



(10) **DE 10 2019 127 753 A1** 2021.04.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 127 753.1**

(22) Anmeldetag: **15.10.2019**

(43) Offenlegungstag: **15.04.2021**

(51) Int Cl.: **H05B 3/42 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Türk + Hillinger GmbH, 78532 Tuttlingen, DE

(74) Vertreter:

**Westphal, Mussgnug & Partner, Patentanwälte
mbB, 78048 Villingen-Schwenningen, DE**

(72) Erfinder:

Schlipf, Andreas, 78532 Tuttlingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2013 212 205	A1
DE	10 2015 108 582	A1
DE	19 17 256	A
US	2017 / 0 290 622	A1
US	4 297 670	A
EP	2 009 648	A1
EP	2 111 082	A1
WO	2012/ 139 884	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

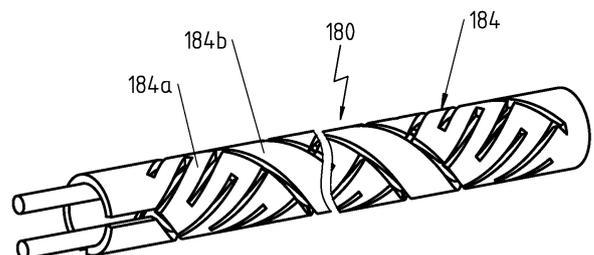
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Hezelements für elektrische Heizvorrichtungen und/oder Lastwiderstände**

(57) Zusammenfassung: Bereitgestellt wird ein Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Hezelements (10,20,30, 40,50,60,70,80,90, 100,110,120,130,140,150,160,170,180, 190,200,210,220), insbesondere für elektrische Heizvorrichtungen und Lastwiderstände, mit den Schritten

- Festlegen mindestens einer Heizleiterbahn (64,84,94,104, 134,154,164,174,184,194,204,214),

- Bereitstellen eines Hezelementrohlings (11,21,31, 41,51, 61,71,81,91,101,111,121,131,141,151,161,171,181, 191,201, 211,221) mit geometrischen Dimensionen, die derart gewählt sind, dass die festgelegten Heizleiterbahnen (64,84,94, 104,134,154,164,174,184,194,204,214) in einem Teilvolumen des vom Material des Hezelementrohlings (11,21,31,41,51, 61,71, 81,91,101,111,121,131,141, 151,161,171,181,191,201,211,221) eingenommenen Raum angeordnet werden können, und

- Bearbeiten des Hezelementrohlings (11,21,31,41,51, 61, 71,81,91,101,111,121,131,141,151,161,171,181,191, 201,211, 221), so dass die festgelegten Heizleiterbahnen (64,84,94, 104,134,154,164,174,184,194,204,214) durch Entfernen von Material von dem Hezelementrohling (11,21,31,41,51,61, 71,81,91,101,111,121,131,141, 151,161,171,181,191,201,211, 221) erzeugt werden.



Beschreibung

[0001] Bislang werden elektrische Heizelemente für elektrische Heizvorrichtungen -insbesondere Heizpatronen, Rohrheizkörper, Hohlpatronen, Flachheizkörper und Flächenheizkörper- und/oder Lastwiderstände, mit denen elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird, üblicherweise dadurch hergestellt, dass ein Heizleitermaterial in Form eines Drahtes bereitgestellt und dieser Draht dann -soweit er nicht ohnehin gestreckt verwendet wird- entweder auf einen Träger oder frei zu einer Raumkurve gebogen, gewickelt oder gewendelt wird, um die gewünschte Heizleiterbahn zu erzeugen, mit der die jeweils gewünschte Wärmeverteilung bzw. bei Lastwiderständen Wärmeabfuhr erreicht werden kann.

[0002] Abgesehen von der Problematik, dass sich nicht jede denkbare oder wünschenswerte Raumkurve auf diese Weise erzeugen lässt, stellen sich besondere Probleme in Konfigurationen, bei denen auf engem Raum kleine Heizleiterwiderstände durch hohe Heizleiterquerschnitte untergebracht werden muss, und zwar einerseits insbesondere so, dass thermischen Wechselbelastungen über lange Zeiträume standgehalten wird und andererseits insbesondere so, dass prozesssicher unbeheizte Zonen und beheizte Zonen für eine elektrische Heizvorrichtung miteinander verbunden sind, was insbesondere bei sehr hohen Strombelastungen essentiell ist.

[0003] Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein kostengünstiges Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Heizelements anzugeben, das geeignet ist, die vorstehend genannten Probleme zumindest zu reduzieren. Diese Aufgabe wird gelöst von einem Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Heizelements mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der jeweiligen abhängigen Ansprüche.

[0004] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Heizelements, das insbesondere für Heizelemente, die für elektrische Heizvorrichtungen und Lastwiderstände Verwendung finden geeignet ist, weist die Schritte

- Festlegen mindestens einer Heizleiterbahn
- Bereitstellen eines Heizelementrohlings mit geometrischen Dimensionen, die derart gewählt sind, dass die festgelegten Heizleiterbahnen in einem Teilvolumen des vom Material des Heizelementrohlings eingenommenen Raum angeordnet werden können, und
- Bearbeiten des Heizelementrohlings, so dass die festgelegten Heizleiterbahnen durch Entfernen von Material von dem Heizelementrohling erzeugt werden

auf. Durch diese Maßnahmen wird also die Heizleiterbahn gewissermaßen aus dem Heizelementrohling herausgearbeitet (was nicht ausschließt, dass sie als Ganzes später noch verformt wird) statt, wie bislang üblich, durch Verformung eines üblicherweise als Draht oder Band bereitgestellten Heizleiters aufgebaut zu werden. Das erfindungsgemäße Verfahren hat mehrere wichtige Vorteile:

Erstens ist es leicht vollautomatisiert durchführbar, was Kostenvorteile mit sich bringt, aber auch höhere Prozesssicherheit und Reproduzierbarkeit sowie eine Verringerung des Ausschusses mit sich bringt und somit die Serienfertigung positiv beeinflusst. Diese Effekte kompensieren auch den höheren Materialeinsatz, der zunächst dieses Vorgehen als ungeeignet erscheinen lassen könnte, zumal das im Laufe des Herstellungsprozesses entfernte Material gut recycelt werden kann.

[0005] Zweitens erschließt das Verfahren bislang aus unterschiedlichen Gründen nicht zugängliche Heizleiterbahngeometrien. Beispielsweise erwies es sich als praktisch nicht realisierbar, Bandheizleiter mit einem großen Querschnitt zu einer Struktur mit kleinem Radius und großer Krümmung zu wickeln, so dass das resultierende elektrische Heizelement einen kleinen Durchmesser aufweist. Ebenso wenig war es möglich, breite Bänder mit einer großen Wendelsteigung zu wickeln oder komplexe, beispielsweise ineinander verschachtelte Heizleiterbahngeometrien zu realisieren.

[0006] Mögliche Bearbeitungstechniken, die dabei zum Einsatz kommen können, sind insbesondere spanabhebende Bearbeitung, Laserbearbeitung, Wasserstrahlschneiden, Stanzen, sowie -insbesondere bei relativ filigranen Heizelementrohlingen- Feinstanzen oder Ätzen.

[0007] Die bereitgestellten Heizelementrohlinge können grundsätzlich eine beliebige Form haben, soweit die festgelegte Heizelementbahn in das von dieser Form definierte Volumen eingeschrieben werden kann, was die Voraussetzung dafür ist, dass sie aus einem solchen Heizelementrohling herausgearbeitet werden kann und insbesondere auch mit sich bringt, dass die festgelegten Heizleiterbahnen in einem Teilvolumen des vom Material des Heizelementrohlings eingenommenen Raum angeordnet werden können.

[0008] In der Praxis zeigt sich aber, dass in der bei weitem überwiegenden Zahl der Fälle Heizelementrohlinge mit einer einfachen Grundgeometrie, insbesondere mit einer quaderförmigen, (voll-)zylinderförmigen oder rohrförmigen Grundgeometrie verwendet werden können, welche auch durch Abtrennung von Abschnitten geeigneter Länge aus einem Bandmaterial mit einem entsprechenden Querschnitt bereitgestellt werden können. Diese einfachen Grundgeome-

trien der Heizelementrohlinge sind wenn wegen ihrer einfachen Handhabbarkeit und günstigen Beschaffbarkeit in vielen Fällen zu bevorzugen.

[0009] Allerdings ist einfache und günstige Beschaffbarkeit des Heizelementrohlings nicht das einzige valide Kriterium beim einzusetzenden Heizelementrohling. Beispielsweise kann es vorteilhaft sein, wenn ein Heizelementrohling bereitgestellt wird, der Abschnitte und/oder Schichten aufweist, die aus unterschiedlichen Materialien bestehen oder unterschiedliche Materialien enthalten. Beispielsweise kann ein Heizelementrohling in einer vorteilhaften Variante mit einer Schicht aus einer Heizelementlegierung und einer Schicht aus Kupfer, zum Beispiel in Gestalt eines Verbundrohres oder einer zweischichtigen Platte, sinnvoll sein, um Heizleiterbahnen, die unbeheizte Abschnitte aufweisen, zu realisieren. Während in den beheizten Abschnitten die Kupferschicht im Bearbeitungsschritt entfernt wird, bleibt sie in den unbeheizten Abschnitten erhalten und verringert in diesen Abschnitten dann den Widerstand drastisch, so dass dort kaum noch Heizleistung anfällt. Gerade bei komplexen Heizleiterbahnverläufen werden damit Anordnungen unbeheizter Zonen ermöglicht, die bislang nicht realisierbar waren.

[0010] Wenn in einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ein Heizelementrohling bereitgestellt wird, der zumindest einen Abschnitt, einen Bereich oder eine Schicht aufweist, die aus einer Widerstandslegierung mit einem Temperaturkoeffizienten $> 300\text{ppm}$, bevorzugt $> 1000\text{ppm}$, besonders bevorzugt $> 3000\text{ppm}$ besteht, ist eine Regelung und/oder Temperaturüberwachung des elektrischen Heizelements möglich.

[0011] Ein weiteres Kriterium, das die Auswahl eines Heizelementrohlings für eine gegebene Heizleiterbahn beeinflussen kann ist, dass gegebenenfalls durch die Wahl einer geeigneten Geometrie des Rohlings der nachfolgende Bearbeitungsschritt deutlich schneller und/oder einfacher ausführbar wird. Beispielsweise kann, wenn ein Heizelementrohling bereitgestellt wird, der Abschnitte mit unterschiedlicher Dicke aufweist, eine Heizleiterbahn mit Abschnitten, in denen der Heizleiter einen unterschiedlichen Querschnitt aufweist, unter Umständen mit einem einfachen Stanzschritt realisiert werden, die sonst durch selektives Ausdünnen des Heizleiters zur Querschnittsanpassung hergestellt werden müsste. Der Heizelementrohling mit Abschnitten unterschiedlicher Dicke kann dabei auch aus einem Heizelementrohling mit einfacherer Grundgeometrie erzeugt werden, beispielsweise durch bereichsweises Abschleifen oder Abfräsen.

[0012] Besonders einfach können eine Vielzahl der Bearbeitungsverfahren, mit denen die festgelegte Heizleiterbahn durch Bearbeitung des Heizelemen-

trohlings realisiert wird, durchgeführt werden, wenn die Heizleiterbahn so festgelegt wird, dass sie eben verläuft.

[0013] Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, die allerdings nicht auf ebene Heizleiterbahnen als Zielgeometrie beschränkt ist, besteht darin, dass die Heizleiterbahn so festgelegt wird, dass sie durch eine globale geometrische Transformation, insbesondere durch Abrollen oder Entfalten aus einer finalen Heizleiterbahn hervorgeht und dass der bearbeitete Heizelementrohling der inversen geometrischen Transformation, insbesondere durch Aufrollen oder Zusammenfalten, unterzogen wird, um das elektrische Heizelement in die Form zu bringen, in der es die finale Heizleiterbahn aufweist.

[0014] Eine vorteilhafte Variante der festgelegten Heizleiterbahn sieht vor, dass die Heizleiterbahn so festgelegt wird, dass sie Abschnitte unterschiedlicher Breite aufweist, so dass sie lokal verbreitert oder verengt ist. Dies führt zu einer Querschnittsvariation, die eine lokale Widerstandsvariation in den entsprechenden Abschnitten und damit eine entsprechende lokale Änderung des Temperaturprofils des elektrischen Heizelements bewirkt. Alternativ oder zusätzlich kann dieser Effekt auch dadurch erreicht werden, dass die Heizleiterbahn so festgelegt wird, dass sie Abschnitte unterschiedlicher Dicke aufweist.

