



(11) **EP 1 775 997 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.04.2007 Patentblatt 2007/16

(51) Int Cl.:
H05B 3/04 (2006.01) H05B 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06025804.3**

(22) Anmeldetag: **06.04.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

- **Schmitz, Klaus**
63452 Hanau (DE)
- **Dieudonné, Walter**
63801 Kleinostheim (DE)

(30) Priorität: **22.05.2000 DE 10024963**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
01108725.1 / 1 158 836

(74) Vertreter: **Kühn, Hans-Christian**
Heraeus Holding GmbH,
Patentabteilung,
Heraeusstrasse 12-14
63450 Hanau (DE)

(71) Anmelder: **Heraeus Noblelight GmbH**
63450 Hanau (DE)

- (72) Erfinder:
- **Grob, Siegfried**
63477 Maintal (DE)
 - **Scherzer, Joachim**
63486 Bruchköbel (DE)

Bemerkungen:

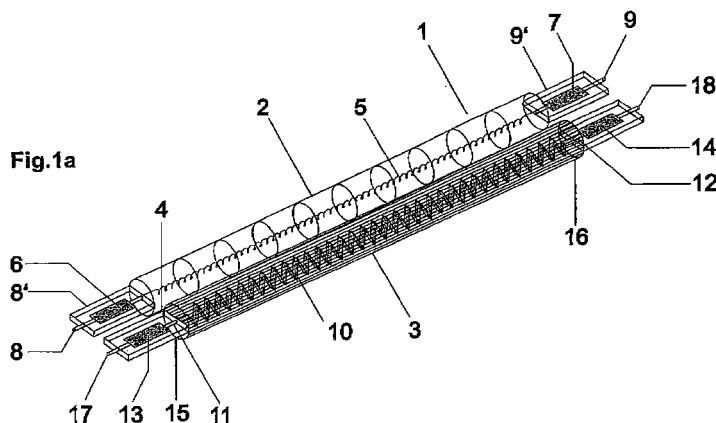
Diese Anmeldung ist am 13 - 12 - 2006 als Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Strahlungsanordnung sowie deren Verwendung und Verfahren zur Behandlung von Oberflächen**

(57) Eine Strahlungsanordnung weist wenigstens zwei miteinander verbundene langgestreckte, für Licht und IR-Strahlung durchlässige und gegenüber der Umgebungsluft abgeschlossene Hüllrohre auf, von denen ein erstes Hüllrohr eine Glühwendel enthält, die über abgedichtete Rohrenden und äußere Kontakte mit einer äußeren Energieversorgung elektrisch verbunden ist und infrarot-Strahlung im nahen IR-Bereich abgibt; weiterhin ist wenigstens ein zweites Hüllrohr vorgesehen, das ein langgestrecktes Karbonband als Infrarot-Strahler für Strahlung im mittleren IR-Bereich aufweist,

welches ebenfalls über abgedichtete Enden und äußere Kontakte mit der oder mit einer weiteren äußeren Energieversorgung verbunden ist. Vorzugsweise wird als Strahlerband ein Karbonband eingesetzt, das entweder als langgestreckte Spirale ausgebildet ist oder ein langgestrecktes Band bildet.

Es ist somit möglich, sowohl Infrarotstrahlung im nahen IR-Bereich als auch Infrarotstrahlung im mittleren IR-Bereich zu erzeugen, so dass beispielsweise bei Oberflächenauftrag von Farben sowohl Farbpigmente als auch Farblösungsmittel rasch verdunstet und getrocknet werden können.



EP 1 775 997 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strahlungsanordnung mit wenigstens einem Infrarotstrahler und wenigstens einem weiteren Strahler mit wenigstens zwei miteinander verbundenen langgestreckten, für Licht und IR-Strahlung durchlässigen und gegenüber der Umgebungatmosphäre abgeschlossenen Hüllrohren, von denen wenigstens ein erstes Hüllrohr eine Glühwendel aufweist, die über abgedichtete Rohrenden und äußere Kontakte mit einer äußeren Energieversorgung elektrisch verbunden ist, sowie deren Verwendung und ein Verfahren zur Behandlung von Oberflächen.

[0002] Aus der GB-PS 15 44 551 ist ein elektrischer Wärmestrahler bekannt, der zwei zueinander parallel angeordnete spiralförmige Heizwendel aufweist, die jeweils in einer Quarzglasröhre angeordnet sind, wobei die Quarzglasröhre in ihrer Länge durch eine Schmelzverbindung miteinander sind. Die beiden Glühwendeln sind in Serie geschaltet.

[0003] Auch wenn sich eine erhebliche Erhöhung der Intensität erreichen lässt, wird nur ein verhältnismäßig enger Spektralbereich der kurzwelligen Infrarotstrahlung ausgegeben, wobei es in der Regel schwierig ist, gleichzeitig Farben bzw. Pigmente und deren Lösung, beispielsweise Wasser, nach einem Oberflächenauftrag, wie beispielsweise Aufdrucken auf einen Träger, rasch zu trocknen.

[0004] Weiterhin sind aus der EP 0 428 835 A2 bzw. der entsprechenden US 5,091,632 auch Infrarotstrahler mit Zwillingrohr-Strahlern bekannt.

[0005] Weiterhin ist es aus der DE 198 39 457 A1 bekannt, einen Infrarotstrahler mit einem Karbonband als Heizelement einzusetzen; ein solches Karbonband ist insbesondere zur Abgabe von IR-Strahlung in einem mittleren Wellenlängenbereich von 1,5 bis 4,5 μm geeignet.

[0006] Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, eine thermische Strahlungsanordnung zu schaffen, um auf Oberflächen aufgebrachte Beschichtungen oder Aufdrucke mit Pigmenten oder Farben in Lösungsmitteln rasch zu trocknen und gleichzeitig die Lösungsmittel, wie beispielsweise Toluol oder Wasser, rasch verdunsten zu lassen.

