(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2013 205 526 B3** 2014.09.11

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 205 526.9**
(22) Anmeldetag: **27.03.2013**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **11.09.2014**

(51) Int Cl.: ***H01L 35/04*** (2006.01)
H01L 35/34 (2006.01)
H02N 11/00 (2006.01)
H01L 23/38 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE; Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:
Golkowsky, Stefan, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 10719 Berlin, DE

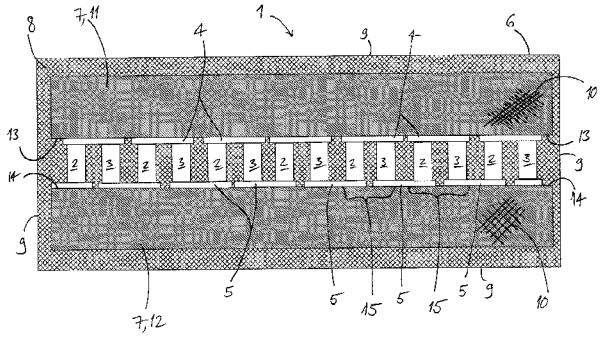
(72) Erfinder:
Zöllmer, Volker, Dr., 28357 Bremen, DE; Kun, Robert, Dr., 28211 Bremen, DE; Busse, Matthias, Prof.Dr., 28757 Bremen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**10 2006 055 120**	**A1**
US	**2011 / 0 252 774**	**A1**
WO	**99/ 04 439**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Thermoelektrisches System, Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Systems und Verwendung eines thermoelektrischen Systems**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein thermoelektrisches System (1) mit thermoelektrischen Elementen (2, 3), Leiterbahnen (4, 5), welche die thermoelektrischen Elemente (2, 3) elektrisch leitend verbinden, und einem Träger (6) für die thermoelektrischen Elemente (2, 3) und die Leiterbahnen (4, 5), wobei der Träger (6) eine Matrixkomponente (8) und eine in die Matrixkomponente (8) eingebettete Verstärkungskomponente (7) umfasst, wobei die Matrixkomponente (8) und die Verstärkungskomponente (7) im Träger (6) einen Verbundwerkstoff ausbilden, wobei die thermoelektrischen Elemente (2, 3) und die Leiterbahnen (4, 5) ebenfalls in die Matrixkomponente (8) des Trägers (6) eingebettet sind. Die Erfindung betrifft außerdem ein Herstellungsverfahren sowie eine Verwendung für ein solches System (1).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein thermoelektrisches System nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, ein Verfahren zumHerstellen eines thermoelektrischen Systems nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11 sowie eine Ver-wendung eines thermoelektrischen Systems. Ein derartiges thermoelektrisches System sowie dessen Herstellungsverfahren sind aus der WO 99/04439 A1 bekannt.

[0002] Thermoelektrische Systeme dienen dazu, thermoelektrische Effekte technisch nutzbar zu machen. Beispielsweise kann mittels eines thermoelektrischen Generators der Seebeck-Effekt ausgenutzt werden, um Wärmeenergie direkt, d. h. ohne den Umweg über mechanische Energie, in elektrische Energie umzuwandeln. Sogenannte Peltier-Elemente beruhen auf dem Peltier-Effekt und können zur Wärmeerzeugung oder zum Kühlen verwendet werden. Zu den bekannten thermoelektrischen Effekten gehört neben dem Seebeck-Effekt und dem Peltier-Effekt auch der Thomson-Effekt. Beispiele für thermoelektrische Systeme werden in WO 99/04439 A1, US 2011/0252774 A1 und in DE 10 2006 055 120 A1 beschrieben.

[0003] Als thermoelektrische Elemente werden im Folgenden allgemein Bauteile bezeichnet, die aus thermoelektrischen Materialien gefertigt sind oder diese zumindest beinhalten. Thermoelektrische Materialien, die eine besonders effiziente Ausnutzung thermoelektrischer Effekte erlauben, zeichnen sich im Allgemeinen durch einen hohen ZT-Wert aus. Hierbei handelt es sich um eine materialspezifische und temperaturabhängige Gütezahl, die als $ZT = S^2T\sigma/\kappa$ definiert ist, wobei S den Seebeck-Koeffizienten, σ die elektrische Leitfähigkeit, κ die Wärmeleitfähigkeit und T die Temperatur bezeichnet. Um die Effizienz thermoelektrischer Materialien zu steigern, werden sie häufig mittels lithographischer Verfahren strukturiert.

[0004] Als weiteren wichtigen Bestandteil beinhaltet ein thermoelektrisches System einen Träger, der dazu dient, die thermoelektrischen Elemente sowie Leiterbahnen, welche die thermoelektrischen Elemente miteinander verbinden, zu tragen bzw. zu fixieren. Die Anforderungen, die an den Träger gestellt werden, betreffen typischerweise seine mechanische Stabilität, seine Größe und/oder sein Gewicht und hängen von der speziellen Anwendung ab. In vielen Fällen werden ein möglichst geringes Gewicht, eine möglichst hohe Stabilität des Trägers bevorzugt.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein thermoelektrisches System vorzuschlagen, mit dem thermoelektrische Effekte, beispielsweise zur Erzeugung elektrischer Energie, zur Wärmeerzeugung oder zum Kühlen, möglichst gut ausgenutzt werden können. Außerdem soll ein Verfahren zur Herstellung sowie eine Verwendung eines solchen Systems vorgeschlagen werden.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein thermoelektrisches System gemäß dem Hauptanspruch, durch ein Herstellungsverfahren gemäß dem Nebenanspruch und durch eine Verwendung des vorgeschlagenen Systems gemäß Anspruch 16. Weiterentwicklungen und spezielle Ausführungsformen ergeben sich mit den weiteren abhängigen Ansprüchen.

[0007] Das vorgeschlagene thermoelektrische System umfasst demnach thermoelektrische Elemente, Leiterbahnen, welche die thermoelektrischen Elemente elektrisch leitend verbinden, und einen Träger für die thermoelektrischen Elemente und die Leiterbahnen.