[0015] Noch eine weitere Möglichkeit, das Temperaturprofil des elektrischen Heizelements zu beeinflussen besteht darin, dass die Heizleiterbahn so festgelegt wird, dass sie abschnittsweise gewandelt verläuft, wobei die Wendelsteigung variiert.

[0016] Die Heizleiterbahn kann auch so festgelegt werden, dass sie abschnittsweise gewandelt verläuft, wobei der Drehsinn der Wendeln variiert.

[0017] Ein weiterer großer Vorteil von elektrischen Heizelementen, die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt werden, ist, dass eine hochgradig prozesssichere Kontaktierung erzielt werden kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Heizleiterbahn so festgelegt wird, dass sie Kontaktflächen zur elektrischen Kontaktierung oder Anschlüsse aufweist. Diese Kontaktflächen bzw. Anschlüsse sind also ein Bestandteil des elektrischen Heizelements selbst und kein Zwischenelement, über welches die Kontaktierung erfolgt.

[0018] In der ersten genannten Variante können lokale Kontaktprobleme durch Bereitstellung der vergrößerten Kontaktfläche eliminiert werden, während in der zweiten genannten Variante ein Anschluss definierte Kontaktbedingungen herstellt, wobei im Gegensatz zur bisherigen Verwendung von Anschlüssen keine zusätzliche Kontaktstelle zwischen dem

Anschluss und dem elektrischen Heizelement entsteht.

[0019] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird es in als vorteilhafte Weiterbildung auch möglich, die die Heizleiterbahn so festzulegen, dass sie mindestens eine Reihenschaltung von Teilheizleiterbahnen und/oder mindestens eine Parallelschaltung von Teilheizleiterbahnen aufweist. Solche Teilheizleiterbahnen können vorzugsweise auch schaltbar, also getrennt voneinander ansteuerbar bzw. betreibbar ausgestaltet werden. Die Heizleiterbahn kann vorteilhaft auch so ausgestaltet werden, dass sie mindestens zwei voneinander getrennte Heizkreise aufweist.

[0020] All dies verdeutlicht, dass durch das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren eine erheblich komplexere Funktionalität des elektrischen Heizelements ermöglicht wird.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ist die Heizleiterbahn so festgelegt, dass sie mindestens einen bifilaren Abschnitt aufweist. Dadurch können insbesondere Induktionseffekte reduziert werden.

[0022] Ferner ist es möglich, durch geeignete Festlegung der Heizleiterbahn die mechanischen Auswirkungen thermischer Lastwechsel abzufangen.

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren, die Ausführungsbeispiele darstellen, näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1a: ein erstes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 1b: das elektrische Heizelement aus **Fig. 1a** in einer teilweise geöffneten Darstellung,

Fig. 2a: ein zweites Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 2b: das elektrische Heizelement aus **Fig. 2a** in einer teilweise geöffneten Darstellung,

Fig. 3a: ein viertes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 3b: das elektrische Heizelement aus **Fig. 3a** in einer Aufsicht,

Fig. 3c: das elektrische Heizelement aus **Fig. 3a** in einem aufgerollten Zustand in einer Außenansicht,

Fig. 3d: das elektrische Heizelement aus **Fig. 3a** in dem aufgerollten Zustand aus **Fig. 3c** in einer Seitenansicht,

Fig. 3e: eine schematische Darstellung der globalen geometrischen Transformation, die die Heizleiterbahn aus **Fig. 3a** und **Fig. 3b** in die Heizleiterbahn aus **Fig. 3c** und **Fig. 3d** überführt,

Fig. 4a: ein viertes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 4b: das elektrische Heizelement aus **Fig. 4a** in einer Aufsicht,

Fig. 4c: das elektrische Heizelement aus **Fig. 4a** in einem aufgerollten Zustand in einer Außenansicht,

Fig. 5a: ein fünftes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 5b: das elektrische Heizelement aus **Fig. 5a** in einer Seitenansicht,

Fig. 5c: das elektrische Heizelement aus **Fig. 5a** in einer Einbausituation,

Fig. 6a: ein sechstes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 6b: das elektrische Heizelement aus **Fig. 6a** in einer Einbausituation,

Fig. 7a: ein siebtes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 7b: das umgeformte elektrische Heizelement aus **Fig. 7a** in einer Einbausituation,

Fig. 7c: eine schematische Darstellung der globalen geometrischen Transformation, die das elektrische Heizelement und insbesondere die Heizleiterbahn aus **Fig. 7a** in das elektrische Heizelement und insbesondere die Heizleiterbahn aus **Fig. 7b** umformt,

Fig. 8a: ein achttes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 8b: das elektrische Heizelement aus **Fig. 8a** in einer Aufsicht,

Fig. 8c: das elektrische Heizelement aus **Fig. 8a** in einem zum Kreis aufgerollten Zustand in einer Außenansicht,

Fig. 8d: das elektrische Heizelement aus **Fig. 8a** in einem zum Quadrat gefalteten Zustand in einer Außenansicht,

Fig. 8e: das elektrische Heizelement aus **Fig. 8a** in einem zur Spirale aufgerollten Zustand in einer Außenansicht,

Fig. 8f: das elektrische Heizelement aus **Fig. 8a** in einem zum Halbkreis aufgerollten Zustand in einer Außenansicht,

Fig. 9: ein neuntes Beispiels eines elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 10: ein zehntes Beispiel einer elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 11a: ein elftes Beispiel eines elektrischen Heizelements in einer Außenansicht,

Fig. 11b: das elektrische Hezelement aus **Fig. 11a** im Längsschnitt,

Fig. 12a: ein zwölftes Beispiel für ein elektrisches Hezelement in einer Außenansicht,

Fig. 12b: eine Seitenansicht des elektrischen Hezelements aus **Fig. 12a**,

Fig. 13a: die Bestandteile einer elektrischen Heizvorrichtung mit einem als Rückleiter dienenden rohrförmigen Metallmantel als Explosionsdarstellung,

Fig. 13b: die aus den in **Fig. 13a** gezeigten Bestandteilen zusammengesetzte elektrische Heizvorrichtung in einer teilweise geöffneten Ansicht,

Fig. 14: ein vierzehntes Beispiel eines elektrischen Hezelements, das einen integrierten Anschlussabschnitt hat,

Fig. 15a: ein fünfzehntes Beispiel eines elektrischen Hezelements,

Fig. 15b: den bearbeiteten Hezelementrohling, aus dem das elektrische Hezelement aus **Fig. 15a** hervorgeht,

Fig. 16a: ein sechzehntes Beispiel eines elektrischen Hezelements,

Fig. 16b: den bearbeiteten Hezelementrohling, aus dem das elektrische Hezelement aus **Fig. 16a** hervorgeht,

Fig. 17: ein siebzehntes Beispiel eines elektrischen Hezelements,

Fig. 18: ein achtzehntes Beispiel eines elektrischen Hezelements,

Fig. 19a: ein neunzehntes Beispiel eines elektrischen Hezelements als Außenansicht,

Fig. 19b: das elektrische Hezelement aus **Fig. 19a** als Seitenansicht,

Fig. 19c: eine schematische Darstellung der Reaktion des elektrischen Hezelements aus **Fig. 19a** auf Zugbelastung,

Fig. 19d: eine schematische Darstellung der Reaktion des elektrischen Hezelements aus **Fig. 19a** auf Druckbelastung,

Fig. 20a: ein zwanzigstes Beispiel eines elektrischen Hezelements,

Fig. 20b: den bearbeiteten Hezelementrohling, aus dem das elektrische Hezelement aus **Fig. 20a** hervorgeht,

Fig. 21: ein einundzwanzigstes Beispiel eines elektrischen Hezelements in seiner Einbausituation,

Fig. 22: ein zweiundzwanzigstes Beispiel eines elektrischen Hezelements in einer ersten Einbausituation,

Fig. 23: das zweiundzwanzigste Beispiel eines elektrischen Hezelements in einer zweiten Einbausituation,

Fig. 24: eine Variante des zweiundzwanzigsten Beispiels des elektrischen Hezelements in einer Einbausituation, und

Fig. 25: eine weitere Variante des zweiundzwanzigsten Beispiels des elektrischen Hezelements in einer Einbausituation.

[0024] Das in den **Fig. 1a** und **Fig. 1b** gezeigte elektrische Hezelement **10** ist aus einem rohrförmigen Hezelementrohling **11** hergestellt, kann aber auch aus einem zylinderförmigen Hezelementrohling, in den nachträglich eine zentrale Mittelbohrung eingebracht wird, hergestellt werden.

[0025] Der Raum, der zunächst vom Material des rohrförmigen Hezelementrohlings **11** eingenommen wurde, ist dementsprechend durch den von dessen Rohrmantel eingenommenen Raum definiert. Das elektrische Hezelement **10** erhält man aus dem rohrförmigen Hezelementrohling **11** dadurch, dass in den Rohrmantel eine den Rohrmantel durchsetzende Nut **12** eingebracht wurde, indem Material des Rohrmantels entfernt wurde. Dementsprechend entstehen Heizleiterbahnen in einem Teilvolumen des ursprünglich vom Material des Hezelementrohlings **11** eingenommenen Raums.

[0026] Die eingebrachte Nut **12** hat die Form einer Schraubenlinie, die in diesem Ausführungsbeispiel in ihrem Mittelabschnitt **12b** eine andere Steigung aufweist als in ihren Endabschnitten **12a, 12c**. Durch diese den Rohrmantel durchsetzende Nut **12** entsteht eine Heizleiterbahn mit Wendeln **13**, deren Querschnitt **14b** im Mittelabschnitt **12b** der Nut **12** wegen seiner größeren Breite **b** größer ist als der Querschnitt **14a, 14c** in den Endabschnitten **12a, 12c** der Nut **12**. Dementsprechend wird im Bereich des Mittelabschnitts **12b** der Nut **12** eine geringere Heizleistung abgegeben.

[0027] Hinzuweisen ist noch darauf, dass die rohrförmige Gestalt des Hezelementrohlings **11** an den beiden Enden des Hezelements **10** erhalten geblieben ist, so dass die Heizleiterbahn an diesen Enden des Hezelements **10** durch die Rohrwand gebildete großflächige Kontaktflächen **15a, 15b** aufweist, über die ein prozesssicherer Kontakt zu nicht dargestellten Anschlussbolzen beispielsweise als Presskontakt ausgebildet werden kann. Solche Kontaktflächen **15a, 15b** des Hezelements **10** findet man offensichtlich in analoger Weise bei einer Reihe der nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele, auch wenn sie dort nicht stets explizit erwähnt werden.

[0028] Das in den **Fig. 2a** und **Fig. 2b** gezeigte elektrische Heizelement **20** ist ebenfalls aus einem rohrförmigen Heizelementrohling **21** hergestellt. Auch das elektrische Heizelement **20** erhält man aus dem rohrförmigen Heizelementrohling **21** dadurch, dass in den Rohrmantel eine den Rohrmantel durchsetzende Nut **22** eingebracht wurde, indem Material des Rohrmantels entfernt wurde.

[0029] Die eingebrachte Nut **22** hat die Form einer Schraubenlinie, die in diesem Ausführungsbeispiel aber in ihrem Mittelabschnitt **22b** eine andere Steigung und eine andere Breite aufweist als in ihren Endabschnitten **22a, 22c**. Durch diese den Rohrmantel durchsetzende Nut **22** entsteht eine Heizleiterbahn mit Wendeln **23**, deren Wendelabstand W im Mittelabschnitt **22b** der Nut **22** wegen der dort größeren Breite der Nut größer ist als der Wendelabstand in den Endabschnitten **22a, 22c** der Nut **22**. Dementsprechend wird im Bereich des Mittelabschnitts **22b** der Nut **22** eine geringere Heizleistung abgegeben, wobei das resultierende Temperaturprofil jedoch ein anderes ist als im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1a**, **Fig. 1b**.