[0007] Die Aufgabe wird vorrichtungsgemäß dadurch gelöst, dass wenigstens ein zweites Hüllrohr vorgesehen ist, das ein Strahlerband aufweist, welches ebenfalls über abgedichtete Enden und äußere Kontakte mit der oder mit einer weiteren äußeren Energieversorgung elektrisch verbunden ist. Das zweite Hüllrohr ist ebenfalls zur Ausgabe von Infrarot-Strahlung, insbesondere zur Ausgabe von IR-Strahlung im mittleren IR-Bereich, vorgesehen. Dabei kann selbstverständlich auch ein andersgearteter Temperaturstrahler statt des Strahlerbandes eingesetzt werden, der Strahlung im mittleren IR-Bereich abgibt. Als vorteilhaft erweist es sich, dass die Anordnung sowohl im sichtbaren Spektralbereich sowie nahen infrarotstrahlungsbereich, insbesondere mit einer

Wellenlänge im Bereich von 780 nm bis 1,4 μm , als auch im mittleren IR-Strahlungsbereich verhältnismäßig hohe Strahlungsanteile aufweist, insbesondere mit einer Wellenlänge im Bereich von 2,5 μm bis 5 μm .

[0008] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung wird als Strahlerband ein langgestrecktes Karbonband eingesetzt, wobei das Karbonband in einer weiteren bevorzugten Form auch als langgestreckte Spirale ausgebildet ist. Es sendet Strahlung in einem mittleren IR-Spektralbereich aus, während ein Glühwendelstrahler kurzwellige IR-Strahlung (nahes IR) und ggf. auch sichtbares Licht ausgibt.

[0009] Als besonders vorteilhaft erweist es sich, dass durch Kombination von Strahlenquellen mit verschiedenen Temperaturen ($\Delta\lambda \text{ max} > 400 \text{ nm}$) in einer gemeinsamen Strahlungsanordnung die Effizienz von Prozessen zur Wärmebehandlung gegenüber üblichen kurzwelligen IR-Strahlenquellen gesteigert werden kann. Beispielsweise wird die Effizienz von Farbtrocknungsprozessen verbessert.

[0010] Die Strahlungsanordnung besitzt durch ihre Überlagerung von verschiedenen Planck-Verteilungen prozentual mehr IR-Strahlungsanteile als bisherige Strahlenquellen mit nur einer Temperatur in den angegebenen Wellenlängenbereichen.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist es möglich, neben thermischen Strahlenquellen wenigstens ein zusätzliches, für Licht und UV-Strahlung durchlässiges, langgestrecktes Rohr vorzusehen, welches eine elektrische Entladungsstrecke aufweist und eine zusätzliche UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 0,15 bis 380 nm ausgibt, die insbesondere für die Farbtrocknung geeignet ist.

[0012] Bevorzugte Ausgestaltungen des Infrarot-Strahlers bzw. der Strahlungsanordnung sind in den Ansprüchen 1 bis 4 angegeben.

[0013] Als besonders vorteilhaft erweist sich der gegenüber Einzelstrahlern verringerte Platzbedarf, wobei durch einen wahlweisen Betrieb der Strahlenquellen mit unterschiedlicher Wellenlänge für die jeweiligen Anwendungsgebiete optimale Strahlungsbedingungen eingestellt werden können.

[0014] Eine verwendungsgemäße Lösung der Aufgabe ist durch Einsatz einer Zwillingrohr-Strahlungsanordnung mit Glühwendel als kurzwelliger Infrarotstrahlerquelle und einer mit Karbonband als Strahlerband versehenen Röhre als mittelwelliger IR-Strahler vorgesehen.

[0015] Die Aufgabe wird bei einem Verfahren zur Behandlung von Oberflächen mittels IR-Bestrahlung, insbesondere von beschichteten oder bedruckten Oberflächen auf Substraten oder von gelösten Farbpigmenten auf einem Träger zwecks Trocknung bestrahlt wird, dadurch gelöst, dass die Oberfläche wenigstens zeitweise mit einer IR-Strahlung mit einem hohen Anteil in einem ersten Wellenlängenbereich von 780 nm bis 1,2 μm und wenigstens zeitweise gleichzeitig mit einer IR-Bestrahlung mit hohem Strahlungsanteil in einem zweiten Wel-

lenlängenbereich von 2,5 μm bis 5 μm behandelt wird.

[0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 und 3 angegeben.

[0017] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens überlappen sich die Oberflächenbestrahlung des ersten Wellenlängenbereichs und des zweiten Wellenlängenbereichs zumindest zeitweise, wobei die erste IR-Strahlung aus einem Strahler mit einer Glühwendel und die zweite IR-Strahlung aus einem Strahler mit einem Karbonband als Strahlenquelle abgestrahlt wird. Als besonders vorteilhaft erweist es sich, dass bei Überlagerung des ersten und des zweiten Wellenlängenbereichs eine spektrale Strahlungsverteilung bei einem relativ hohen Strahlungsanteil im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 3,1 μm erzielt wird.

[0018] Ein wesentlicher Vorteil ist darin zu sehen, dass je nach Ausführungsform die einzelnen Strahlungsanteile dieser Strahlungsanordnung in einer Oder-Verknüpfung eingeschaltet oder in einer gemeinsamen Schaltart betrieben werden können. Hieraus ergibt sich beim Betrieb von Maschinen mit wechselnden Prozessen der Vorteil, dass kein Strahlerwechsel mehr stattfinden muss. Auch benötigt der Anwender nicht mehr verschiedene einzelne Strahlerquellen, so dass eine Verringerung der Ersatzteilbevorratung erzielt wird.

[0019] Darüber hinaus kann der verwendete Karbonstrahler als Anlaufstrombegrenzer für den kurzwelligen Strahler (Glühwendel) verwendet werden.

[0020] In einer weiteren Ausführung können auch UV-Strahlungsanteile mit den IR-Spektren überlagert werden. Auch hier sind wiederum getrennte und gemeinsame Betriebsarten kombinierbar.

[0021] Im Folgenden ist der Gegenstand anhand der Figuren 1a, 1b, 1c, 2, 3 und 4 näher erläutert. Figur 1a zeigt in einer perspektivischen Ansicht schematisch einen erfindungsgemäßen Zwillingsrohrstrahler,

[0022] Figur 1 b zeigt in einer Frontansicht einen Zwillingsrohrstrahler, der jedoch einen gewendelten Karbonstrahler aufweist.

[0023] Figur 1c zeigt in einer Frontalansicht eine Anordnung, die zusätzlich eine rohrförmige Entladungslampe aufweist, so dass neben IR- auch UV-Strahlung erzeugt werden kann.

[0024] Figur 2 zeigt im Diagramm die relative Intensität einer spektralen Strahlungsverteilung nach Planck mit KW/m^2 -Nominierung mit einem kurzwelligen Infrarotstrahler (NIR/IR-A) bei einer Betriebstemperatur von 2600°C und einem Karbonstrahler bei einer Betriebstemperatur von ca. 950°C, wobei die Intensität über der Wellenlänge λ [μm] aufgetragen ist.