[0008] Der Träger umfasst eine Verstärkungskomponente und eine Matrixkomponente oder besteht ausschließlich aus diesen beiden Komponenten bzw. ist aus diesen Komponenten aufgebaut. Die Verstärkungskomponente ist in die Matrixkomponente eingebettet. Hierunter soll verstanden werden, dass, sofern jeweils vorhanden, alle Zwischenräume und alle Hohlräume innerhalb der Verstärkungskomponente durch die Matrixkomponente möglichst vollständig ausgefüllt sind und dass die Verstärkungskomponente von der Matrixkomponente ringsum möglichst vollständig umschlossen ist. Es besteht ferner ein möglichst großflächiger direkter Berührungskontakt zwischen der Verstärkungskomponente und der Matrixkomponente. Die Verstärkungskomponente und die Matrixkomponente bilden auf diese Weise im Träger einen Verbundwerkstoff aus, wie beispielsweise einen Faserverbundwerkstoff.

[0009] Für das vorgeschlagene System ist entscheidend, dass die thermoelektrischen Elemente und die Leiterbahnen auf die gleiche Weise wie die Verstärkungskomponente in die Matrixkomponente des Trägers eingebettet sind. Typischerweise sind daher, sofern jeweils vorhanden, möglichst alle Zwischenräume und möglichst alle Hohlräume zwischen der Verstärkungskomponente und den thermoelektrischen Elemente, zwischen der Verstärkungskomponente und den Leiterbahnen sowie zwischen den thermoelektrischen Elementen und den Leiterbahnen durch die Matrixkomponente möglichst vollständig ausgefüllt. Neben der Verstärkungskomponente sind daher auch die thermoelektrischen Elemente und die Leiterbahnen von der Matrixkomponente ringsum möglichst vollständig umschlossen. Es besteht ferner ein möglichst großflächiger direkter Berührungskontakt zwischen der Matrixkomponente und den thermoelektrischen Elemente sowie zwischen der Matrixkomponente und den Leiterbahnen.

[0010] Es sollen also innerhalb des Trägers möglichst keine freien bzw. leeren Zwischenräume, Zwischenbereiche oder Hohlräume vorhanden sein, die nicht von der Matrixkomponente ausgefüllt sind. Möglicherweise dennoch vorhandene freien bzw. leere Zwischenräume und Hohlräume innerhalb des Trägers, d. h. innerhalb der Verstärkungskomponente oder zwischen der Verstärkungskomponente, den Leiterbahnen und den thermoelektrischen Elementen, nehmen zusammengenommen weniger als 1%, vorzugsweise weniger als 0,1% des Gesamtvolumens des Trägers oder des gesamten thermoelektrischen Systems ein. Das genannte Gesamtvolumen kann beispielsweise als das von den Außenflächen des Trägers eingeschlossene Volumen definiert werden.

[0011] Durch die Integration derthermoelektrischen Elemente und der Leiterbahnen in den Träger lassen sich zum einen sehr kompakte Systeme mit geringem Gesamtvolumen schaffen. Gleichzeitig ist es auf die vorgeschlagene Weise möglich, gewünschte Eigenschaften des Trägers, insbesondere die mechanischen Eigenschaften des Trägers und dessen Wärmeleitfähigkeit trotz der Integration der thermoelektrischen Elemente und der Leiterbahnen in den Träger weitgehend zu erhalten. Die Eigenschaften des Trägers werden durch die Eigenschaften der Verstärkungskomponente und der Matrixkomponente und deren Wechselwirkung miteinander bestimmt. Letztere wird durch die oben beschriebene Einbettung der Verstärkungskomponente in die Matrixkomponente geprägt.

[0012] Beispielsweise kann die Matrixkomponente ein Polymer sein oder ein Polymer beinhalten, beispielsweise ein Duroplast oder ein Thermoplast, wie etwa ein Kunstharz, z. B. Epoxidharz.

[0013] Wie oben bereits erwähnt wurde, bilden die Verstärkungskomponente und die Matrixkomponente im Träger einen Verbundwerkstoff aus. Der Träger besteht somit vollständig oder teilweise aus diesem Verbundwerkstoff. Der Verbundwerkstoff kann beispielsweise ein Faserverbundwerkstoff sein. In diesem Fall umfasst die Verstärkungskomponente Fasern oder besteht die Verstärkungskomponente aus Fasern. Die Fasern sind auf die beschriebene Weise in die Matrixkomponente, etwa gegeben durch ein Polymer wie z. B. Epoxidharz, eingebettet, wobei Zwischenräume wobei Zwischenräume zwischen den Fasern vorzugsweise möglichst vollständig von der Matrixkomponente ausgefüllt sind. Die Fasern können beispielsweise Kohlenstofffasern, Glasfasern und/oder Naturfasern sein. Faserverbundwerkstoffe zeichnen sich im Allgemeinen durch eine hohe mechanische Stabilität und ein nur geringes Gewicht aus und eignen sich somit insbesondere für Leichtbaukonstruktionen. Durch die vorgeschlagene Integration der thermoelektrischen Elemente und der Leiterbahnen in den Träger bleiben diese Eigenschaften weitestgehend oder sogar vollständig erhalten. Insbesondere bleiben die für die Leichtbaucharakteristik des Trägers entscheidende Merkmale weitgehend oder praktisch vollständig erhalten, wie z. B. sein Gesamtgewicht, seine Dichte und seine weiteren mechanische Eigenschaften, die den Leichtbauwerkstoff als solchen auszeichnen, wie insbesondere seine mechanische Stabilität und Tragfähigkeit. Der wesentliche Grund hierfür ist, dass die einzubringenden thermoelektrischen Materialien und Leiterbahnen nicht als störender (Fremd-)Körper, sondern homogen in das Trägermaterial eingebunden sind und damit integraler Bestandteil des Trägermaterials werden. Für eine möglichst effiziente Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie sind Träger mit einer möglichst geringen thermischen Leitfähigkeit besonders gut geeignet. Vorteilhafterweise entstehen aufgrund der hier vorgeschlagenen Integration der Leiterbahnen und thermoelektrischen Elementen praktisch keine Einschränkungen bezüglich der Auswahl der Materialien für die Matrixkomponente und für die Verstärkungskomponente, so dass beispielsweise zur Effizienzsteigerung bei der Energieumwandlung solche Materialien verwendet werden können, die eine nur geringe thermische Leitfähigkeit besitzen.

