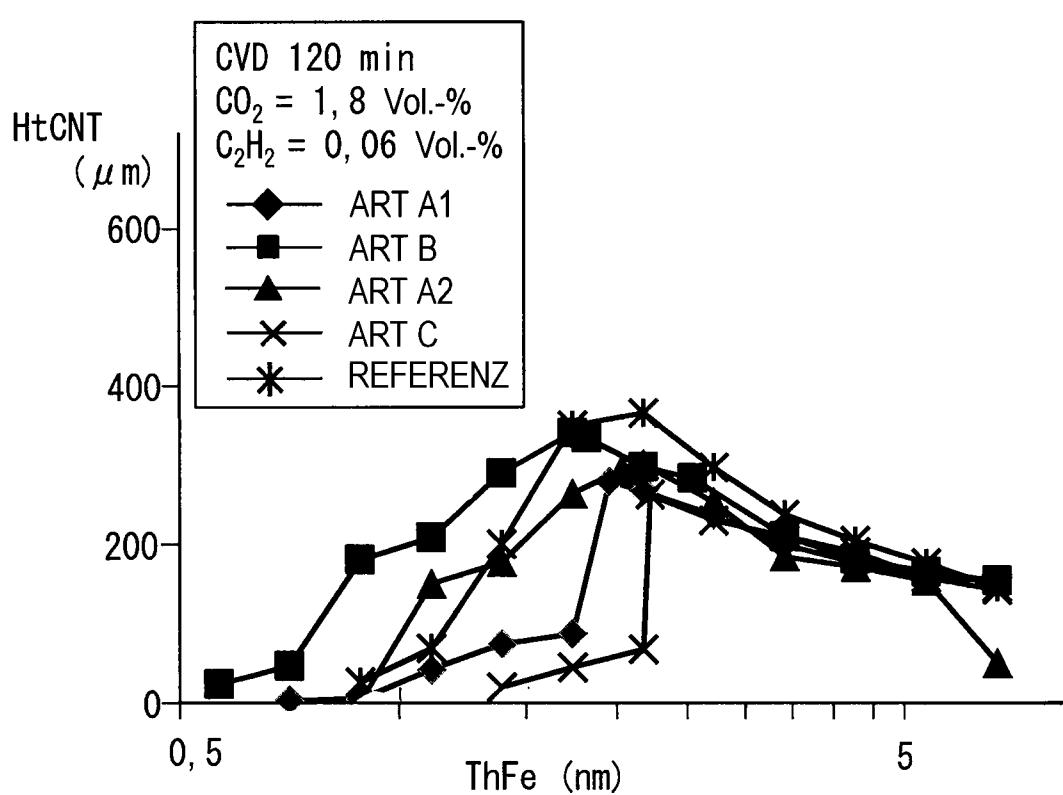
FIG. 13

FIG. 14

	ART A1	ART B	ART A2	ART C
DICKE (μm)	40	160	40	34
Gew.-%				
Si	$\leq 0,3$	$0,65 \sim 0,85$	$\leq 0,3$	$9,0 \sim 11,0$
Fe	$\leq 0,7$	$\leq 0,3$	$\leq 0,2$	$\leq 0,8$
Cu	$\leq 0,1$	$0,25 \sim 0,35$	$\leq 0,1$	$\leq 0,3$
Mn	$\leq 0,1$	$1,5 \sim 1,8$	$\leq 0,1$	$\leq 0,05$
Mg	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,1$	$\leq 0,05$
Cr	-	-	$\leq 0,05$	-
Zn	$2,6 \sim 3,2$	$\leq 0,1$	$2,0 \sim 2,4$	$\leq 0,1$
Ti	-	$0,1 \sim 0,18$	$\leq 0,05$	$\leq 0,2$
ANDERE	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$
Individual	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$
Al	Rest	Rest	Rest	Rest