[0025] Figur 3 zeigt im Diagramm die spektrale Absorption des Wassers für verschiedene Schichtdicken (2 μm ; 10 μm), wobei die Absorption im Bereich von 0 bis 100 Prozent über der Wellenlänge λ in μm aufgetragen ist.

[0026] Figur 4 zeigt im Diagramm die Effizienz der Wassertrocknung für eine Schicht von 10 μm Dicke, wobei die Temperatur in Kelvin entlang der X-Achse aufge-

tragen ist, während die Effizienz entlang der Y-Achse eingetragen ist.

[0027] Gemäß Figur 1a weist die Strahlungsanordnung einen Zwillingsrohrstrahler 1 auf, der zwei zueinander wenigstens annähernd parallel angeordnete Hüllrohre 2, 3 aus für Infrarotstrahlung und sichtbare Strahlung transparentem Werkstoff, vorzugsweise Quarzglas, enthält, wobei die beiden Rohre durch einen Zwischensteg 4, der ebenfalls aus Quarzglas besteht, mechanisch fest miteinander verbunden sind. Das erste Rohr 2 weist einen mit einer Glühwendel 5 versehenen kurzwelligen Infrarotstrahler auf, dessen hohe Abstrahlungsintensität im Wellenlängenbereich von 780 nm bis ca. 1,2 μm (nahes IR/IR-A) liegt, wie aus der nachfolgenden Figur 2 (Kurve II) hervorgeht Die Definition des Wellenlängenbereiches ergibt sich aus der DIN-Norm 5030, Teil 2.

[0028] Ein ähnlicher Strahler ist beispielsweise aus der eingangs genannten EP 0 428 835 bzw. der entsprechenden US 5,091,632 bekannt. Bei einem solchen kurzwelligen Infrarotstrahler ist gemäß Figur 1a die Glühwendel 5 des Hüllrohres 2 über blattförmige Stromdurchführungen 6, 7 aus Molybdän im jeweiligen Quetschbereich der Rohrenden 8', 9' des Rohres 2 mit jeweils einem äußeren Anschlusskontakt 8, 9 elektrisch und mechanisch verbunden, der zur elektrischen Verbindung mit einer äußeren Energieversorgung dient. Das Rohr 3 weist dagegen einen Infrarotstrahler mit einem Karbonband als Strahlerband 10 auf, welches über Anschlusskontakte 11, 12 und blattförmige Stromdurchführungen 13, 14 aus Molybdän im jeweiligen Quetschbereich der Rohrenden 15, 16 mit äußeren Anschlusskontakten 17, 18 zwecks Anschluss an die Energieversorgung versehen ist.

[0029] Die Verbindung zwischen den Enden des Karbonbandes 11 und den Stromdurchführungen 13, 14 erfolgt vorzugsweise über Graphitpapier, wie es beispielsweise aus der DE 4419 285 C2 bzw. der entsprechenden US 6,567,951 bekannt ist. Auf diese Weise soll die in Längsrichtung ausgeprägte elektrische Leitfähigkeit des Karbonbandes beim Kontaktieren zur Stromdurchführung ausgeglichen werden. Darüber hinaus wird auch eine Verbesserung der Kühlung erzielt.

[0030] Die Frontalansicht gemäß Figur 1b zeigt die beiden nebeneinander liegenden Hüllrohre 2 und 3 des Zwillingsrohr-Strahlers 1, welche über einen Zwischensteg 4 aus Quarzglas miteinander verbunden sind. Im Gegensatz zu Figur 1a in der ein langgestrecktes flaches Strahlerband 10 dargestellt ist, wird das Strahlerband 10' gemäß Figur 1b vor dem Einbringen in den Karbonstrahler gewendelt, d.h. dass eine spiralförmige Wendel als Strahlerband 10' dient. Das gewendelte Strahlerband 10' hat insbesondere den Vorteil, dass ein größerer Strahlungsanteil im Wellenlängen-Bereich von 1,6 bis 3,8 μm (nahes IR/IR-B bis mittleres IR/IR-C) gemäß Kurve I der Figur 2 abgestrahlt werden kann, wie es sich aus dem Stefan-Boltzmann'schen Gesetz ergibt. Die Definition des Wellenlängenbereiches ergibt sich aus der DIN-Norm 5030, 2. Teil.

[0031] Die Hüllrohre 2 und 3 sind - wie bereits anhand

Figur 1 a erläutert - über einen Zwischensteg 4 mechanisch miteinander verbunden; die Anschlusskontakte 8, 9, 17, 17' und 18', 18" entsprechen in ihrer Funktion weitgehend den anhand Figur 1 erläuterten Kontakten 17, 18.

[0032] Aufgrund der jeweils getrennt herausgeführten Anschlusskontakte ist eine einzelne Ansteuerung der jeweiligen Lampen möglich, so dass diese beispielsweise gleichzeitig oder auch zeitlich alternierend betrieben werden können,

[0033] Die in Figur 1 c dargestellte Frontalansicht einer Strahlerkombination weist neben der zuvor beschriebenen Zwillingsanordnung eine zusätzliche als Entladungslampe geschaltete Strahleranordnung auf, wobei das zusätzlich über einen Zwischensteg 4' (Quarzglas) verbundene Hüllrohr 19 aus Quarzglas der Entladungslampe die Abgabe von UV-Strahlung ermöglicht. Da die Entladungslampe 20 über Zwischensteg 4' mit der Zwülingsrohrstrahleranordnung 1' verbunden ist, kann hier auch von einer Drillingsrohr-Strahleranordnung gesprochen werden. Es ist somit möglich, durch sichtbares Licht und Infrarotstrahlung Farbpigmente zu behandeln und gleichzeitig bzw. alternierend Foto-Initiatoren mittels UV-Bestrahlung durch die Entladungslampe 20 zu behandeln. Die Füllung der Entladungslampe 20 besteht vorzugsweise aus Quecksilber und ggf. einer Beimengung von Metallhalogeniden, wobei die Elektroden 21, 22 vorzugsweise aus Wolfram bestehen. Die Energieversorgung von Entladungslampe 20 erfolgt über Stromdurchführungen 23, 24, die vorzugsweise als Molybdänfolien ausgebildet sind. Das zusätzliche Hüllrohr 19 der Entladungslampe 20 besteht ebenso wie Steg 4' bzw. Steg 4 aus Quarzglas, so dass hier eine optimale Transparenz für UV-Strahlung gegeben ist. Die Anschlusskontakte 26, 27 der Entladungslampe 20 sind ebenfalls separat herausgeführt, so dass die Entladungslampe 20 unabhängig von den anderen beiden Infrarotstrahlern gezündet und betrieben werden kann.