[0014] Es ist ferner vorgesehen, dass die Verstärkungskomponente eine oder mehrere Schichten innerhalb der Matrixkomponente ausbildet, dass also innerhalb der Matrixkomponente mindestens eine aus der Verstärkungskomponente gebildete Schicht enthalten ist. Hierbei kann es sich beispielsweise jeweils um ein Vlies, ein Gewebe, ein Gelege, eine Matte oder ein Geflecht handeln, beispielsweise um ein Kohlefaser-, Glasfaser- oder Naturfaservlies. Es sind auch hieraus gebildete Kombinationen möglich, die also ein(e) oder mehrere Vliese, Gewebe, Gelege, Matten und/oder Geflechte umfassen.

[0015] Die Leiterbahnen und/oder die thermoelektrischen Elemente können auf der Verstärkungskomponente bzw. auf mindestens einer Außenfläche der mindesten einen Schicht der Verstärkungskomponente angeordnet bzw. aufgebracht sein. Die Leiterbahnen und/oder die thermoelektrischen Elemente können jeweils als mindestens eine weitere Schicht oder auch als Schenkel ausgestaltet sein, wobei die genannte mindestens eine Schicht typischerweise parallel zu der Schicht bzw. der Außenfläche der Schicht verläuft und die Schenkel typischerweise senkrecht hierzu. Typischerweise sind die Leiterbahnen auf der Schicht der Verstärkungskomponente und die thermoelektrischen Elemente auf den Leiterbahnen angeordnet, beispielsweise in der Form der genannten Schenkel. Die mindestens eine weitere Schicht bzw. die Schenkel der thermoelektrische Elemente und/oder der Leiterbahnen kann/können jeweils eine Schichtdicke bzw. Schenkellänge in ei-

nem Bereich von etwa 1 µm bis etwa 50 µm aufweisen, typischerweise von weniger als 10 µm, um auf diese Weise ein kompaktes System zu erhalten und um außerdem die Eigenschaften des Trägers möglichst wenig zu beeinflussen. Die genannten Schichten der Verstärkungskomponente haben je nach Herstellungsverfahren des Verbundwerkstoffs typischerweise Dicken von einigen zehn Mikrometern, sind also typischerweise zwischen 10 µm und 100 µm dick. Vorteilhafterweise hat die hier vorgeschlagene Integration und Einbettung der Leiterbahnen und thermoelektrischen Elemente in den Träger die Auswahl der praktisch keinen Einfluss auf die maximale oder minimale Dicke der Schicht(en) der Verstärkungskomponente oder deren Anzahl, so dass mit ihr praktisch keine Einschränkungen hinsichtlich der Verstärkungskomponente oder der Matrixkomponente verbunden sind. Es ist vielmehr sogar möglich, dass durch die hier vorgeschlagene Integration und Einbettung der Leiterbahnen und thermoelektrischen Elemente in den Träger eine weitere zusätzlichen mechanischen Stabilisierung des Trägers erzielt wird, insbesondere wenn deren Gesamtdicke einen Wert von etwa 30 µm übersteigt.

[0016] Es ist möglich, dass die (mindestens eine weitere Schicht der) Leiterbahnen und/oder (die mindestens eine weitere Schicht der bzw. die Schenkel) thermoelektrischen Elemente auf die mindestens eine Außenfläche der mindestens einen Schicht der Verstärkungskomponente unter Anwendung eines oder mehrerer Dünnschichtverfahren aufgetragen worden ist. Beispielsweise kommen hierfür Druckverfahren, wie etwa Tintenstrahldrucken, Aerosol-Printing, Siebdrucken, Dispensen, Sputtern, in Frage wie auch chemischen Beschichtungsverfahren, wie etwa ein Sol-Gel-Prozesse und/oder Rotationsbeschichten, sowie Kombinationen dieser Verfahren.

[0017] Es ist beispielsweise möglich, dass die Leiterbahnen direkt auf die Außenfläche(n) (der Schicht (en)) der Verstärkungskomponente, also beispielsweise auf das Vlies etc., aufgetragen werden. Es ist aber auch möglich, dass zunächst eine Zwischenschicht oder Zwischenfolie auf die genannten Außenfläche(n) (der Schichte(n)) der Verstärkungskomponente aufgebracht oder aufgetragen werden. Diese Zwischenschicht(en) oder Zwischenfolie(n) kann/können elektrisch isolierend ausgestaltet sein bzw. aus einem elektrisch isolierenden Material bestehen, um elektrische Kurzschlüsse zwischen den Leiterbahnen (und den thermoelektrischen Elementen) zu verhindern. Dies kann insbesondere dann vorgesehen sein, falls das Material der Verstärkungskomponente elektrisch leitfähig ist. Diese beschriebenen Zwischenschichten können beispielsweise mittels eines Beschichtungsverfahrens, beispielsweise mittels eines oder mehrerer der hier genannten Dünnschichtverfahren oder mittels eines Plasmabeschichtungsverfahrens, hergestellt werden.

[0018] Als thermoelektrische Materialien für die thermoelektrischen Elemente kommen beispielsweise Metalle, Metalllegierungen, n-leitende oder p-leitende Halbleiter, Polymere und Polymerkomposite in Frage, beispielsweise Silizide und Oxide. Vorzugsweise weisen die thermoelektrischen Materialien einen möglichst hohen ZT-Wert auf. Die Leiterbahnen können beispielsweise aus Metall oder einer Metalllegierung gefertigt sein. Vorteilhafterweise lässt sich mittels der genannten Druckverfahren eine große Bandbreite verschiedener Materialien verarbeiten. Insbesondere können auf diese Weise die Leiterbahnen und/oder thermoelektrischen Elemente auch auf die genannten Schichten der Verstärkungskomponente aufgetragen werden. Dies ist selbst dann möglich, wenn diese nicht völlig glatte, sondern unebene Außenflächen aufweisen, wie dies typischerweise bei Fasern bzw. bei Vliesen, Geweben, Gelegen, Matten und/oder Geflechten von Fasern der Fall ist.