FIG. 15

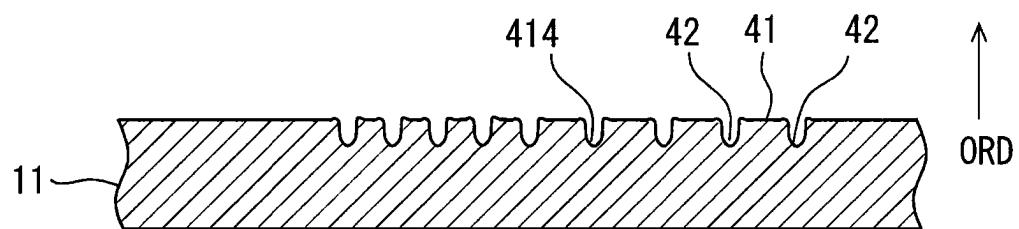


FIG. 16

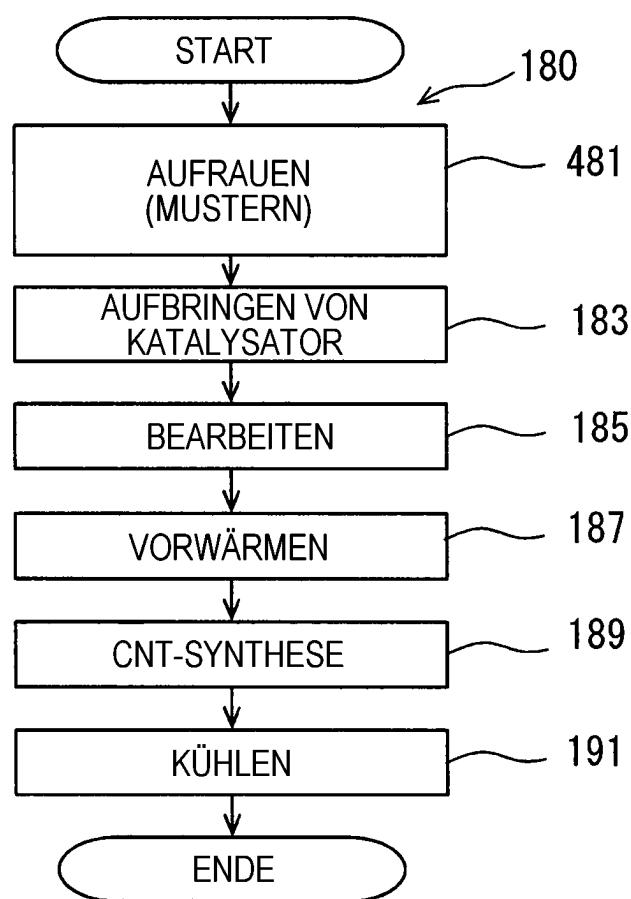


FIG. 17

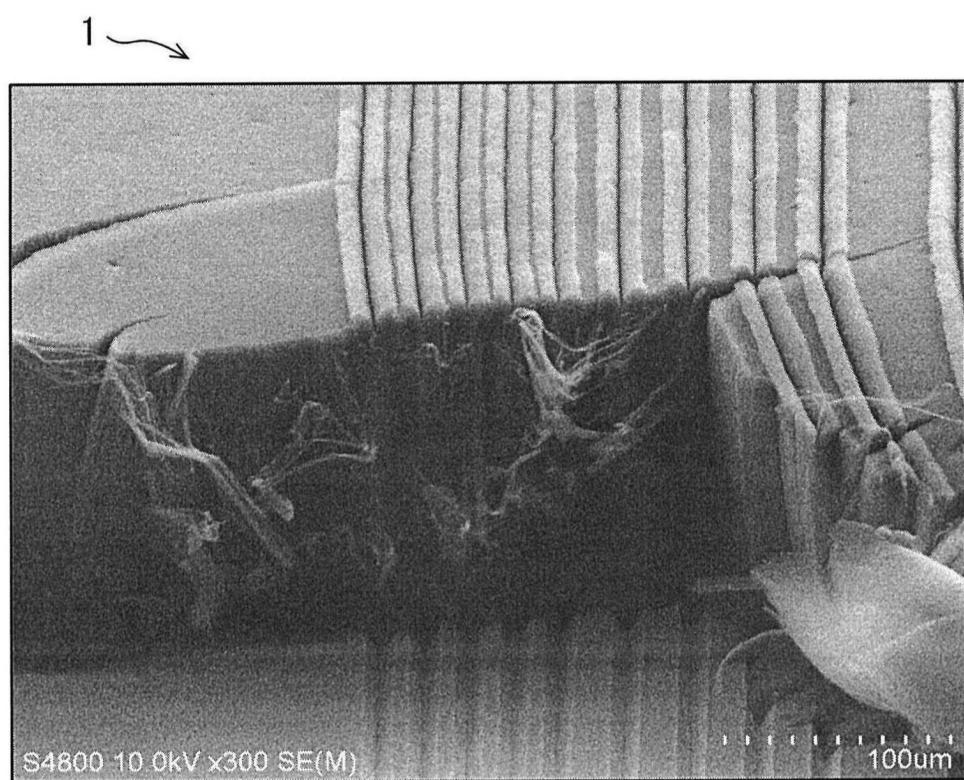