[0034] So ist es möglich, eine kompakte universell einsetzbare Strahleranordnung zu schaffen, die einerseits raumsparend gelagert und bevorratet, andererseits in einer Vielzahl unterschiedlicher Funktionen eingesetzt werden kann.

[0035] Wie anhand des in Figur 2 gezeigten Diagramms erkennbar ist, liegt das relative Intensitätsmaximum eines Karbonstrahlers mit einer Temperatur von 950°C (Kurve I) im Bereich von 1,6 bis 3,8 μm . Bei einem gleichzeitigen Betrieb von Glühwendel 5 (Kurve II) und Karbonband 10 bzw. 10' als Strahler entsteht durch Kombination beider Strahler eine thermische Strahlungsquelle, die einen hohen Gesamt-Strahlungsanteil im Bereich von 780 nm bis 3,5 μm gemäß Kurve III aufweist (nahes IR bis zum Anfang von mittlerem IR). Eine solche Kombination steigert die Effizienz von Prozessen, bei denen sowohl Farbpigmente getrocknet werden müssen, als auch zugehörige Lösungsmittel wie beispielsweise Toluol oder Wasser, die aus Farben, bzw. Lacken durch Verdunstung entfernt werden sollen. Es sind somit durch den erfindungsgemäßen Doppelstrahler kurze Reakti-

onszeiten und hohe Leistungsdichten der kurzwelligen Infrarotstrahlenquellen zu erzielen.

[0036] Bei einer Erhöhung der Temperatur des Karbonbandes 10 bzw. 10' auf 1200°C lässt sich eine ähnliche spektrale Strahlungsverteilung der Intensität erzielen, wie sie bereits anhand Figur 2 dargestellt worden ist.

[0037] In Figur 3 ist anhand des Diagramms die spektrale Absorption des Wassers erkennbar, wobei sowohl für eine größere Schichtdicke von beispielsweise 10 μm (Kurve 1) als auch für eine geringere Schichtdicke von 2 μm (Kurve II) der aufgetragenen Schicht eine erste maximale Spektralabsorption, die mit A1, A1' bezeichnet ist, im Wellenlängen-Bereich von ca. 3 μm auftritt, während ein zweites geringeres Maximum mit Absorptionsgrad von ca. 40 bis 90 Prozent in einem mit A2, A2' bezeichneten Spektralbereich von ca. 6 μm liegt. Dabei ist erkennbar, dass eine Schichtdicke von nur 2 μm einen niedrigeren Absorptionsgrad in den Absorptionspunkten A1' bzw. A2' der Kurve II mit jeweils 90 Prozent bzw. 40 Prozent aufweist.

[0038] Anhand der Figur 3 ist erkennbar, dass sich das Maximum der für die Verdunstung von Wasser oder anderen Lösungsmitteln erforderlichen Bestrahlung eher im mittleren Infrarotbereich (IR-C/MIR gemäß DIN 5030, 2. Teil) liegt, während eine Trocknung der Farbpigmente gemäß Figur 2 bereits im kurzwelligen Bereich von 780 nm bis ca. 1,2 μm erfolgreich durchgeführt wird (NIR/IR-A gemäß DIN 5030, 2. Teil).

[0039] Gemäß Figur 4 steht die Effizienz der Wassertrocknung für eine Schicht von 10 μm Dicke in einem funktionellen Zusammenhang mit der Temperatur; bei einer Temperatur im Bereich von 1500 bis 1200 K liegt die Effizienz im Bereich von 30 bis 40 Prozent, während sie im Bereich von 3000 K und darüber unter 10 Prozent abfällt. Es ist somit erkennbar, dass eine optimale Effizienz der Wassertrocknung im Bereich von 1000 bis 1500 K zu erzielen ist.

[0040] Anhand der Figuren 2 bis 4 ist somit erkennbar, dass aufgrund der gleichzeitigen Einwirkung der kurzwelligen Infrarotstrahlung mittels Glühwendel im Zusammenwirken mit der mittelwelligen Infrarotstrahlung mittels Karbonband sehr unterschiedliche Anforderungen an Trocknung und Verdunstung von aufgetragenen Schichten bzw. Aufdrucken erfüllt werden, so dass durch diese Art der Kombination ein Synergieeffekt auftritt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von Oberflächen mittels IR-Bestrahlung, insbesondere von beschichteten Oberflächen auf Substraten oder von gelösten Farbpigmenten auf einem Träger zwecks Trocknung, wobei die Oberfläche für einen vorgegebenen Zeitraum aus wenigstens einer Infrarotquelle bestrahlt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche wenigstens zeitweise mit einer IR-Strahlung in einem ersten Wellenlängenbereich von 780 nm bis 1,4

μm und wenigstens zeitweise mit einer IR-Bestrahlung in einem zweiten Wellenlängenbereich von 2,5 μm bis 5 μm behandelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Bestrahlung des ersten und des zweiten Wellenlängenbereichs wenigstens zeitweise überlagert. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlung des ersten Wellenlängenbereichs aus einem IR-Strahler mit einer Glühwendel als Strahlenquelle und die IR-Strahlung des zweiten Wellenlängenbereichs aus einem IR-Strahler mit einem Karbonband als Strahlenquelle ausgesandt wird. 10
15
4. Verwendung einer Strahlungsartordnung, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein mit einer Glühwendel (5) versehenes Hüllrohr als IR-Strahlenquelle im nahen IR-Bereich und ein mit einem Strahlerband (10, 10') versehenes Hüllrohr als IR-Strahlenquelle im nahen IR-Bereich (IR-B) und mittleren IR-Bereich eingesetzt wird. 20
25