[0019] Beispielsweise ist es möglich, dass die Leiterbahnen und/oder die thermoelektrischen Elemente auf mindestens zwei einander zugewandten Außenflächen der mindestens einen Schicht der Verstärkungskomponente angeordnet sind, beispielsweise wenn zwei oder mehr Schichten der Verstärkungskomponente vorhanden sind und diese ggf. parallel zueinander angeordnet und/oder gestapelt sind. Es ist aber prinzipiell auch möglich, dass eine Schicht der Verstärkungskomponente gebogen, gerollt oder gefaltet ist, so dass Außenflächen dieser einen Schicht einander zugewandt sind. Die einander zugewandten Außenflächen sind durch bzw. über die auf ihnen angeordneten Leiterbahnen und/oder die thermoelektrischen Elemente miteinander verbinden. Die Leiterbahnen und/oder die thermoelektrischen Elemente verlaufen also ausgehend von einer Außenfläche bis zur nächsten, die ihr zugewandt ist.

[0020] Vorzugsweise sind auch möglichst alle Zwischenbereiche zwischen den einander zugewandten Außenflächen der Schichten mit der Matrixkomponente ausgefüllt, so dass Träger, wie bereits weiter oben beschrieben worden ist, möglichst keine freien bzw. leeren Zwischenräume, Zwischenbereiche oder Hohlräume vorhanden sein, die nicht von der Matrixkomponente ausgefüllt sind.

[0021] Es ist möglich, dass die thermoelektrischen Elemente durch die Leiterbahnen miteinander seriell oder parallel verbunden bzw. verschaltet sind. Insbesondere ist es möglich, dass die thermoelektrischen Elemente über die Leiterbahnen zu thermoelektrischen Generatoren zur Energieerzeugung oder zu Peltier-Elementen zur Wärmeerzeugung oder zum Kühlen verbunden sind.

[0022] Der prinzipielle Aufbau von thermoelektrischen Generatoren und Peltier-Elementen ist allgemein bekannt. Ein thermoelektrischer Generator

(Peltier-Elemente haben typischerweise einen entsprechenden Aufbau) umfasst in der Regel zwei im wesentlichen parallel zueinander ausgerichtete Schenkel, wobei jeder Schenkel durch genau eines der thermoelektrischen Elemente des vorgeschlagenen Systems gebildet wird. Die thermoelektrischen Elemente bestehen typischerweise aus thermoelektrischen Materialien mit möglichst unterschiedlicher Thermokraft und möglichst hohem ZT-Wert. Typischerweise ist das eine Element ein p-leitender Halbleiter und das andere Element ein n-leitender Halbleiter. Zwei auf einer ersten Seite des thermoelektrischen Generators angeordnete Enden der thermoelektrischen Elemente sind über eine der Leiterbahnen des Systems direkt miteinander verbunden. Jedes der beiden anderen Enden der thermoelektrischen Elemente auf der anderen Seite des thermoelektrischen Generators ist jeweils über eine weitere Leiterbahn mit einem Ende eines Schenkels jeweils eines weiteren thermoelektrischen Generators verbunden. Auf diese Weise können die thermoelektrischen Generatoren, wie auch die Peltier-Elemente, ihrerseits seriell oder parallel miteinander verbunden sein. Es ist auch möglich, je nach den gegebenen Anforderung (beispielsweise an die bereitgestellte elektrische Stromstärke, Spannung und/oder elektrische Leistung oder an die Kühl- bzw. Wärmeleistung), dass die thermoelektrischen Generatoren oder Peltier-Elemente gruppenweise seriell (oder parallel) verbunden sind und diese Gruppen miteinander parallel (oder seriell) verbunden sind.

[0023] Das thermoelektrische System kann ferner einen oder mehrere Energieverbraucher umfassen, wobei die thermoelektrischen Generatoren mit dem mindestens einen Energieverbraucher verbunden sein können, um den Energieverbraucher mit elektrischer Energie zu versorgen. Darüberhinaus ist es möglich, dass auch der mindestens eine Energieverbraucher auf die oben beschriebene Art und Weise in die Matrixkomponente des Trägers eingebettet ist. Der mindestens eine Energieverbraucher kann aber auch außerhalb des Trägers angeordnet sein. Der mindestens eine Energieverbraucher kann beispielsweise ein Aktor oder ein Sensor sein, beispielsweise ein Sensor zur Messung einer Temperatur, einer (Umgebungs-)Feuchtigkeit, eines (Umgebungs-)-Drucks, einer Gaskonzentration oder zur Detektion eines Gases. Der Sensor kann entsprechend zur (Temperatur-)Überwachung eines Energiespeichers oder eines anderen Systems eingerichtet sein. Es ist ferner möglich, dass der Sensor zur Erfassung einer (beispielsweise mechanischen) Belastung des Trägers oder einer Delamination des Trägers ausgestaltet sein. Eine (mechanische) Belastung oder Delamination des Trägers kann beispielsweise kann beispielsweise anhand einer durch sie ausgelösten Änderung elektrischer Eigenschaften, wie beispielsweise der elektrischen Leitfähigkeit, der Leiterbahnen und/oder der thermoelektrischen Elemente detektiert und/oder gemessen werden.

[0024] Bei dem hier vorgeschlagenen Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Systems, insbesondere zum Herstellen des hier vorgeschlagenen thermoelektrischen Systems, werden thermoelektrische Elemente mit Leiterbahnen elektrisch leitend verbunden. Unter Verwendung einer Verstärkungskomponente und einer Matrixkomponente wird ferner ein Träger für die thermoelektrischen Elemente und die Leiterbahnen hergestellt, wobei die Verstärkungskomponente in die Matrixkomponente eingebettet wird, so dass die Verstärkungskomponente und die Matrixkomponente einen Verbundwerkstoff ausbilden. Für die thermoelektrischen Komponenten, die Leiterbahnen, die Verstärkungskomponente und die Matrixkomponente können jeweils die oben beschriebenen Materialien bzw. Ausführungsformen verwendet werden.