FIG. 18

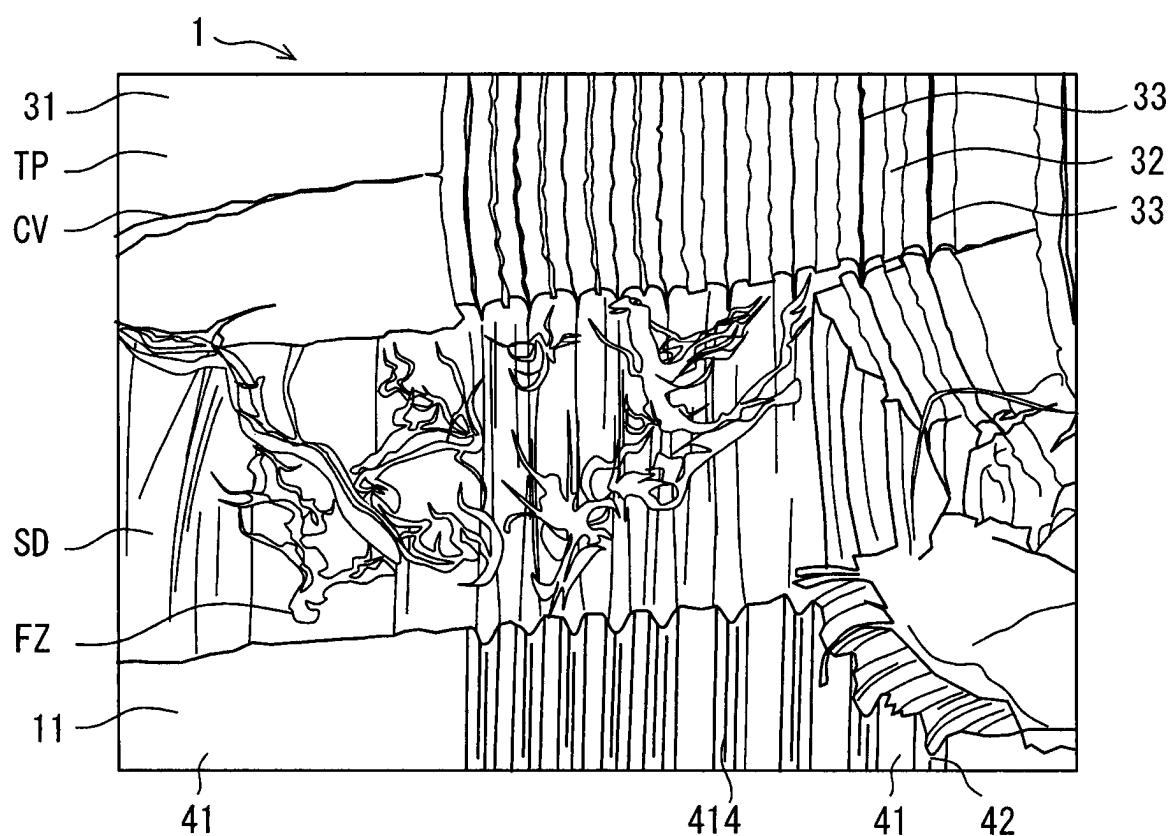


FIG. 19

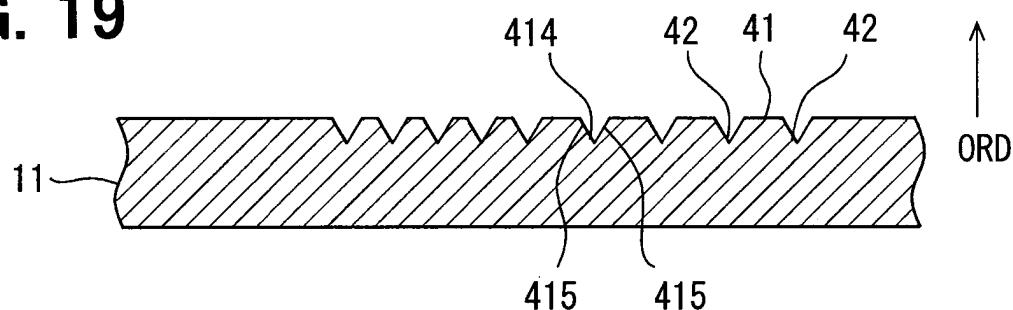


FIG. 20

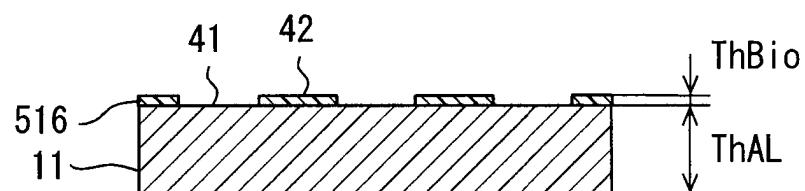