25

30

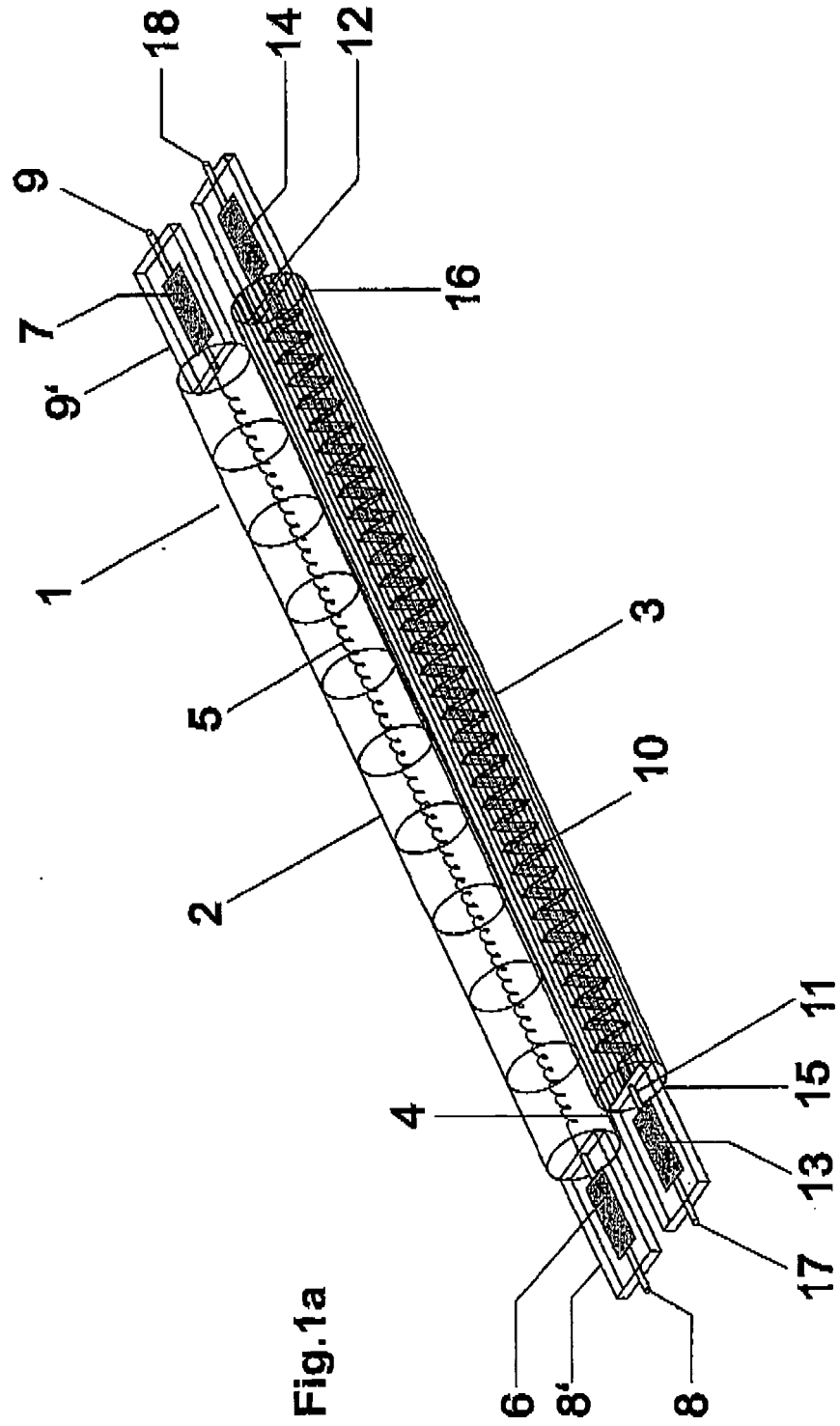
35

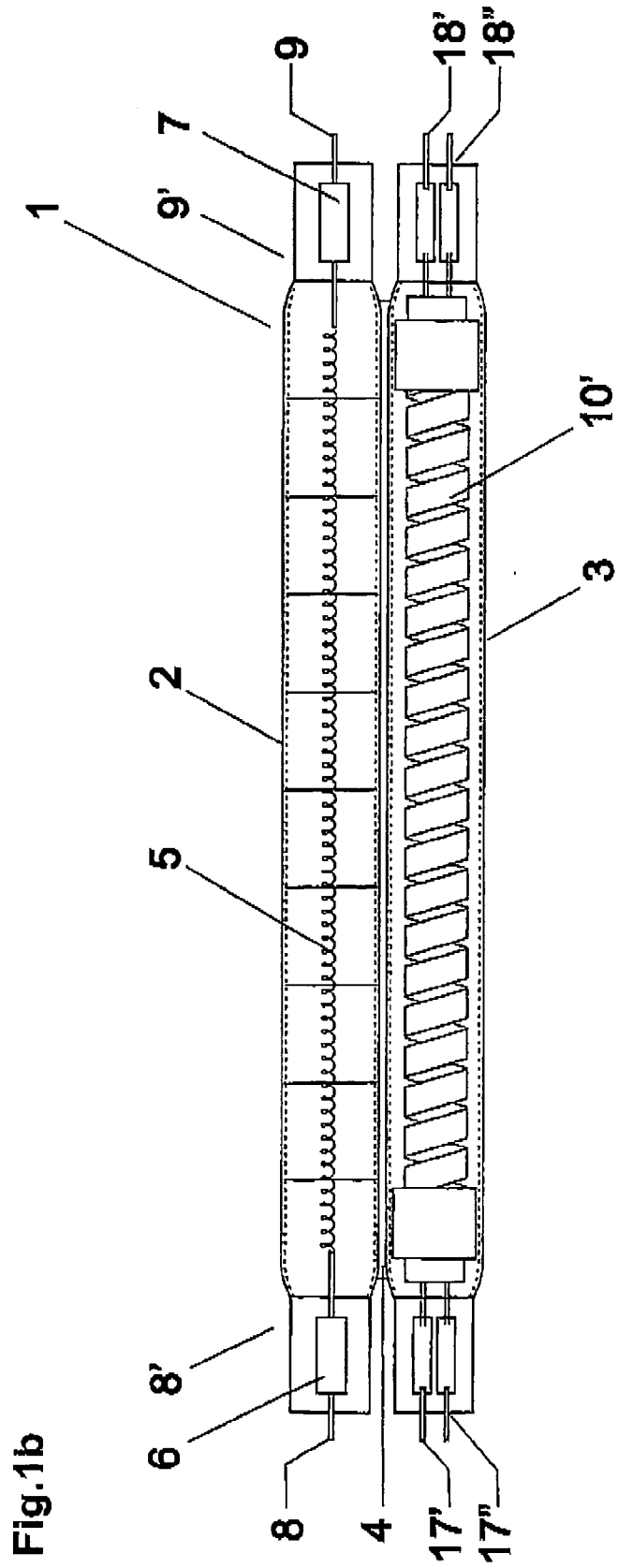
40

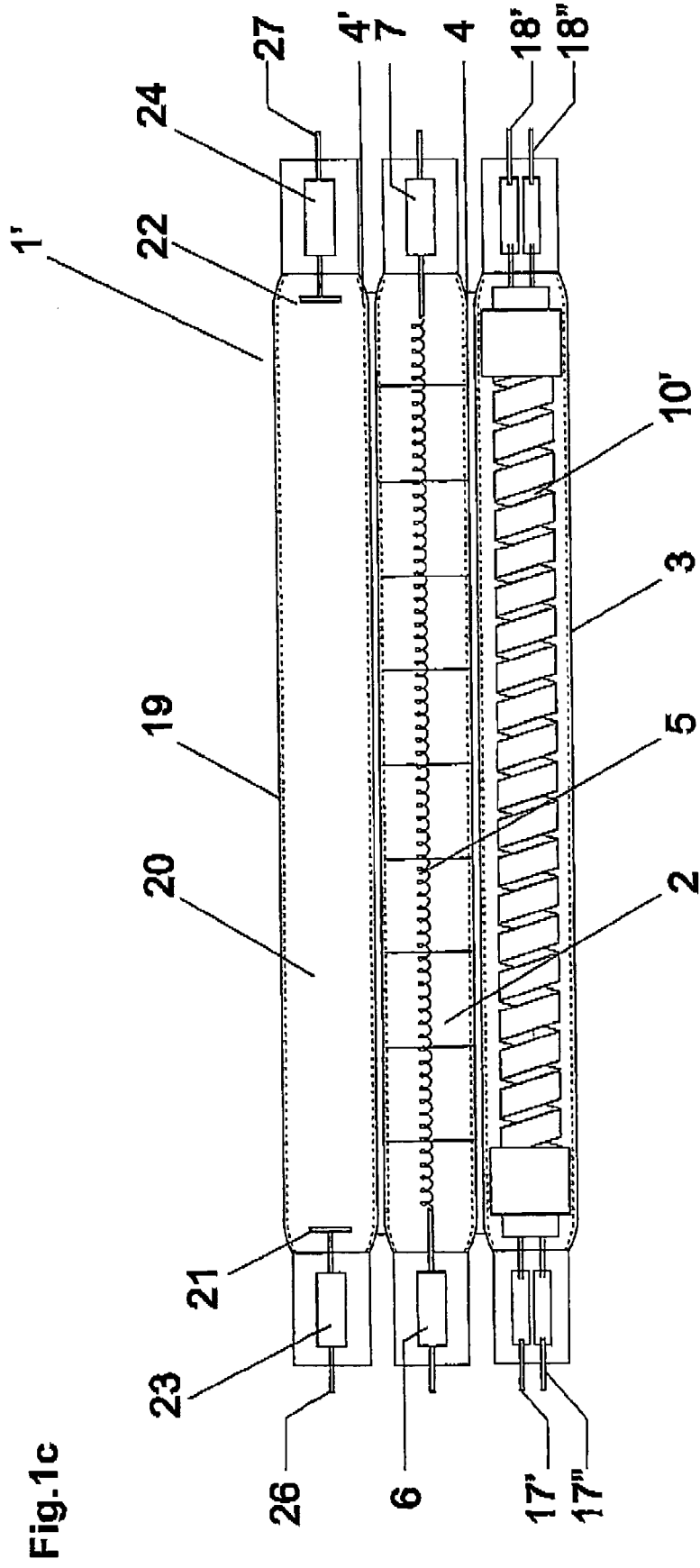
45

50