[0030] Grundsätzlich könnte das in den **Fig. 3c** und **Fig. 3d** gezeigte elektrische Heizelement **30** auch aus einem rohrförmigen Heizelementrohling herausgearbeitet werden, wesentlich einfacher herstellbar ist aber, es aus einem plattenförmigen Heizelementrohling **31**, der dann gemäß der in **Fig. 3e** skizzierten globalen Transformation aufgerollt wird. Hier kann die Heizleiterbahn insbesondere durch Stanzen in den plattenförmigen Heizelementrohling **31** eingebracht werden. Dadurch ist eine Heizleiterbahn einer ersten Teilheizleiterbahn **34** und einer zweiten Teilheizleiterbahn **35** entstanden, die hintereinander in Reihe geschaltet sind. Die erste Teilheizleiterbahn **34** verläuft zunächst mäandrierend auf dem Rohrmantel des Heizelementrohlings **31**, wobei zwischen den jeweiligen Umkehrabschnitten **34a, 34b** der Mäanderschleifen ein Raum verbleibt, durch den ein Verbindungsabschnitt **35d** der zweiten Teilheizleiterbahn **35** geradlinig hindurchgeführt ist. Zudem sind die Mäanderschleifen im Abschnitt **34c** mit größerem Querschnitt ausgeführt. Die erste Teilheizleiterbahn **34** geht etwa bei der Hälfte der Länge des Heizelementrohlings **31** in einen Verbindungsabschnitt **34d** über. In diesem Bereich verläuft die zweite Teilheizleiterbahn **35** mäandrierend auf dem Rohrmantel des Heizelementrohlings **31**, wobei allerdings die Lage der Mäanderschleifen der zweiten Teilheizleiterbahn **35** auf dem Rohrmantel um 90° gegenüber der Lage der Mäanderschleifen der ersten Teilheizleiterbahn **34** auf dem Rohrmantel verschoben ist, und der Verbindungsabschnitt **34d** der ersten Teilheizleiterbahn **34** liegt im Raum zwischen den jeweiligen Umkehrabschnitten **35a, 35b** der Mäanderschleifen. Ferner ist auch hier ein Abschnitt **35c** vorhanden, auf dem der Querschnitt der Mäanderschleifen vergrößert ist.

[0031] Da in den geradlinigen Verbindungsabschnitten **34c, 35c** weniger Wärme entsteht als in den Mäanderschleifen, hat das elektrische Heizelement **30** also über seine Länge hinweg zwei Abschnitte, die jeweils eine anisotrope Wärmeabstrahlcharakteristik relativ zur Rohrachse, die zudem noch jeweils über die Länge hinweg variiert, haben, deren Orientierung aber relativ zueinander um 90° versetzt bzw. gedreht ist. Diese relativ komplexe Heizleiterbahn kann also mit relativ einfachen Mitteln erzeugt werden.

[0032] Das Ausführungsbeispiel der **Fig. 4a** bis **Fig. 4c** zeigt ein elektrisches Heizelement **40**, das durch Aufrollen aus einem plattenförmigen Heizelementrohling **41** gewinnbar ist. Auch hier ist die Heizleiterbahn, die aus zwei Teilheizleiterbahnen **44, 45**, die jeweils mit gleicher Mäandergeometrie in Parallelschaltung zueinander verlaufen, zusammengesetzt ist, aus dem plattenförmigen Heizelementrohling **41** herausgearbeitet und durch Aufrollen des elektrischen Heizelement **40** erzeugt worden.

[0033] Das in den **Fig. 5a** bis **Fig. 5c** gezeigte elektrische Heizelement **50** ist aus einem zylinderrohrförmigen Heizelementrohling **51** herausgearbeitet. Seine Heizleiterbahn ist aus drei in Reihe geschalteten Teilheizleiterbahnen **54, 55, 56** zusammengesetzt, wobei sich die jeweils benachbarten Teilheizleiterbahnen **54, 55**, bzw. **55, 56**, jeweils hinsichtlich ihrer Wendelsteigung und ihres Wendeldrehsinns unterscheiden. An beiden Enden der Heizleiterbahn ist jeweils ein rohrförmiger Anschlussabschnitt **57** vorgesehen, durch dessen Innenfläche eine große Kontaktfläche für den Kontaktabschnitt **58a** von Anschlussbolzen **58** eingreifen kann. **Fig. 5c** zeigt das elektrische Heizelement **50** als Bestandteil einer elektrischen Heizvorrichtung im Inneren eines rohrförmigen Metallmantels **52** und eingebettet in vorzugsweise verdichtetes elektrisch isolierendes Material **53**.

[0034] Bifilare Heizleiterbahnen sind für eine Vielzahl von Anwendungen interessant. **Fig. 6a** zeigt eine elektrische Heizelement **60** in Form einer solchen bifilaren Heizleiterbahn **64**, die aus einem zylinderförmigen Heizelementrohling herausgearbeitet ist; **Fig. 6b** eine elektrische Heizvorrichtung mit rohrförmigem Metallmantel **62**, in dessen Innenraum das elektrische Heizelement **60** in elektrisch isolierendem Material **63** eingebettet angeordnet ist.

[0035] Wie die **Fig. 7a** bis **Fig. 7c** zeigen, kann eine bifilare Wichtung aber auch ausgehend von einem plattenförmigen Heizelementrohling **71** erzeugt werden, der dann durch Aufrollen global zum elektrischen Heizelement **70** transformiert werden kann, das dann in dem rohrförmigen Metallmantel **72** in elektrisch isolierendes Material **73** eingebettet angeordnet und mit Anschlussdrähten **78** elektrisch verbunden wird.

[0036] In den **Fig. 8a** und **Fig. 8b** sind zwei Ansichten eines einfachen elektrischen Heizelements **80** abgebildet, das eine im Wesentlichen mäandrierende Heizleiterbahn **84** aufweist, die aus einem plattenförmigen Heizelementrohling herausgearbeitet ist. Die **Fig. 8c** bis **Fig. 8f** zeigen unterschiedliche elektrische Heizelemente **80'**, **80''**, **80'''**, **80''''**, die durch globale geometrische Transformationen, nämlich Aufrollen mit konstantem Radius, Falten zum Quadrat, Aufrollen mit variablem Radius zu einer überlappenden Spiralstruktur und Biegen aus dem plattenförmigen Heizelementrohling gewonnen werden können sowie eine schematische Darstellung der entsprechenden Transformationen.

[0037] Die elektrischen Heizelemente **90** bzw. **100** gemäß den **Fig. 9** und **Fig. 10** illustrieren eine weitere Bearbeitungsmöglichkeit für elektrische Heizelemente, die auf plattenförmigen Heizelementrohlingen basieren. Wenn ein solcher Rohling abschnittsweise überfräst wird, können auf einfache Weise Heizleiterbahnen **94,104** mit Abschnitten **94a,104a**, die einen größeren Querschnitt aufweisen und Abschnitten **94b,104b**, die einen kleineren Querschnitt aufweisen, erzeugt werden.

[0038] Durch das Herausarbeiten des elektrischen Heizelements aus dem Heizelementrohling können, wie die elektrischen Heizelemente **110** bzw. **120** gemäß den **Fig. 11a,b** bzw. **Fig. 12a,b** veranschaulichen, Strukturen hergestellt werden, die bisher nicht zugänglich waren. So kann, wie den **Fig. 11a** und **Fig. 11b** zu entnehmen ist, aus einem Rohr mit schmalen Rohrdurchmesser D_1 und nur geringfügig größerem Rohraußendurchmesser D_2 durch Einschneiden einer wendelförmigen Nut ein elektrisches Heizelement **110** mit einem sehr hohen Verhältnis von Breite des Windungsquerschnitts B zu Höhe des Windungsquerschnitts H hergestellt werden oder, wie man in den **Fig. 12a** und **Fig. 12b** sieht, ein nicht wickelbares „ingedelltes“ elektrisches Heizelement **120** erzeugt werden.

[0039] Das in **Fig. 13a** und **Fig. 13b** gezeigte elektrische Heizelement **130** ist Bestandteil einer elektrischen Heizvorrichtung mit einem als Rückleiter dienenden rohrförmigen Metallmantel **132**, elektrisch isolierendem Material **133**, Kontaktstift **135**, Bodenscheibe **137** und Anschlussdraht **138**. Die Heizleiterbahn **134** ergibt sich ausgehend von einem rohrförmigen Heizelementrohling **131** durch Einfräsen einer Nut im beheizten Bereich, während an beiden Enden ein rohrförmiger Abschnitt verbleibt, um jeweils eine große Kontaktfläche einerseits zur elektrischen Kontaktierung mit dem Kontaktstift **135**, der über die elektrisch leitende Bodenscheibe **137** den elektrischen Kontakt zum als Rückleiter dienenden rohrförmigen Metallmantel **132** bildet und andererseits mit dem Anschlussdraht **138** zu gewährleisten.

[0040] Wie das Beispiel des in **Fig. 14** dargestellten elektrischen Heizelements **140** zeigt, können Anschlussabschnitte, beispielsweise zum Verkrimpen mit Anschlussdrähten **148**, unmittelbar als Endabschnitt des Heizelements **140** angeformt werden.

[0041] Während die bisher dargestellten elektrischen Heizelemente, die auf plattenförmigen Heizelementrohlingen basierten, Heizleiterbahnen hoher Komplexität aufgewiesen haben, die mit der Entfernung erheblicher Mengen von Material verbunden waren, ist dies nicht zwangsläufig der Fall. Tatsächlich kann auch eine Vielzahl von technisch relevanten Leiterbahnkonfigurationen durch einfaches Einbringen von gerade verlaufenden Schlitzen in solche plattenförmigen Heizelementrohlinge, die anschließend global umgeformt werden, extrem kostengünstig in der Herstellung realisiert werden.

[0042] Die **Fig. 15a** und **Fig. 16a** plattenförmige Heizelementrohlinge **151**, **161** deren Heizleiterbahnen **154**, **164** durch eine Anordnung bzw. zwei Anordnungen von im Wesentlichen parallel zueinander verlaufenden Schnitten **155,165** realisierbar sind und durch Aufrollen zu den elektrischen Heizelementen **150**, **160**, die in den **Fig. 15b** bzw. **Fig. 16b** dargestellt sind, gemacht werden können.

[0043] **Fig. 17** zeigt ein nach diesem Prinzip herstellbares elektrisches Heizelement **170**, dessen Heizleiterbahn **174** im Wesentlichen einen mäandrierenden Verlauf hat, wie er grundsätzlich bereits bekannt ist, aber mit viel mehr Aufwand realisiert werden muss als mit dem Einbringen von Schnitten in einen plattenförmigen Heizelementrohling, der anschließend zusammengerollt wird.

[0044] Aber auch neuartige, innovative Verläufe der Heizleiterbahn können nach diesem einfachen Prinzip realisiert werden. Ein Beispiel dafür ist das elektrische Heizelement **180** gemäß **Fig. 18**, dessen Heizleiterbahn **184** durch Mäanderbahnen **184a**, die sich schraubenlinienförmig in eine Richtung auf einem gedachten Zylindermantel erstrecken, wobei zwischen den einzelnen Windungen ein Rückleiterabschnitt **184b** der Heizleiterbahn **184** verläuft.

[0045] Die **Fig. 19a** bis **Fig. 19d** dienen noch einmal der Veranschaulichung der Tatsache, dass mit dem erfindungsgemäßen Herstellungsprinzip elektrische Heizelemente erzeugt werden können, die mechanischen Belastungen beim Durchlaufen von Temperaturzyklen in hervorragender Weise ertragen können. Das in **Fig. 19a** gezeigte elektrische Heizelement **190** hat eine Heizleiterbahn **194**, die im Wesentlichen durch parallel zueinander verlaufende Schlitze **196**, die entweder in einen plattenförmigen Heizelementrohling oder in einen zylinderrohrförmigen Heizelementrohling eingebracht werden können. Die Seitenansichten der **Fig. 19b**, **Fig. 19c** bzw. **Fig. 19d**, die

das elektrische Heizelement **190** im entlasteten Zustand, unter Zugspannung bzw. unter Druck zeigen, veranschaulichen, wie einfach das elektrische Heizelement **190** solche Belastungen aufnehmen kann.

[0046] Auch elektrische Heizelemente, deren Heizleiterbahn einen Rückleiterabschnitt aufweist, können mit einer einfachen Konfiguration von linienförmigen Schnitten realisiert werden, wie das Ausführungsbeispiel des elektrischen Heizelements **200** mit einer Heizleiterbahn **204**, die aus einem mäandrierenden Abschnitt **204a** und einem Rückleiterabschnitt **204b** besteht, gemäß den **Fig. 20a** und **Fig. 20b** veranschaulicht. Das elektrische Heizelement **200** entsteht einfach durch das Aufrollen eines plattenförmigen Heizelementrohrlings **201**, in den einerseits eine ihn in seiner Erstreckungsrichtung nicht vollständig durchsetzende, kammförmige Schnittlinie **206** und eine Reihe von mittig zwischen den „Zinken“ des durch die kammförmige Schnittlinie **206** definierten Kamms verlaufenden Schnitten **207**, die von der dem „Rücken“ des durch die kammförmige Schnittlinie **206** definierten Kamms weiter entfernten Längsseite des plattenförmigen Heizelementrohrlings **201** ausgehen.