FIG. 21

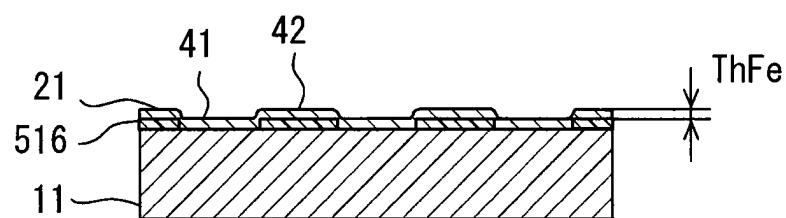


FIG. 22

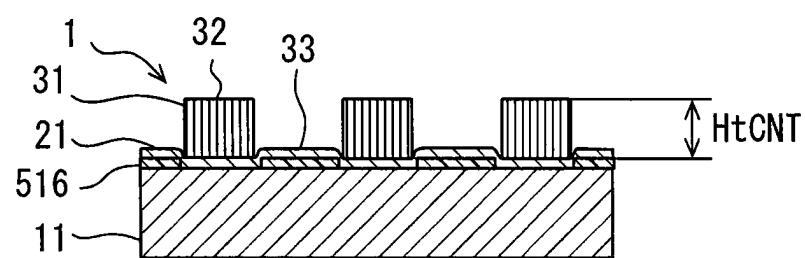


FIG. 23