55







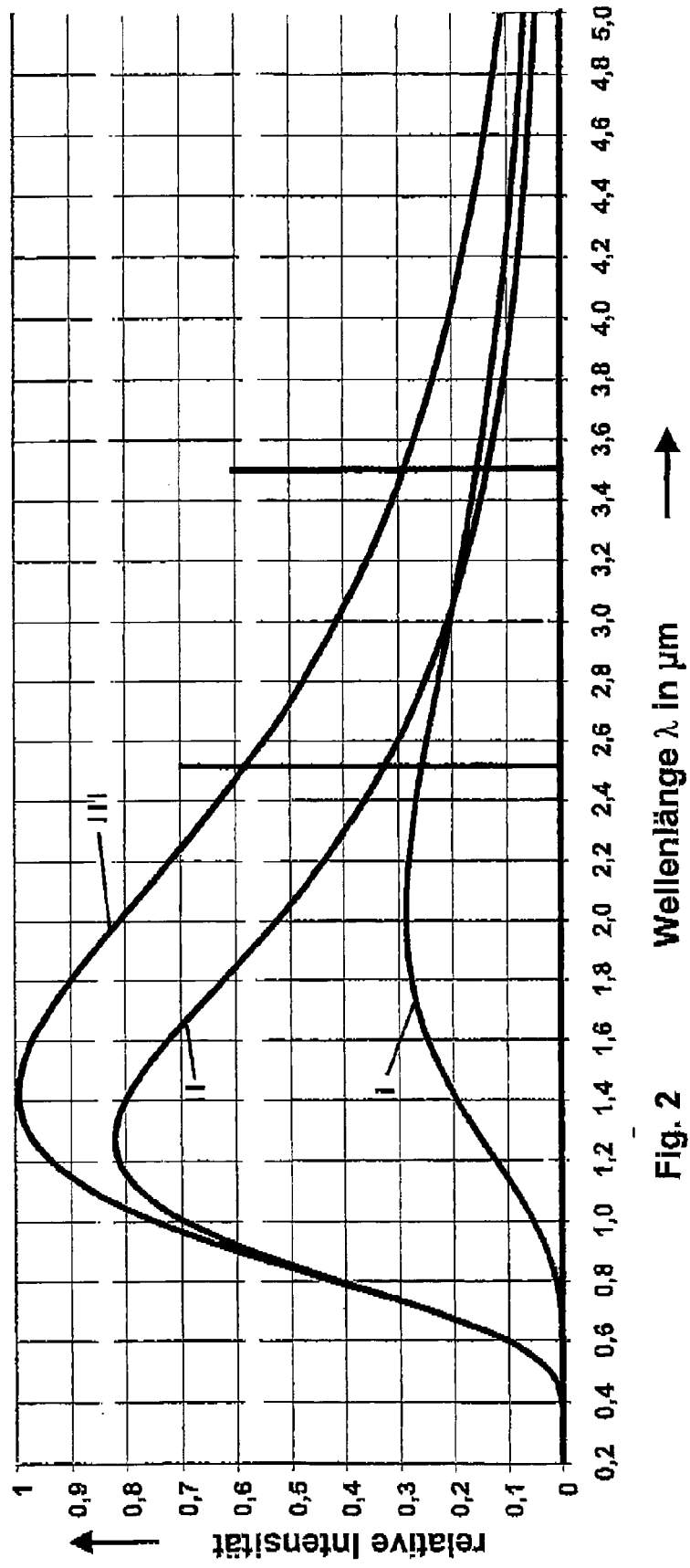


Fig. 2

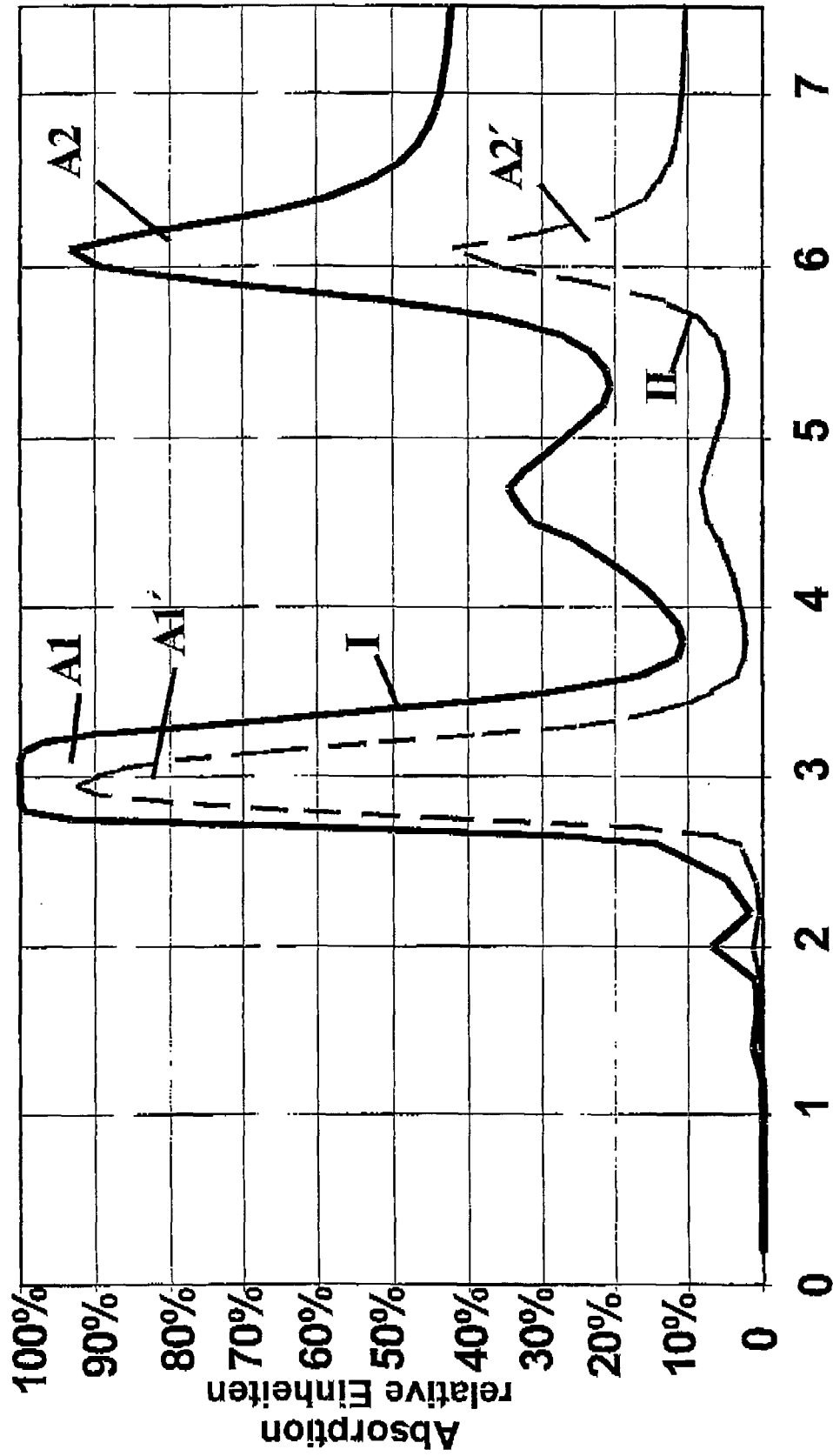


Fig.3 Wellenlänge λ in μm

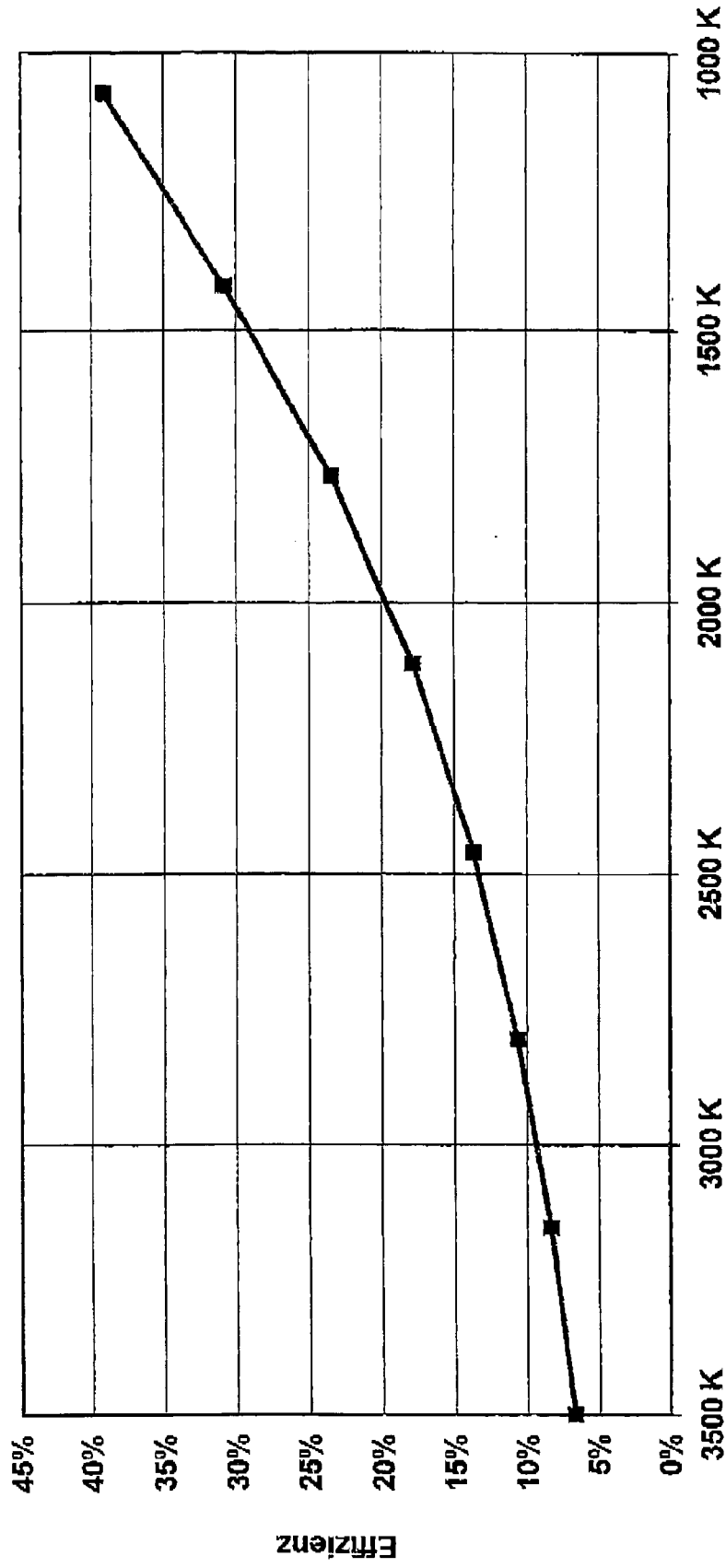