[0025] Auch für das Verfahren ist es entscheidend, dass die thermoelektrischen Elemente und Leiterbahnen ebenfalls in die Matrixkomponente des Trägers eingebettet werden. Dies kann vorteilhafterweise während des Einbettens der Verstärkungskomponente des Trägers in die Matrixkomponente des Trägers geschehen.

[0026] Alle bereits im Zusammenhang mit dem vorgeschlagenen System beschriebenen Merkmale und erzielbaren Vorteile können entsprechend auch auf das Verfahren übertragen werden. Insbesondere kann dass Verfahren so weiterentwickelt bzw. ausgeführt werden, dass eine jede der hier beschriebenen Ausführungsformen des Systems erzeugt wird.

[0027] Beispielsweise können die thermoelektrischen Elemente und/oder die Leiterbahnen unter Anwendung eines oder mehrerer Dünnschichtverfahren auf die mindestens eine Außenfläche der Verstärkungskomponente aufgetragen werden. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine Verstärkungskomponente in Form einer oder mehrerer Schichten bereitgestellt wird, wie oben beschrieben.

[0028] Das mindestens eine Dünnschichtverfahren kann ein oder mehrere Druckverfahren umfassen, wie beispielsweise Tintenstrahldrucken, Aerosol-Printing, Siebdrucken, Dispensen, Sputtern, und/oder ein oder mehrere chemische Beschichtungsverfahren, wie etwa einen Sol-Gel-Prozess und/oder Rotationsbeschichten, sowie Kombinationen solcher Verfahren.

[0029] Die Verstärkungskomponente, die thermoelektrischen Elementen und die Leiterbahnen werden in einem Formwerkzeug angeordnet. Typischerweise geschieht dies jedoch, nachdem die thermoelek-

trischen Elemente und die Leiterbahnen auf mindestens einer Außenfläche der Verstärkungskomponente angeordnet bzw. aufgetragen worden sind. Die Anordnung erfolgt nach Maßgabe der gewünschten Verbindung und Verschaltung der thermoelektrischen Elemente und der Leiterbahnen, beispielsweise zu, ggf. untereinander parallel bzw. seriell verschalteten, thermoelektrischen Generatoren oder Peltier-Elementen.

[0030] Außerdem kann vorgesehen sein, dass, falls die Verstärkungskomponente in Form von zwei oder mehr Schichten bereitgestellt wird, diese parallel zueinander angeordnet und/oder übereinander gestapelt werden. Hierbei werden die Außenflächen der Schichten so zueinander ausgerichtet, dass die auf ihnen angeordneten thermoelektrischen Elemente und Leiterbahnen auf die gewünschte Weise miteinander verbunden und verschaltet werden. Dies kann ebenfalls bereits vor der Anordnung der Verstärkungskomponente, der thermoelektrischen Elementen und der Leiterbahnen in dem Formwerkzeug oder im Zuge dieser Anordnung erfolgen.

[0031] Anschließend wird, ggf. nach einem Verschließen des Formwerkzeugs, die Matrixkomponente, in einem gasförmigen oder flüssigen Zustand in das Formwerkzeug, bzw. in einen Hohlraum oder eine Kavität des Formwerkzeugs, eingeströmt, so dass Zwischenräume innerhalb der Verstärkungskomponente sowie zwischen der Verstärkungskomponente, den thermoelektrischen Elementen und den Leiterbahnen möglichst vollständig ausgefüllt werden, wie im Zusammenhang mit dem System bereits beschrieben worden ist. Anschließend verfestigt die Matrixkomponente, beispielsweise während eines Abkühlungsvorgangs, durch Aushärten und/oder durch Verdunsten bzw. Verdampfen eines Lösungsmittels.

[0032] Bei der beschriebenen Herstellung des Trägers kann beispielsweise ein Infiltrationsverfahren oder ein Injektionsverfahren zur Anwendung kommen. Das Formwerkzeug kann vor dem Einströmen der Matrixkomponente druckdicht oder gasdicht verschlossen werden. Beispielsweise kann es sich bei dem Formwerkzeug um eine Autoklave handeln. Es kann vorgesehen sein, dass die Matrixkomponente mit einem Druck von 2 bis 10 bar und/oder unter Anlegen eines Vakuums in dem Formwerkzeug in das Formwerkzeug, bzw. in die Kavität oder den Hohlraum des Formwerkzeugs, einströmt. Es ist ferner möglich, dass die Matrixkomponente vor dem Einströmen erwärmt oder in einem Lösungsmittel gelöst wird, um in eine strömbare Form (wie gasförmig oder flüssig) überführt zu werden.

[0033] Bei der hier vorgeschlagenen Verwendung des beschriebenen thermoelektrischen Systems wird das System als eine Leichtbaustruktur, als eine Wandung, als eine Außenwandung, als ein Bauteil oder als eine Komponente eines Bauwerks, eines Fahrzeugs, wie etwa ein Karosserieteil, einer Luft- oder Raumfahrtstruktur, beispielsweise eines Luft- oder Raumfahrzeugs, verwendet.

[0034] Im Folgenden werden spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der in **Fig.** 1 bis **Fig.** 4 gezeigten schematischen Darstellungen näher erläutert. Es zeigt:

[0035] **Fig.** 1 ein thermoelektrisches System hier vorgeschlagener Art,

[0036] **Fig.** 2 zwei Schichten einer Strukturkomponente eines thermoelektrischen Systems hier vorgeschlagener Art mit Leiterbahnen,

[0037] **Fig.** 3 zwei Schichten einer Strukturkomponente eines thermoelektrischen Systems hier vorgeschlagener Art mit Leiterbahnen und thermoelektrischen Elementen, und

[0038] **Fig.** 4 das in **Fig.** 1 gezeigte thermoelektrische System ohne Matrixkomponente.