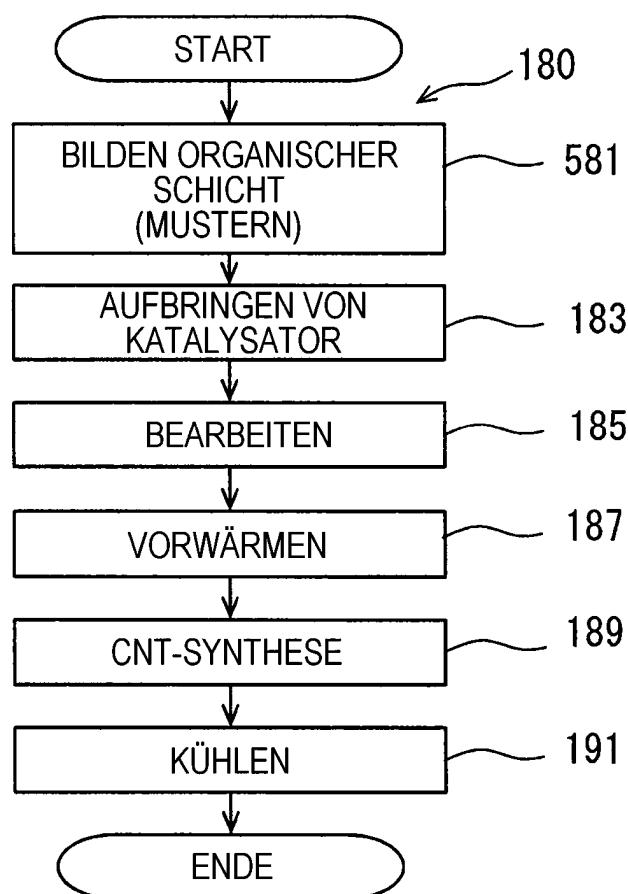


FIG. 24

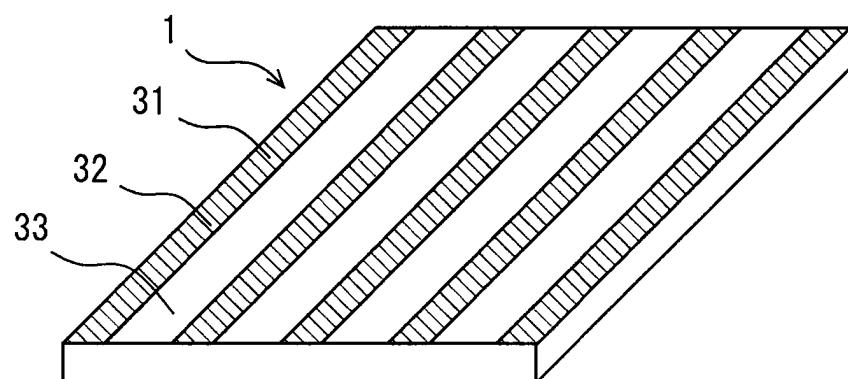


FIG. 25

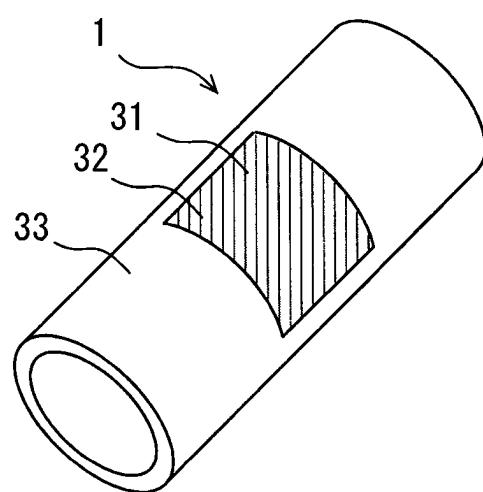


FIG. 26