[0047] **Fig. 21** zeigt ein weiteres elektrisches Heizelement **210** mit einer Heizleiterbahn **214**, die einen Hinleiterabschnitt **214a** und einen Rückleiterabschnitt **214b** aufweist in seiner Einbausituation als Bestandteil einer elektrischen Heizvorrichtung innerhalb eines rohrförmigen Metallmantels **212** mit Boden **212a** in elektrisch isolierendes Material **213** eingebettet. Dabei ist die Heizleiterbahn **214** dadurch realisiert, dass ein rohrförmiger Heizelementrohrling **211** längs einer seiner Mittelebenen fast vollständig durchtrennt wird, so dass zwei lediglich noch durch einen Ring miteinander verbunden Halbschalen entstehen, in die dann beispielsweise ausgehend von dem Ring in Umfangsrichtung jeweils Schlitze **216** eingeschnitten werden, wobei benachbarte Schlitze **216** sich über unterschiedliche Bereiche der Umfangsrichtung erstrecken, um mäandrierende Abschnitte der Heizleiterbahn **214** sowohl im Hinleiterabschnitt **214a** als auch im Rückleiterabschnitt **214b** zu realisieren. Diese Schlitze erstrecken sich aber nicht über die gesamte Halbschale, so dass anschlussseitig jeweils ein unbeheizter oder schwach beheizter Bereich der Halbschalen entsteht, der gleichzeitig eine große Kontaktfläche für den Anschluss von Anschlussdrähten **218a, 218b** bereitstellt, die durch eine anschlussseitige Abschluss-scheibe **219** hindurchgeführt sind.

[0048] Die **Fig. 22** bis **Fig. 25** illustrieren, dass basierend auf einer ganz einfachen Grundform eines elektrischen Heizelements **220** baukastenartig elektrische Heizvorrichtungen konfiguriert werden können, was sehr günstige Serienfertigung solcher elektrischen Heizvorrichtungen erlaubt. Diese Grundform

des elektrischen Heizelements **220** erhält man einfach aus einem plattenförmigen Heizelementrohrling **221**, in den alternierend von den beiden Längsseiten ausgehende, parallele Schnitte **226** eingebracht sind, die den Heizelementrohrling nicht vollständig durchsetzen. Dies führt zu einer mäandrierenden Teilheizleiterbahn **224**, welche in unterschiedlichen Konfigurationen als Bestandteil unterschiedlichster Heizleiterbahnen einsetzbar ist. Das elektrische Heizelement **220** ist jeweils durch Anschlussbolzen **228** elektrisch kontaktiert.

[0049] **Fig. 22** zeigt eine einfache Variante, in der ein solches kontaktiertes elektrisches Heizelement **220** innerhalb eines rohrförmigen Metallmantels **222** in elektrisch isolierendem Material **223** angeordnet ist.

[0050] **Fig. 23** zeigt eine Variante, bei der ein Stapel von zwei solchen elektrischen Heizelementen **220** in Parallelschaltung elektrisch kontaktiert innerhalb eines rohrförmigen Metallmantels **222** in elektrisch isolierendem Material **223** angeordnet ist. Wie man sich leicht vorstellen kann, kann ein derartiger Stapel auch mehr elektrische Heizelemente **220** umfassen, die wie in **Fig. 22** in Nuten der Anschlussbolzen **228** gehalten und elektrisch kontaktiert sind.

[0051] Neben einer Parallelschaltung kann dabei bei einer ungeraden Zahl elektrischer Heizelemente **220** auch eine Reihenschaltung realisiert werden, wenn man -beispielsweise durch Einschieben der elektrischen Heizelemente **220** in Isolationselemente, die in Nuten der Anschlussbolzen gelagert sind- auf den beiden Seiten alternierend voneinander isoliert, so dass benachbarte elektrische Heizelemente **220**, die auf der Seite des einen Anschlussbolzens **228** in elektrischem Kontakt miteinander stehen, auf der Seite des anderen Anschlussbolzens **228** jeweils voneinander so elektrisch isoliert sind, dass kein unmittelbarer elektrischer Kontakt besteht, sondern der Strom nur durch Durchlaufen der jeweiligen elektrischen Heizelemente fließen kann.

[0052] **Fig. 24** und **Fig. 25** zeigen jeweils Ausführungsbeispiele elektrischer Heizvorrichtungen, bei denen das elektrische Heizelement U-förmig gebogen - es wäre natürlich auch eine gewinkelte Anordnung denkbar in elektrisch isolierendes Material **223** eingebettet und mit Anschlussbolzen **228** elektrisch kontaktiert in einem Metallmantel **222, 222'** eingebettet ist. Der Unterschied ist, dass das Gehäuse **222** ein zylinderrohrförmiges Gehäuse ist, während das Gehäuse **222'** einen Flachheizkörper definiert.

Bezugszeichenliste

10, 20, 30, 40, 50, 60, 70,	elektrisches Heizelement
80, 90, 100, 110, 120, 130,	ment
140, 150, 160, 170, 180, 190,	
200, 210, 220	

11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221

34, 35, 44, 45, 54, 55, 56, 224 Teilheizleiterbahn

64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214 Heizleiterbahn

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Heizelements (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220), insbesondere für elektrische Heizvorrichtungen und Lastwiderstände, mit den Schritten

- Festlegen mindestens einer Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214),
- Bereitstellen eines Heizelementrohlings (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) mit geometrischen Dimensionen, die derart gewählt sind, dass die festgelegten Heizleiterbahnen (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) in einem Teilvolumen des vom Material des Heizelementrohlings (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) eingenommenen Raum angeordnet werden können, und
- Bearbeiten des Heizelementrohlings (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221), so dass die festgelegten Heizleiterbahnen (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) durch Entfernen von Material von dem Heizelementrohling (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) erzeugt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bearbeiten spanabhebend, durch Laserbearbeitung, durch Wasserstrahlschneiden, durch Stanzen durch Feinstanzen oder durch Ätzen erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Heizelementrohling (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) bereitgestellt wird, der plattenförmig, quaderförmig, zylinderförmig oder rohrförmig ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Heizelementrohling (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) bereitgestellt wird, der Abschnitte und/oder Schichten aufweist, die aus unterschiedlichen Materialien bestehen oder unterschiedliche Materialien enthalten.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Heizele-

mentrohling (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) bereitgestellt wird, der zumindest einen Abschnitt, einen Bereich oder eine Schicht aufweist, die aus einer Widerstandslegierung mit einem Temperaturkoeffizienten > 300ppm, bevorzugt > 1000ppm, besonders bevorzugt > 3000ppm besteht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Heizelementrohling (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) bereitgestellt wird, der Abschnitte mit unterschiedlicher Dicke aufweist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie eben verläuft.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie durch eine globale geometrische Transformation, insbesondere durch Abrollen oder Entfalten, aus einer finalen Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) hervorgeht und dass der bearbeitete Heizelementrohling (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191, 201, 211, 221) der inversen geometrischen Transformation, insbesondere durch Aufrollen oder zusammenfallen, unterzogen wird, um das elektrische Heizelement (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220) in die Form zu bringen, in der es die finale Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) aufweist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie Abschnitte unterschiedlicher Breite aufweist, so dass sie lokal verbreitert oder verengt ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie Abschnitte unterschiedlicher Dicke aufweist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie abschnittsweise gewandelt verläuft, wobei die Wendelsteigung variiert.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64, 84, 94, 104, 134, 154, 164, 174, 184, 194, 204,

214) so festgelegt wird, dass sie abschnittsweise gewandelt verläuft, wobei der Drehsinn der Wendeln variiert.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64,84,94,104,134,154,164,174,184,194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie Kontaktflächen zur elektrischen Kontaktierung oder Anschlüsse aufweist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn so festgelegt wird, dass sie mindestens eine Reihenschaltung von Teilheizleiterbahnen (34,35,44,45, 54, 55,56,214) und/oder mindestens eine Parallelschaltung von Teilheizleiterbahnen (34,35,44,45,54,55,56, 214) aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64,84,94,104,134,154,164,174,184,194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie mindestens zwei voneinander getrennte Heizkreise aufweist.

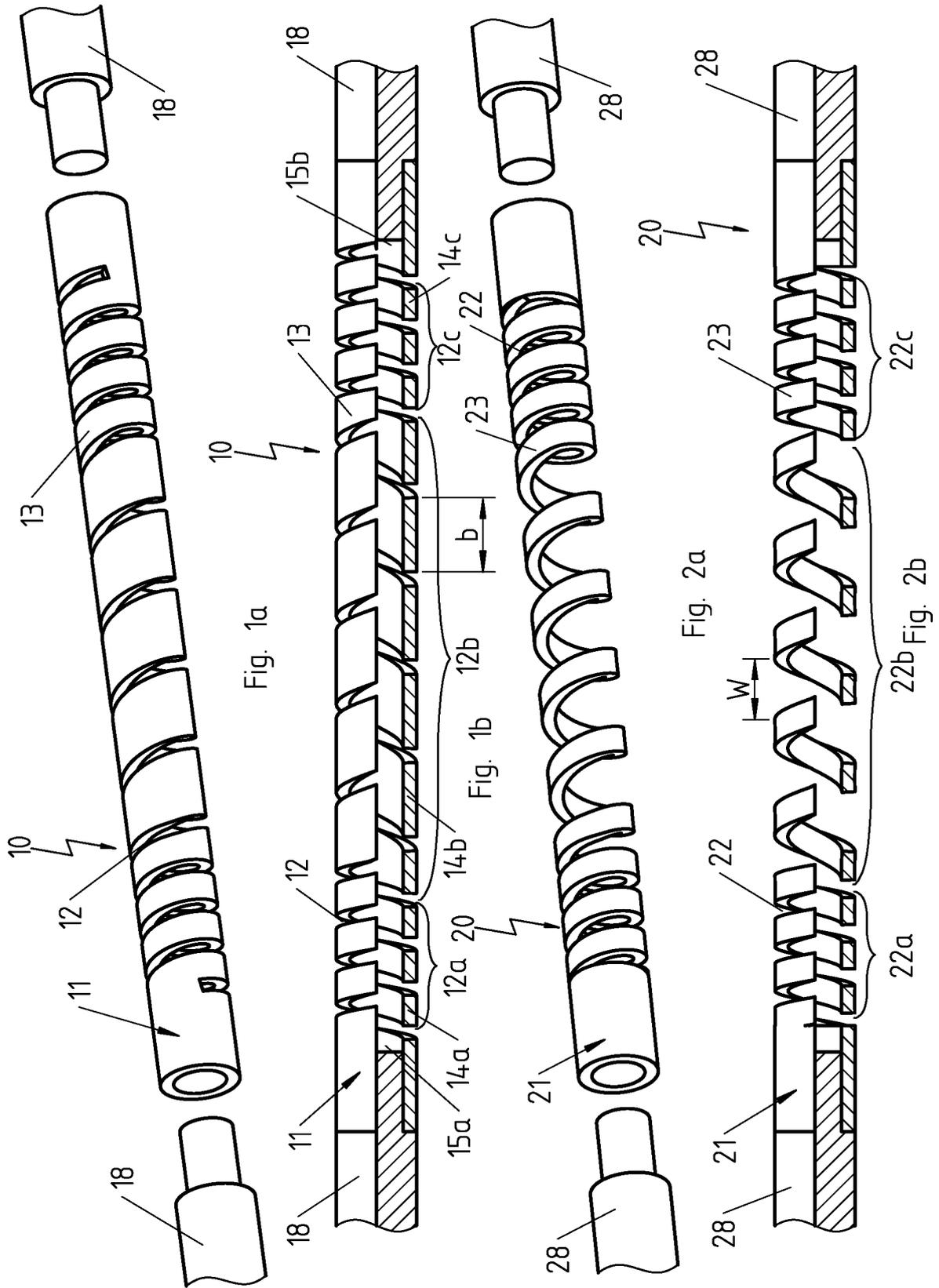
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64,84,94,104,134,154,164,174,184,194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie getrennt voneinander schaltbare Abschnitte aufweist.