[0039] In den Figuren wiederkehrende Bezugszeichen bezeichnen gleiche oder entsprechende Merkmale. Die gezeigten Darstellungen sind lediglich schematisch und nicht maßstabstreu.

[0040] **Fig.** 1 zeigt eine spezielle Ausführungsform eines thermoelektrischen Systems **1** hier vorgeschlagener Art, welches beispielsweise durch eine spezielle Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Verfahrens hergestellt werden kann.

[0041] Das System **1** umfasst thermoelektrische Elemente **2**, **3**, Leiterbahnen **4**, **5**, welche die thermoelektrischen Elemente **2**, **3** elektrisch leitend verbinden, und einen Träger **6** für die thermoelektrischen Elemente **2**, **3** und die Leiterbahnen **4**, **5**. Der Träger **6** umfasst eine Verstärkungskomponente **7** und eine Matrixkomponente **8** und kann prinzipiell ausschließlich aus diesen beiden Komponenten **7**, **8** bestehen bzw. aufgebaut sein. Die Verstärkungskomponente **7** ist in die Matrixkomponente **8** eingebettet ist, so dass möglichst alle Zwischenräume und möglichst alle Hohlräume innerhalb der Verstärkungskomponente durch die Matrixkomponente möglichst vollständig ausgefüllt sind und dass die Verstärkungskomponente **7** von der Matrixkomponente **8** ringsum möglichst vollständig umschlossen ist. Es besteht ferner ein möglichst großflächiger direkter Berührungskontakt zwischen der Verstärkungskomponente **7** und der Matrixkomponente **8**. Die Verstärkungskomponente **7** und die Matrixkomponente **8** bilden auf diese Weise im Träger **6** einen Verbundwerkstoff aus.

[0042] Die thermoelektrischen Elemente **2**, **3** und die Leiterbahnen **4**, **5** sind auf die gleiche Weise wie die

Verstärkungskomponente **7** in die Matrixkomponente **8** des Trägers **6** eingebettet, so dass möglichst alle Zwischenräume und möglichst alle Hohlräume zwischen der Verstärkungskomponente **7** und den thermoelektrischen Elemente **2**, **3**, zwischen der Verstärkungskomponente **7** und den Leiterbahnen **4**, **5** sowie zwischen den thermoelektrischen Elemente **2**, **3** und den Leiterbahnen **4**, **5** durch die Matrixkomponente **8** möglichst vollständig ausgefüllt sind. Neben der Verstärkungskomponente **7** sind daher auch die thermoelektrischen Elemente **2**, **3** und die Leiterbahnen **4**, **5** von der Matrixkomponente **8** ringsum möglichst vollständig umschlossen. Es besteht ferner ein möglichst großflächiger direkter Berührungskontakt zwischen der Matrixkomponente **8** und den thermoelektrischen Elemente **2**, **3** sowie zwischen der Matrixkomponente **8** und den Leiterbahnen **4**, **5**.

[0043] Es sind somit innerhalb des Trägers **6** möglichst keine freien bzw. leeren Zwischenräume, Zwischenbereiche oder Hohlräume vorhanden, die nicht von der Matrixkomponente **8** ausgefüllt sind. Möglicherweise dennoch vorhandene freien bzw. leere Zwischenräume und Hohlräume innerhalb des Trägers **6**, d. h. innerhalb der Verstärkungskomponente **7** oder zwischen der Verstärkungskomponente **7**, den Leiterbahnen **4**, **5** und den thermoelektrischen Elementen **2**, **3**, nehmen zusammengenommen weniger als 1%, vorzugsweise weniger als 0,1% des Gesamtvolumens des Trägers **6** oder des gesamten thermoelektrischen Systems **1** ein. Das genannte Gesamtvolumen kann beispielsweise als das von den Außenflächen **9** des Trägers eingeschlossene Volumen definiert werden.

[0044] In dem gezeigten Beispiel ist die Matrixkomponente **8** ein Polymer oder beinhaltet zumindest ein Polymer, beispielsweise ein Duroplast oder ein Thermoplast, wie etwa ein Kunstharz, z. B. Epoxidharz. Die Verstärkungskomponente **7** ist in diesem Beispiel aus Fasern **10** gebildet (in der **Fig.** 1 nur ausschnittsweise und schematisch dargestellt) oder besteht aus Fasern, wobei die Fasern **10** in die Matrixkomponente **8** so eingebettet sind, dass Zwischenräume zischen den Fasern **10** vorzugsweise möglichst vollständig von der Matrixkomponente **10** ausgefüllt sind. Die Fasern **10** sind in dem gezeigten Beispiel Naturfasern, könnten aber beispielsweise auch Kohlenstofffasern oder Glasfasern sein. Durch die vorgeschlagene Integration der thermoelektrischen Elemente und der Leiterbahnen in den Träger **6** bleiben die Eigenschaften des Verbundwerkstoffs, wie seine mechanische Stabilität und das sein relativ geringes Gewicht, weitestgehend erhalten.

[0045] Die Verstärkungskomponente **7** bildet innerhalb der Matrixkomponente **8** zwei Schichten **11**, **12** aus, vorzugsweise jeweils zwischen 10 µm und 100 µm dick, beispielsweise jeweils etwa 50 µm dick. Es könnten prinzipiell aber auch mehr oder weniger derartiger Schichten vorgesehen sein. Bei den Schichten **11**, **12** handelt es sich in diesem Beispiel jeweils um ein Vlies, es könnten sich hei den Schichten **11**, **12** aber beispielsweise auch um Gewebe, Gelege, Matten oder Geflechte handeln. Es sind auch hieraus gebildete Kombinationen möglich, die also ein oder mehrere Vliese, Gewebe, Gelege, Matten und/oder Geflechte umfassen.