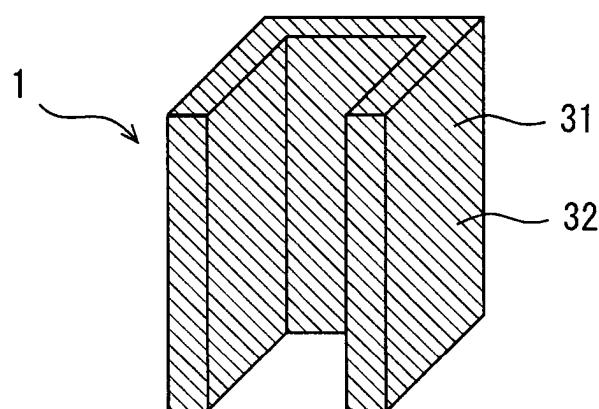


FIG. 27

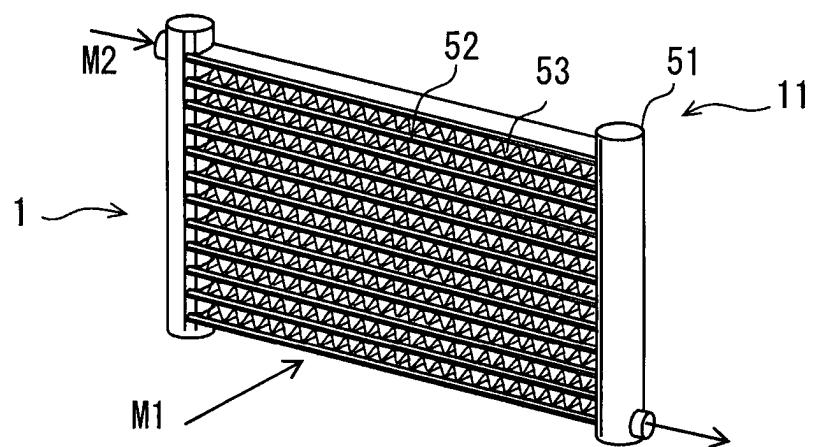


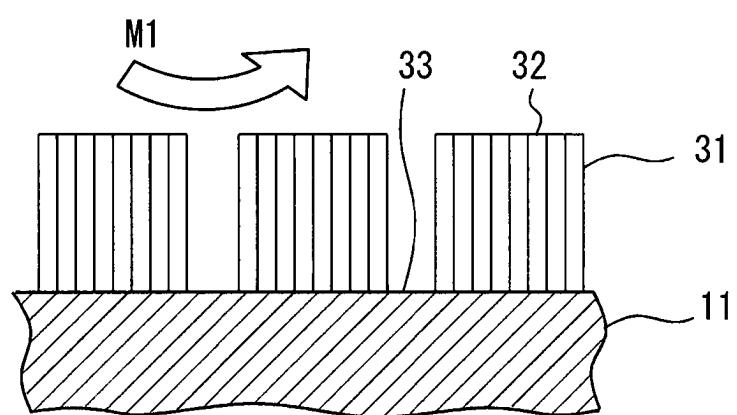
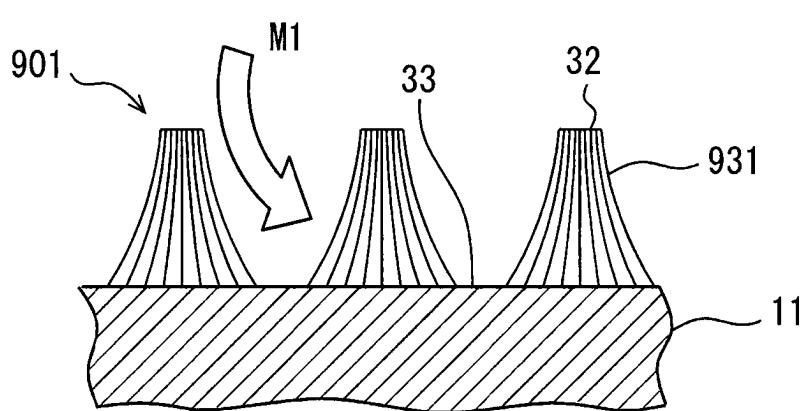