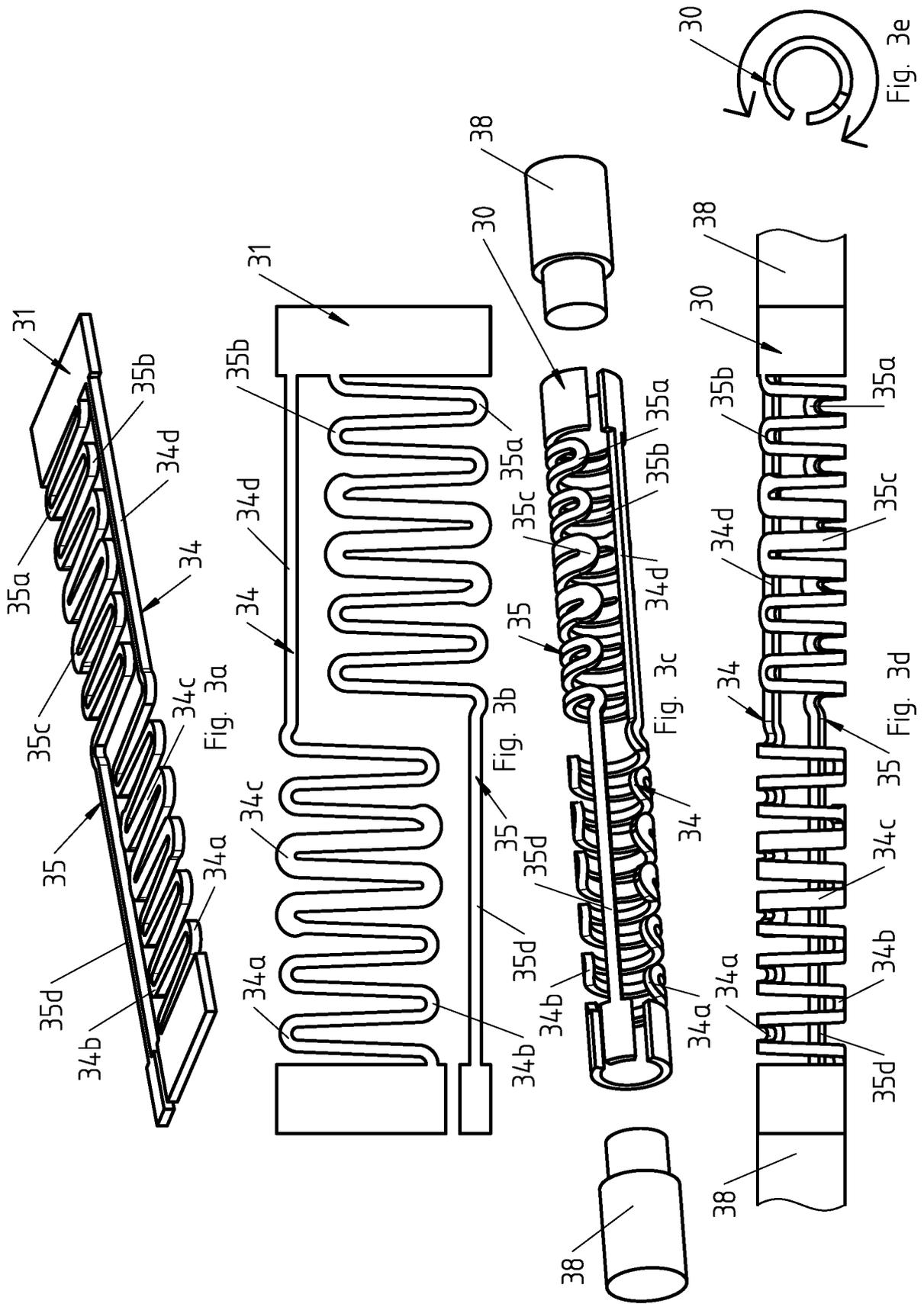
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64,84,94,104,134,154,164,174,184,194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie mindestens einen bifilaren Abschnitt aufweist.

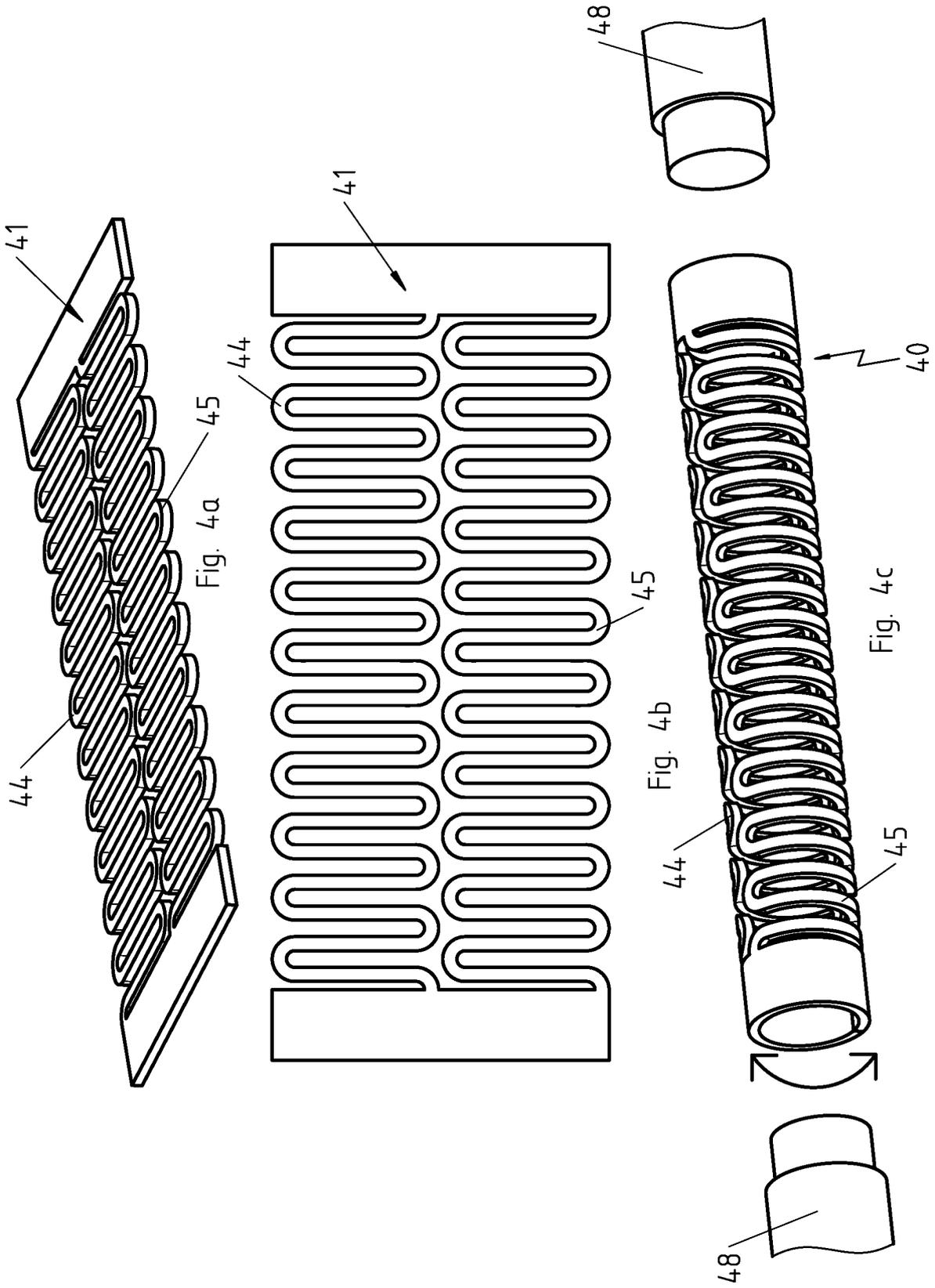
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizleiterbahn (64,84,94,104,134,154,164,174,184,194, 204, 214) so festgelegt wird, dass sie die mechanischen Auswirkungen thermischer Lastwechsel abfängt.