[0046] Die Leiterbahnen **4**, **5** sind auf einander zugewandten Außenflächen **13**, **14** der beiden Schichten **11**, **12** der Verstärkungskomponente **7** angeordnet und sind als weitere Schichten mit eines Schichtdicke von etwa 1 µm ausgestaltet. In anderen Ausführungsbeispielen, in denen das Material der Verstärkungskomponente **7** elektrisch leitfähig ist, kann zur Vermeidung von elektrischen Kurzschlüssen zwischen den Leiterbahnen **4** und der Außenflächen **13** bzw. zwischen den Leiterbahnen **5** und der Außenflächen **14** eine elektrisch isolierende Zwischenschicht oder Zwischenfolie vorgesehen sein (hier nicht dargestellt), die auf die Außenflächen **13** bzw. **14** beispielsweise aufgebracht oder mittels eines der hier genannten Dünnschichtverfahren oder mittels eines Plasmabeschichtungsverfahrens aufgetragen worden ist.

[0047] Die thermoelektrischen Elemente **2**, **3** sind als Schenkel mit einer Länge von etwa 10 µm ausgestaltet. Die mit **2** bezeichneten thermoelektrischen Elemente sind in diesem Beispiel aus einem durch einen n-leitenden Halbleiter gegebenen thermoelektrischen Material und die mit **3** bezeichneten thermoelektrischen Elemente sind in diesem Beispiel aus einem durch einen p-leitenden Halbleiter gegebenen thermoelektrischen Material gefertigt. Allgemein kommen für die Elemente **2**, **3** Metalle, Metalllegierungen, n-leitende oder p-leitende Halbleiter, Polymere und Polymerkomposite als thermoelektrische Materialien in Frage, beispielsweise Silizide und Oxide. Vorzugsweise weisen die thermoelektrischen Materialien einen möglichst hohen ZT-Wert auf und eine möglichst verschieden große Thermokraft. Die Leiterbahnen können beispielsweise aus Metall oder einer Metalllegierung gefertigt sein.

[0048] Im gezeigten Beispiel sind die thermoelektrischen Elemente **2**, **3** durch die Leiterbahnen **4**, **5** zu thermoelektrischen Generatoren **15** miteinander verbunden, sie könnten aber prinzipiell auch zu anderen thermoelektrischen Einheiten verbunden sein, wie etwa zu Peltier-Elementen. Jeder der thermoelektrischen Generatoren **15** umfasst zwei der schenkelförmigen thermoelektrischen Elemente **2**, **3**. Zwei auf einer ersten, der Schicht **11** zugewandten Seite des thermoelektrischen Generators **15** angeordnete Enden der thermoelektrischen Elemente **2**, **3** sind über eine der Leiterbahnen **4** des Systems **1** direkt miteinander verbunden. Jedes der beiden anderen Enden der thermoelektrischen Elemente **2**, **3** auf der anderen, der Schicht **12** zugewandten Seite des thermo-

elektrischen Generators **15** ist jeweils über eine weitere Leiterbahn **5** mit einem Ende eines Schenkels **2**, **3** jeweils eines weiteren thermoelektrischen Generators **15** verbunden. Auf diese Weise sind die thermoelektrischen Generatoren **15** in Gruppen seriell miteinander verbunden. Diese Gruppen können wieder seriell oder parallel miteinander verbunden werden, je nach der gegebenen Anforderung an die mit den Generatoren **15** erzeugte elektrische Stromstärke, Spannung oder elektrische Leistung.

[0049] Im Folgenden wird eine spezielle Ausführungsform des hier vorgeschlagenen Verfahrens beschrieben, das insbesondere zum Herstellen des in **Fig.** 1 gezeigten Systems **1** verwendet werden kann. In einem ersten Schritt des Verfahrens werden die Schichten **11**, **12** der Verstärkungskomponente **7** bereitgestellt, bei denen es sich in diesem speziellen Beispiel um Vliese aus Naturfasern handelt. Auf die Außenfläche **13** der Schicht **11** werden, wie in **Fig.** 2 und **Fig.** 3 schematisch dargestellt ist, die Leiterbahnen **4** und anschließend auf diese Leiterbahnen **4** die thermoelektrischen Elemente **2** aufgebracht. Auf die Außenfläche **14** der anderen Schicht **12** werden die anderen Leiterbahnen **5** und auf diese Leiterbahnen **5** anschließend die anderen thermoelektrischen Elemente **3** aufgebracht, siehe **Fig.** 2 und **Fig.** 3. Beispielsweise können die Leiterbahnen **4**, **5** auf die Außenflächen **13** und **14** unter Anwendung eines oder mehrere Dünnschichtverfahren aufgetragen werden. Das mindestens eine Dünnschichtverfahren kann ein oder mehrere Druckverfahren umfassen, wie beispielsweise Tintenstrahldrucken, Aerosol-Printing, Siebdrucken, Dispensen, Sputtern, und/oder ein oder mehrere chemische Beschichtungsverfahren, wie etwa einen Sol-Gel-Prozess und/oder Rotationsbeschichten, sowie Kombinationen solcher Verfahren. Die thermoelektrischen Elemente **2**, **3** können anschließend beispielsweise ebenfalls unter Anwendung der genannten Verfahren auf die Leiterbahnen **4**, **5** aufgebracht werden. Die Anordnung der Leiterbahnen **4**, **5** und der thermoelektrischen Elemente **2**, **3** erfolgt nach Maßgabe der gewünschten Verbindung und Verschaltung der thermoelektrischen Elemente **2**, **3** und der Leiterbahnen **4**, **5**, wie oben beschrieben.

[0050] Wie in **Fig.** 4 schematisch dargestellt ist, werden anschließend die Schichten **11**, **12** übereinander gestapelt und die Außenflächen **13**, **14** dabei so zueinander ausgerichtet, dass die auf ihnen angeordneten thermoelektrischen Elemente **2**, **3** und die Leiterbahnen **4**, **5** auf die gewünschte Weise miteinander verbunden und verschaltet werden.