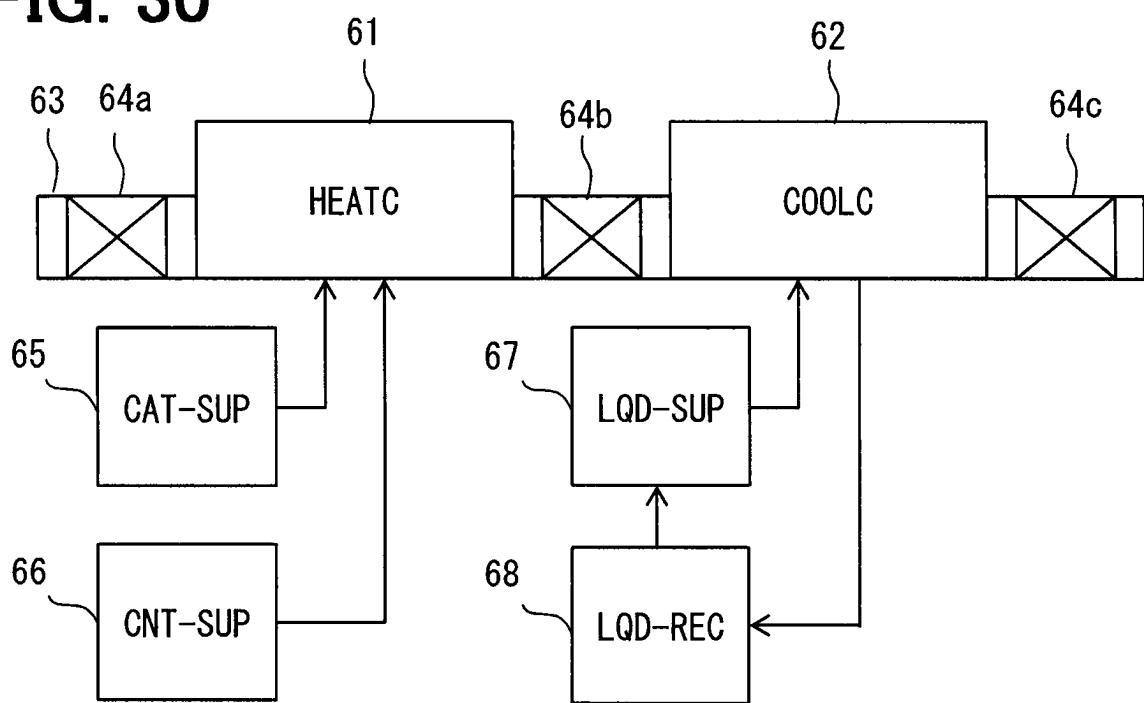
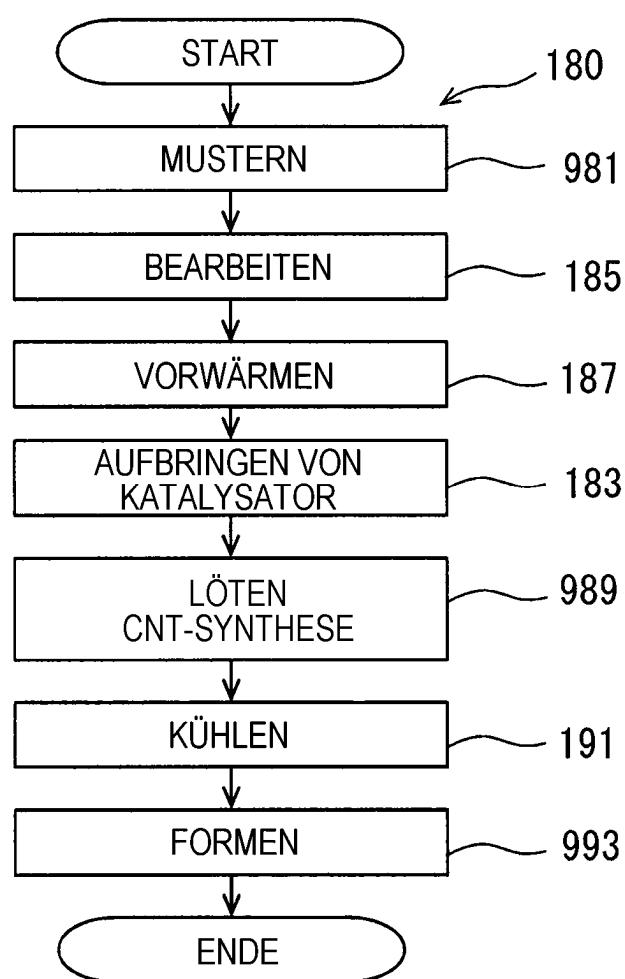
FIG. 28**FIG. 29****FIG. 30**

FIG. 31**FIG. 32**