Es folgen 18 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen







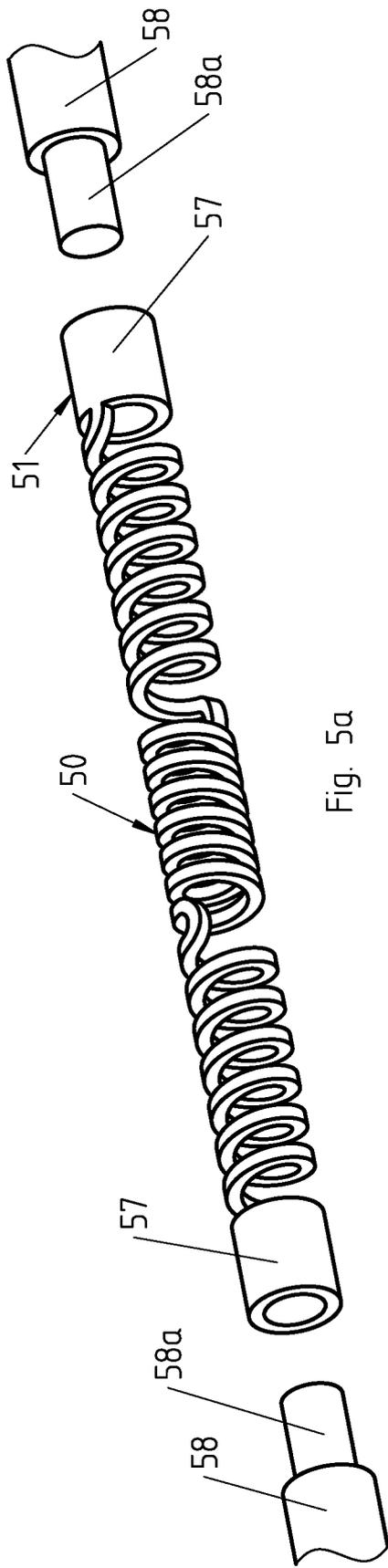


Fig. 5a

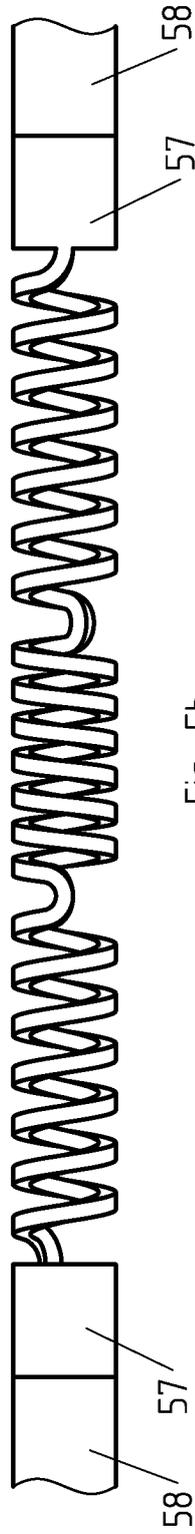


Fig. 5b

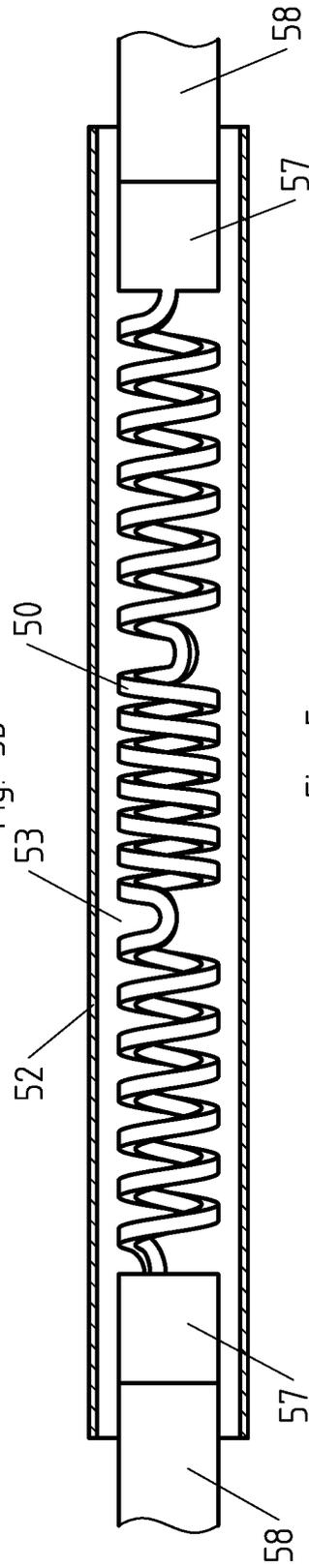


Fig. 5c

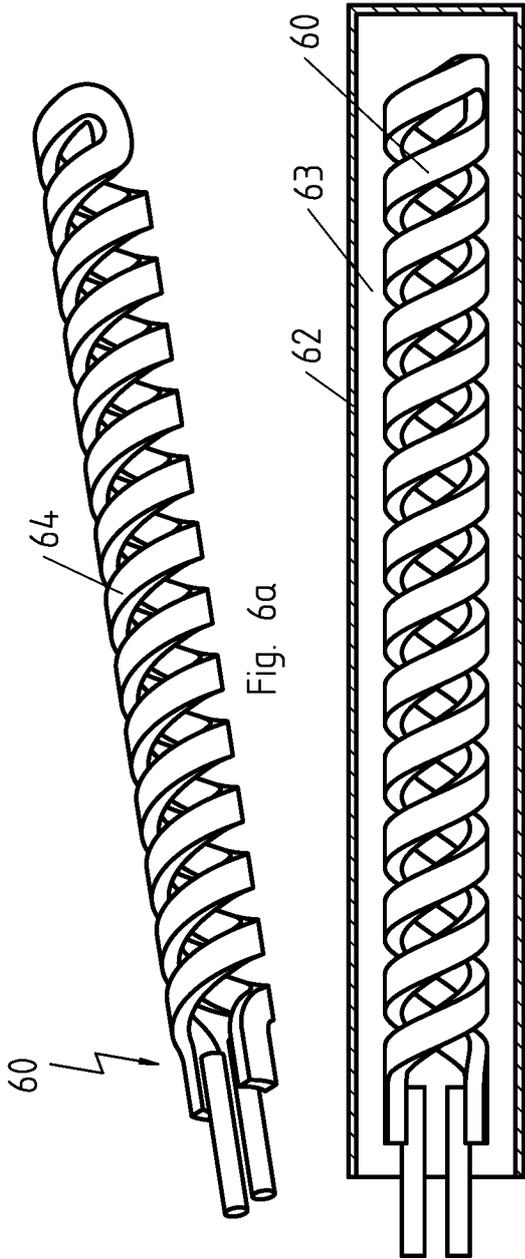


Fig. 6b

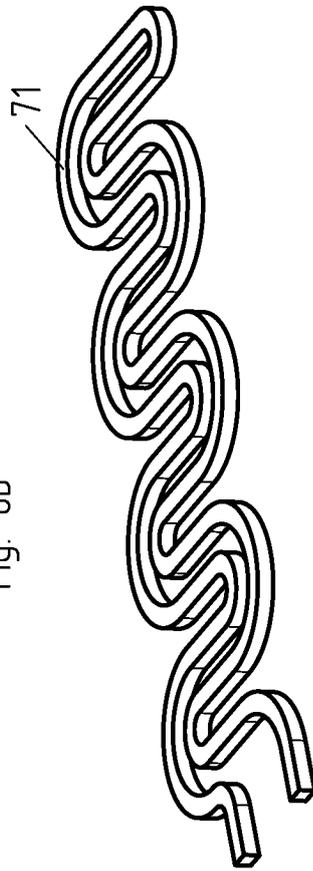


Fig. 7a

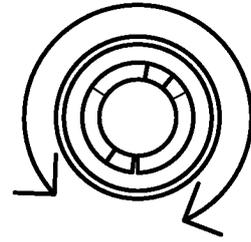


Fig. 7c

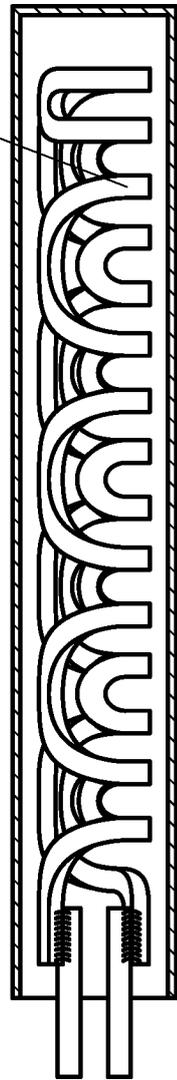


Fig. 7b

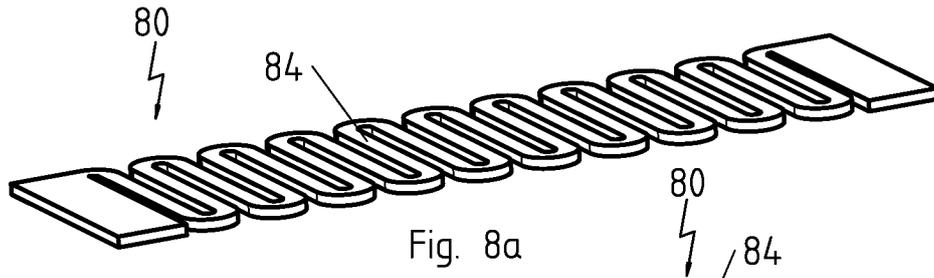


Fig. 8a

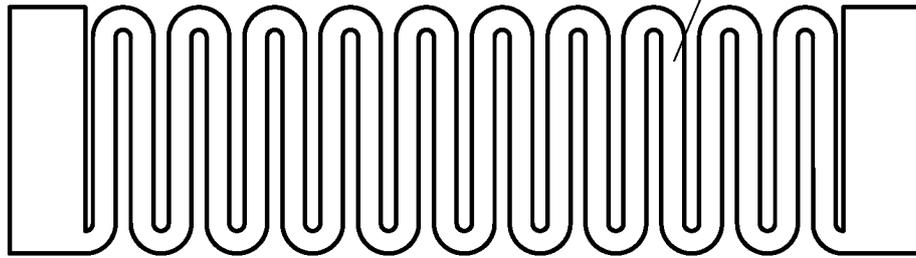


Fig. 8b

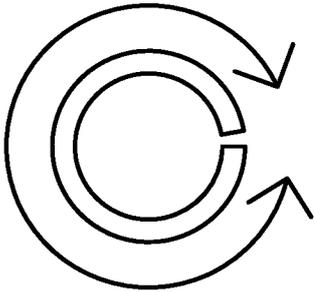
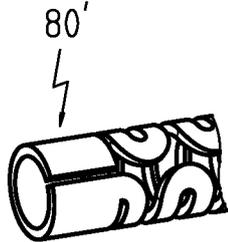


Fig. 8c

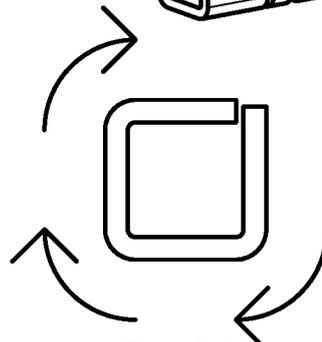
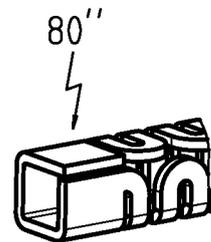


Fig. 8d

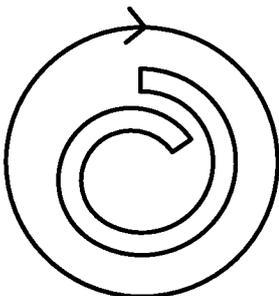
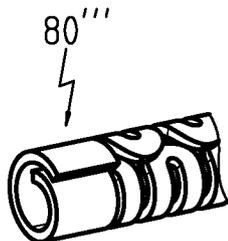


Fig. 8e

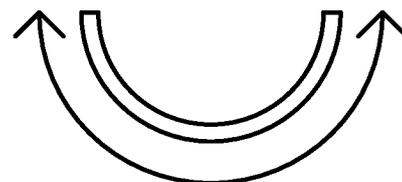
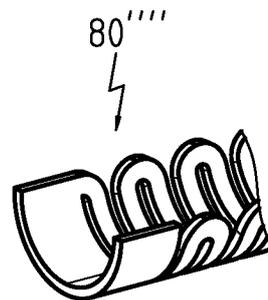