Fig. 4 Temperatur

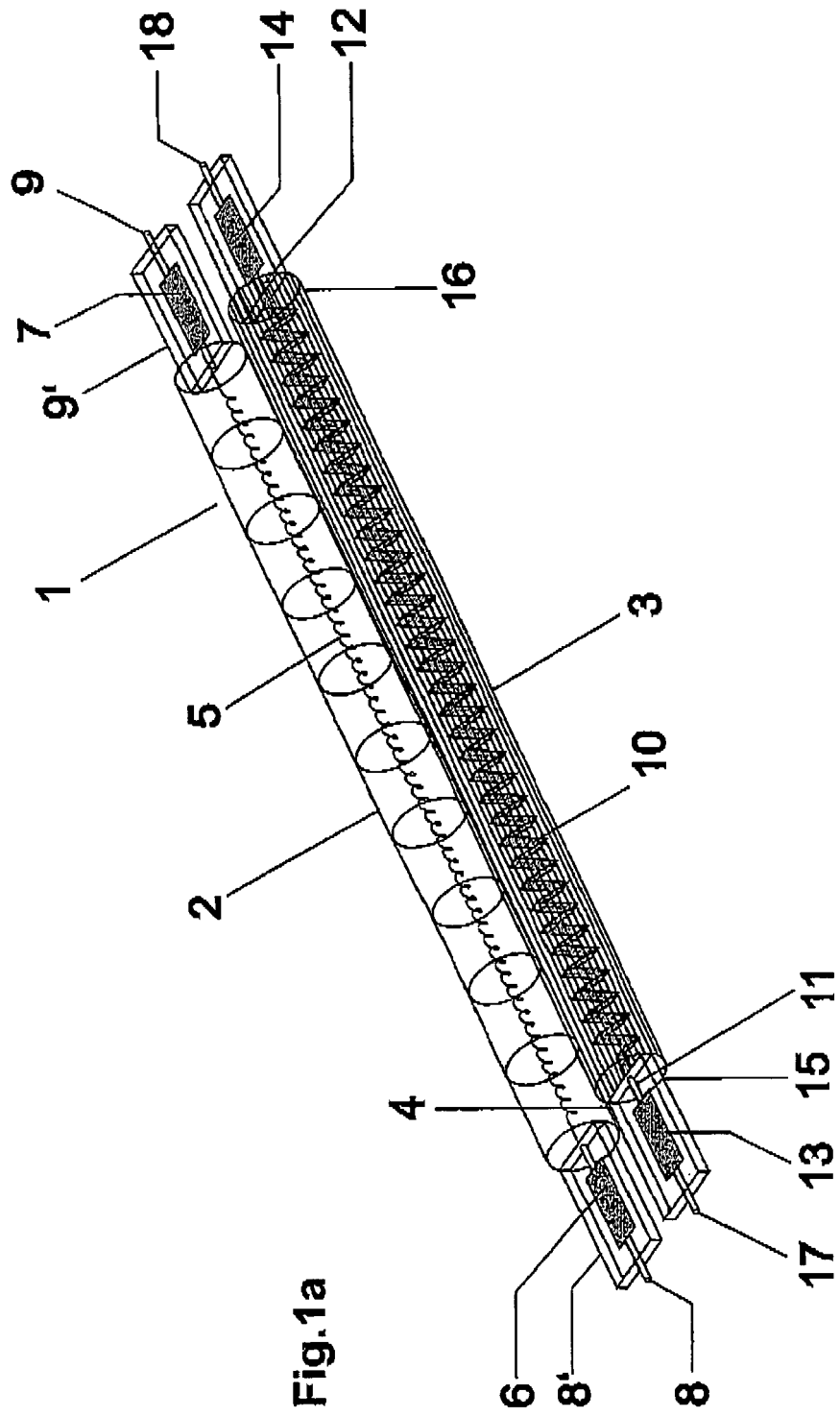


Fig.1a

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- GB 1544551 A [0002]
- EP 0428835 A2 [0004]
- US 5091632 A [0004] [0028]
- DE 19839457 A1 [0005]
- EP 0428835 A [0028]
- DE 4419285 C2 [0029]
- US 6567951 B [0029]