Fig. 8f

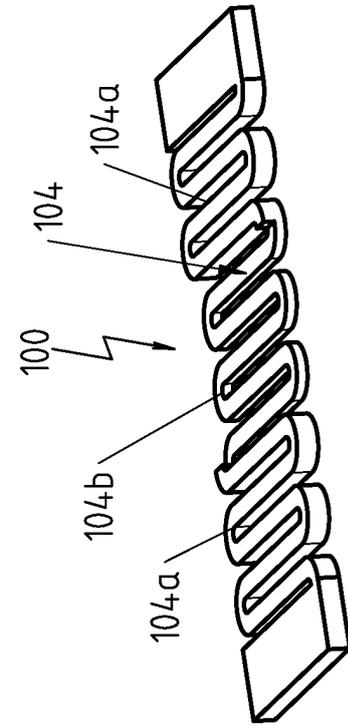


Fig. 10

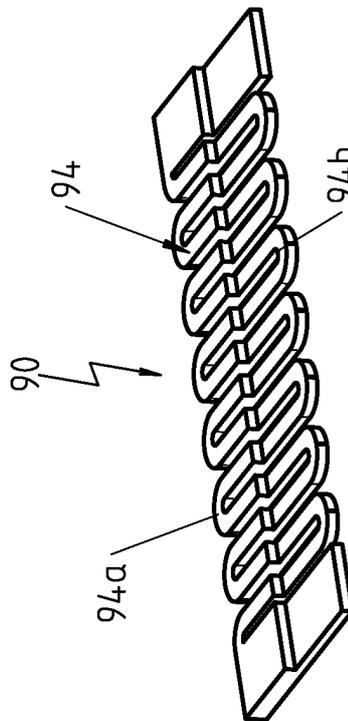


Fig. 9

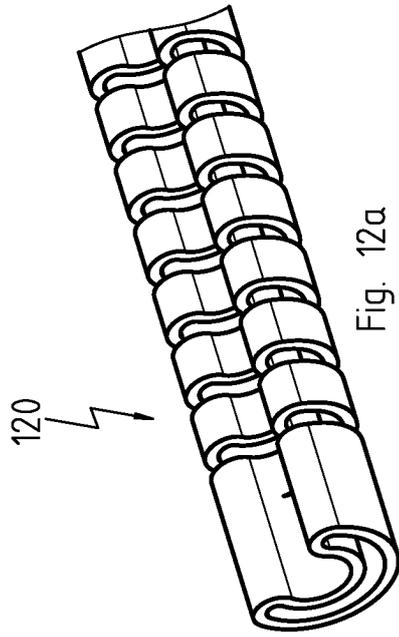


Fig. 12a

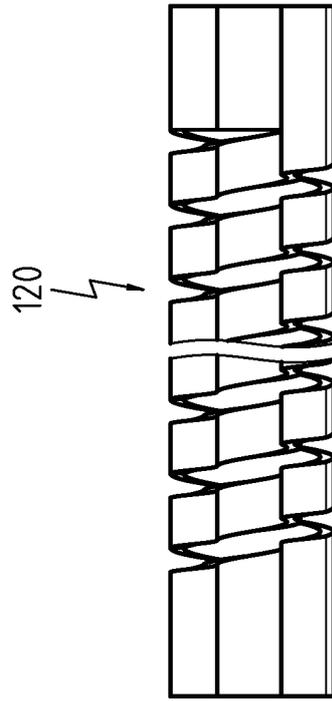


Fig. 12b

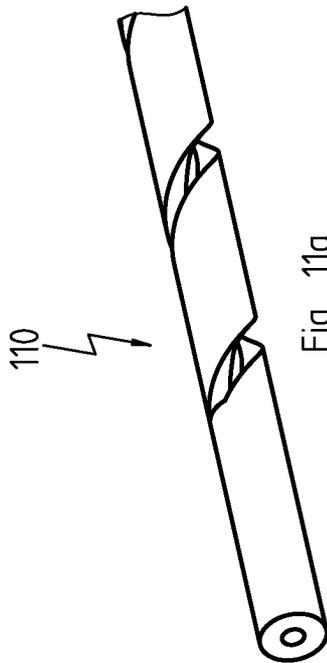


Fig. 11a

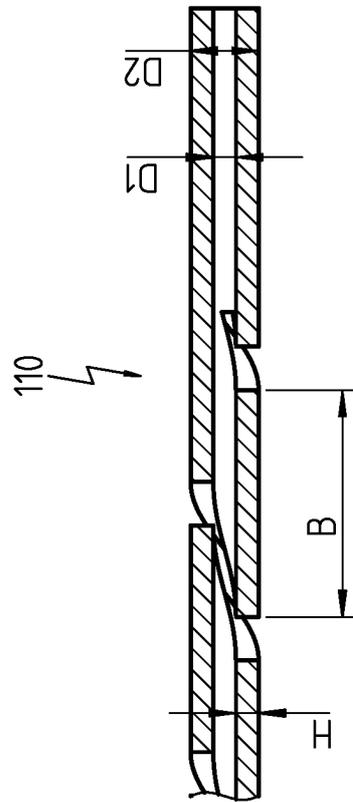
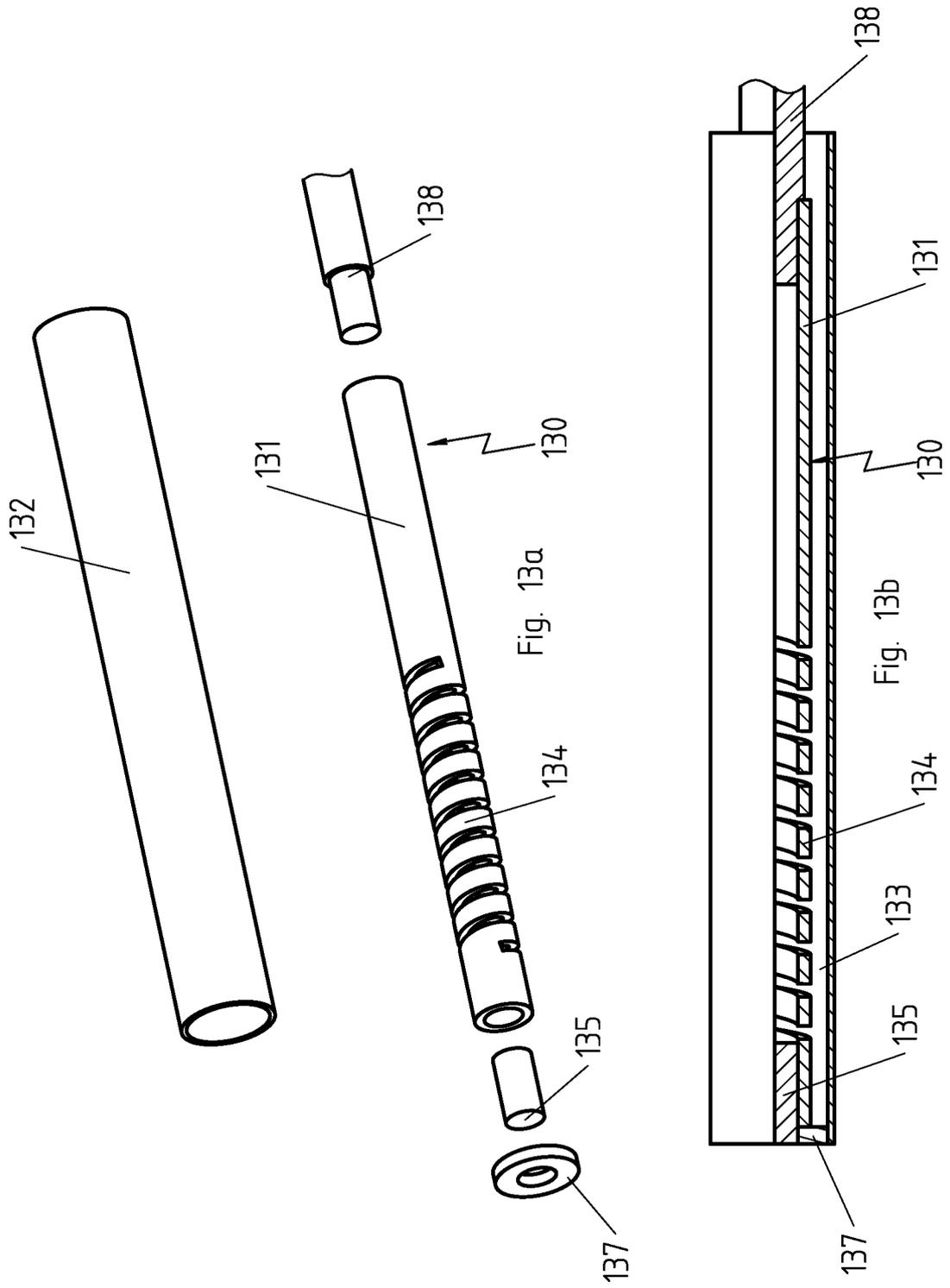


Fig. 11b



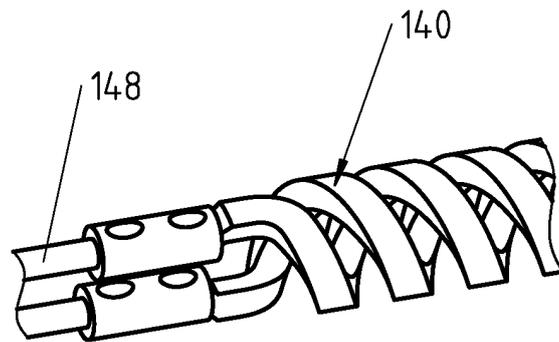


Fig. 14

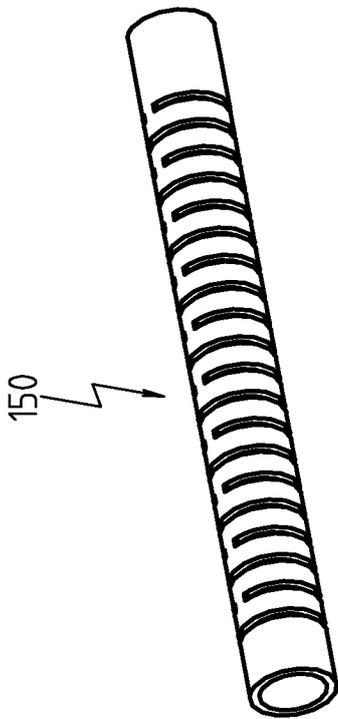


Fig. 15b

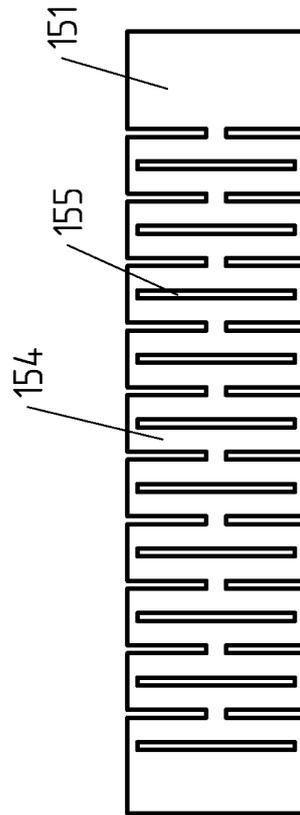


Fig. 15a

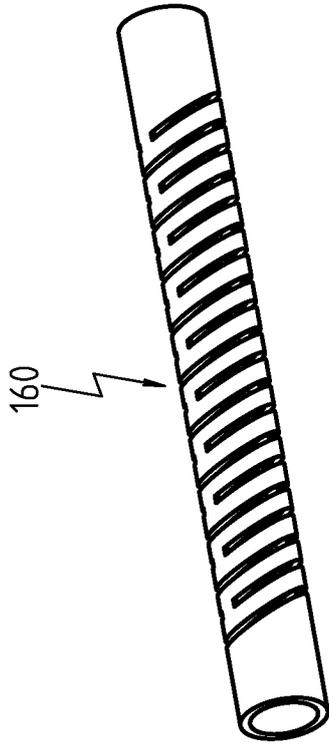


Fig. 16b

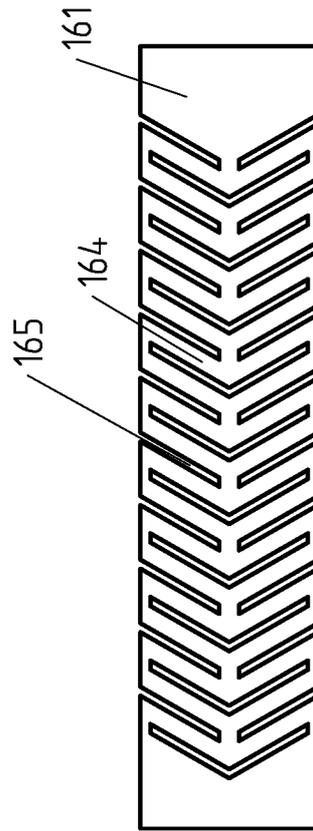


Fig. 16a

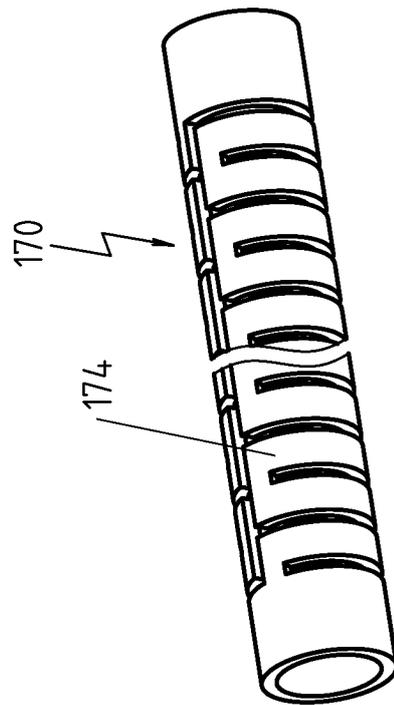


Fig. 17

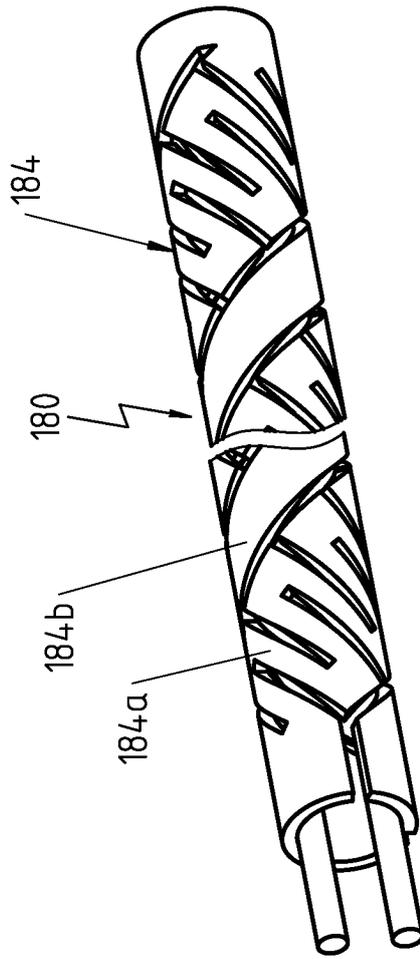
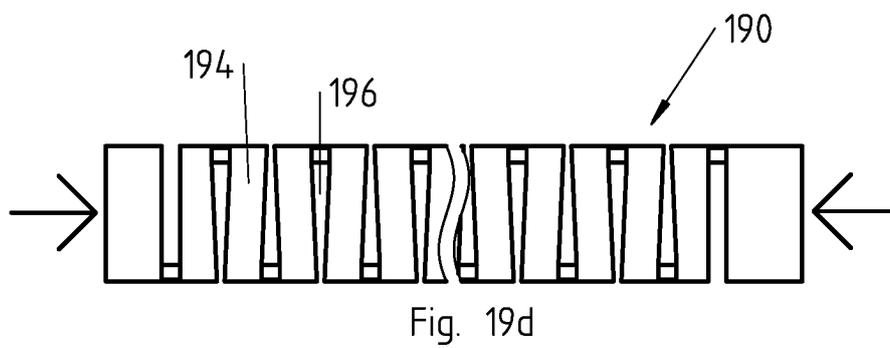
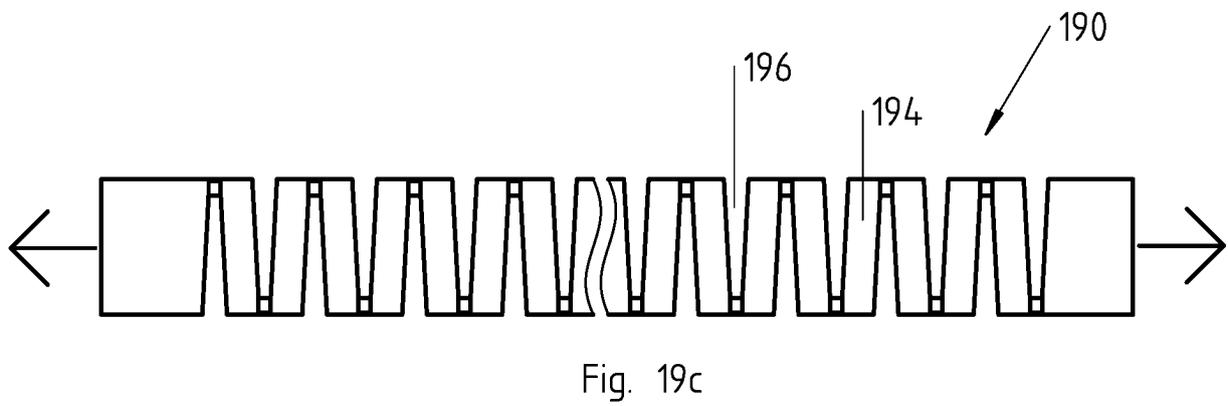
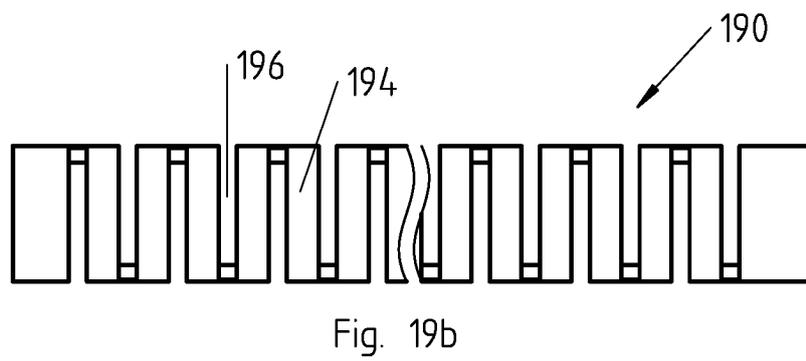
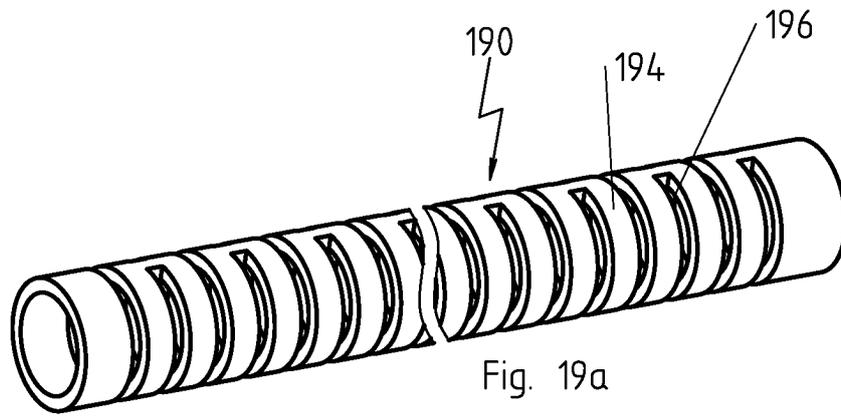


Fig. 18



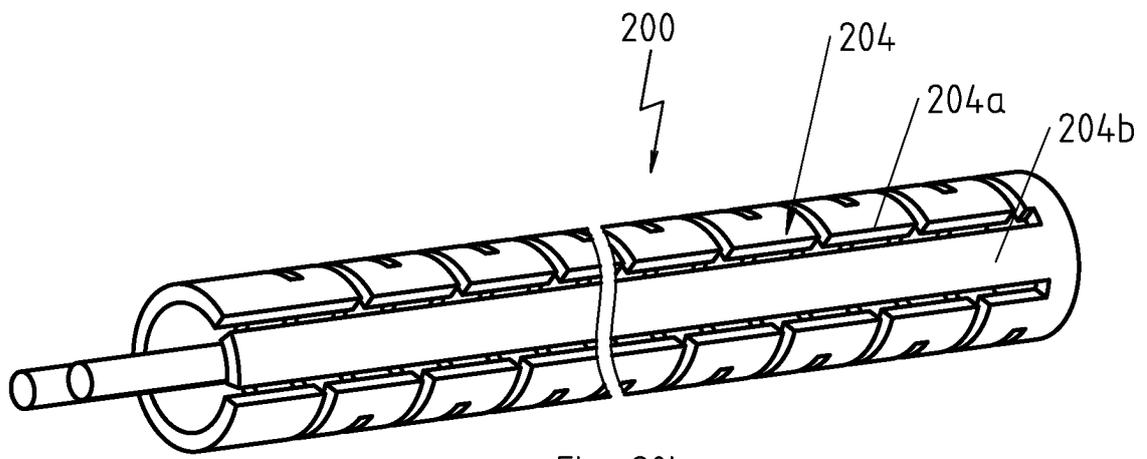


Fig. 20b

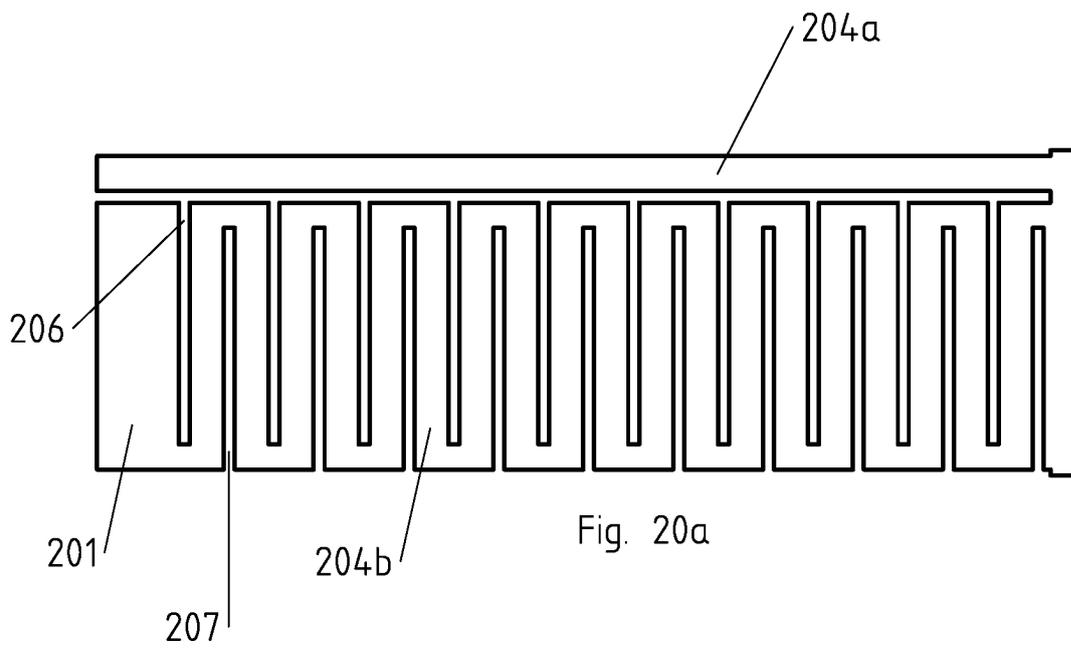
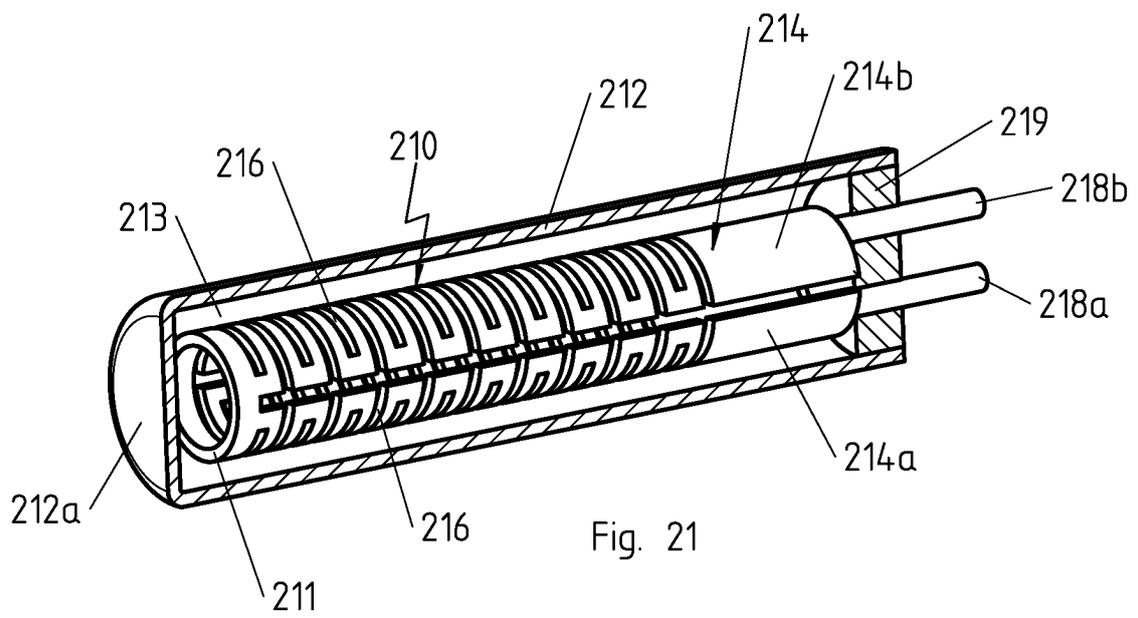
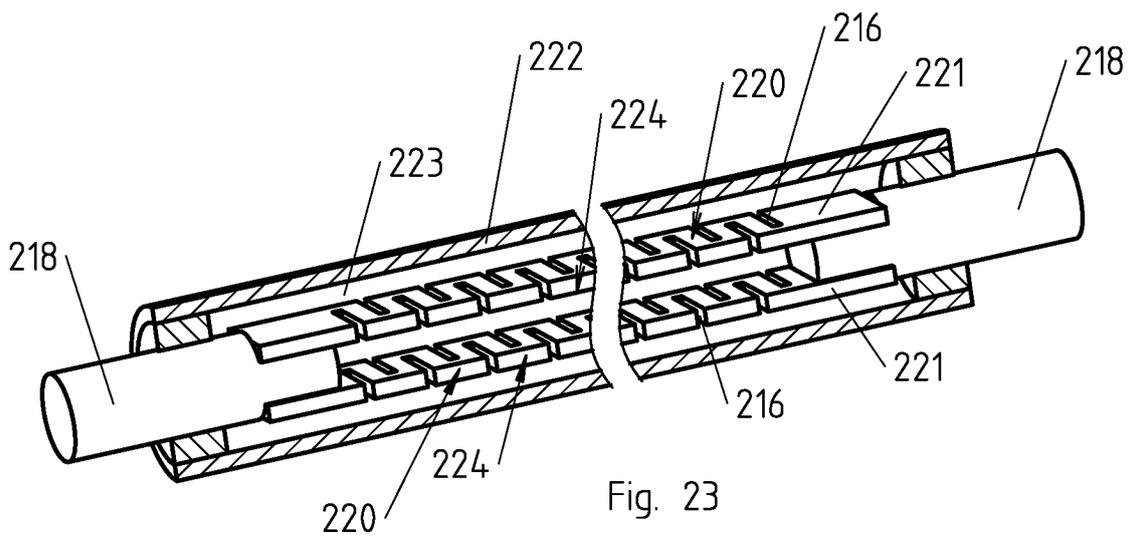
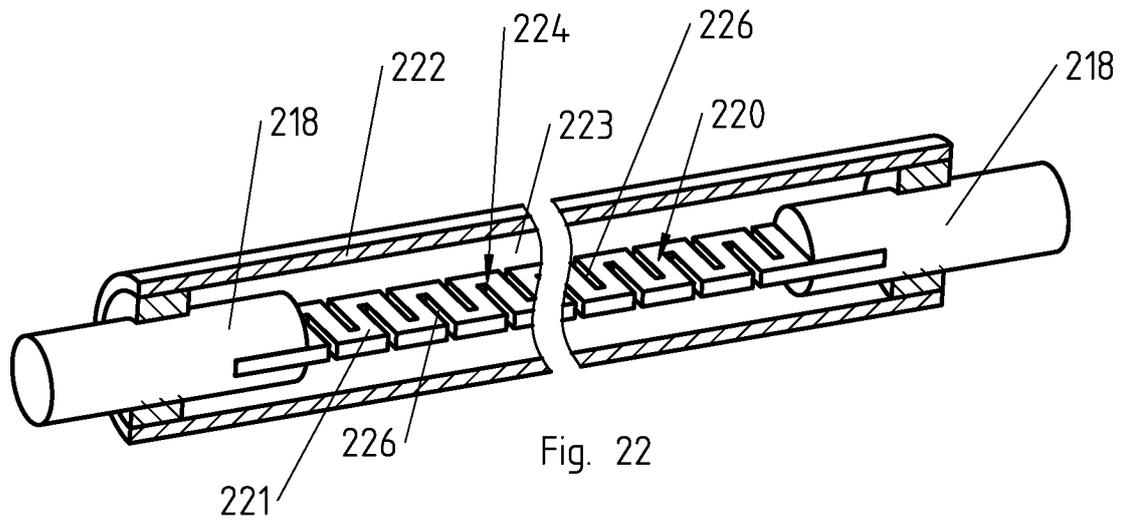


Fig. 20a





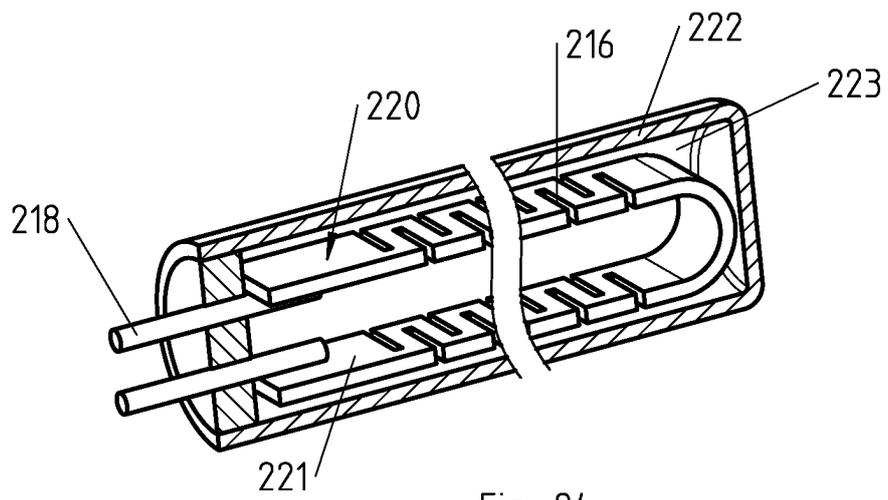


Fig. 24