[0051] In einem nachfolgenden Schritt werden die auf diese Weise übereinandergelegten Schichten **11**, **12** in einem Formwerkzeug (nicht dargestellt), beispielsweise in einer Autoklave, angeordnet. Nach einem Verschließen dieses Formwerkzeugs wird die Matrixkomponente **8** in einem gasförmigen oder flüssigen Zustand in die Autoklave eingeströmt, so dass möglichst alle Zwischenräume und Hohlräume innerhalb der Verstärkungskomponente sowie zwischen der Verstärkungskomponente, den thermoelektrischen Elementen und den Leiterbahnen möglichst vollständig mit der Matrixkomponente ausgefüllt werden. Auf diese Weise werden die thermoelektrischen Elemente **2**, **3**, die Leiterbahnen **4**, **5** und die Verstärkungskomponente **7** in die Matrixkomponente **8** eingebettet und bildet sich ferner aus der Verstärkungskomponente **7** und der Matrixkomponente ein Verbundwerkstoff aus. Anschließend verfestigt die Matrixkomponente **8**, beispielsweise während eines Abkühlungsvorgangs, durch Aushärten und/oder durch Verdunsten bzw. Verdampfen eines Lösungsmittels, so dass der Träger **6** fertig gestellt wird.

[0052] Bei der beschriebenen Herstellung des Trägers **6** kann beispielsweise ein Infiltrationsverfahren oder ein Injektionsverfahren zur Anwendung kommen. Das Formwerkzeug kann vor dem Einströmen der Matrixkomponente druckdicht oder gasdicht verschlossen werden. Es kann vorgesehen sein, dass die Matrixkomponente mit einem Druck von 2 bis 10 bar und/oder unter Anlegen eines Vakuums in dem Formwerkzeug in das Formwerkzeug, bzw. in die Kavität oder den Hohlraum des Formwerkzeugs, einströmt. Es ist ferner möglich, dass die Matrixkomponente vor dem Einströmen erwärmt oder in einem Lösungsmittel gelöst wird, um in eine strömbare Form (wie gasförmig oder flüssig) überführt zu werden.

[0053] Das thermoelektrische System **1** kann einen oder mehrere Energieverbraucher (hier nicht dargestellt) umfassen, wobei die thermoelektrischen Generatoren **15** mit dem mindestens einen Energieverbraucher verbunden sein können, beispielsweise mittels elektrischer Leiter **16**, **17** (der Übersichtlichkeit halber nur in **Fig.** 4 gezeigt), um den Energieverbraucher mit elektrischer Energie zu versorgen. Prinzipiell ist es möglich, dass der Energieverbraucher außerhalb des Trägers **6** angeordnet ist, er kann aber auch auf die oben beschriebene Art und Weise ebenfalls in die Matrixkomponente **8** des Trägers **6** eingebettet sein. Der mindestens eine Energieverbraucher kann beispielsweise ein Aktor oder ein Sensor sein, beispielsweise eine Sensor zur (Temperatur-)Überwachung eines Energiespeichers oder eines anderen Systems oder ein Sensor zur Erfassung einer (beispielsweise mechanischen) Belastung des Trägers oder einer Delamination des Trägers.

[0054] Das in **Fig.** 1 gezeigte System kann beispielsweise als eine Leichtbaustruktur verwendet werden, beispielsweise als eine Wandung oder eine Außenwandung, als ein Bauteil oder als eine Komponente eines Bauwerks, eines Fahrzeugs, wie etwa ein Karosserieteil, einer Luft- oder Raumfahrtstruktur, beispielsweise eines Luft- oder Raumfahrzeugs.

Bezugszeichenliste

1	Thermoelektrisches System
2	Thermoelektrisches Element
3	Thermoelektrisches Element
4	Leiterbahn
5	Leiterbahn
6	Träger
7	Verstärkungskomponente
8	Matrixkomponente
9	Außenfläche des Trägers
10	Fasern
11	Schicht der Verstärkungskomponente
12	Schicht der Verstärkungskomponente
13	Außenfläche der Schicht der Verstärkungskomponente
14	Außenfläche der Schicht der Verstärkungskomponente
15	Thermoelektrischer Generator
16	Leiter
17	Leiter

Patentansprüche

1. Thermoelektrisches System (**1**) mit thermoelektrischen Elementen (**2**, **3**), Leiterbahnen (**4**, **5**), welche die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) elektrisch leitend verbinden, und einem Träger (**6**) für die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) und die Leiterbahnen (**4**, **5**), wobei der Träger (**6**) eine Matrixkomponente (**8**) und eine in die Matrixkomponente (**8**) eingebettete Verstärkungskomponente (**7**) umfasst, wobei die Matrixkomponente (**8**) und die Verstärkungskomponente (**7**) im Träger (**6**) einen Verbundwerkstoff ausbilden, wobei die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) und die Leiterbahnen (**4**, **5**) ebenfalls in die Matrixkomponente (**8**) des Trägers (**6**) eingebettet sind, **dadurch gekennzeichnet,** dass innerhalb der Matrixkomponente (**8**) des Trägers (**6**) mindestens eine aus der Verstärkungskomponente (**7**) gebildete Schicht (**11**, **12**) angeordnet ist.

2. Thermoelektrisches System (**1**) aus Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Verstärkungskomponente (**7**) Fasern (**10**) umfasst, die in die Matrixkomponente (**8**) eingebettet sind, wie etwa Kohlenstofffasern, Glasfasern und/oder Naturfasern.

3. Thermoelektrisches System (**1**) aus einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Matrixkomponente (**8**) ein Polymer ist oder ein Polymer beinhaltet, vorzugsweise ein Duroplast oder ein Thermoplast.

4. Thermoelektrisches System (**1**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mindestens eine Schicht (**11**, **12**) ein Vlies, eine Gewebe, ein Gelege, eine Matte oder ein Geflecht ist.

5. Thermoelektrisches System (**1**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Leiterbahnen (**4**, **5**) und/oder die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) auf der mindestens einer Außenfläche der mindesten einen Schicht (**11**, **12**) angeordnet und als mindestens eine weitere Schicht oder als Schenkel ausgestaltet sind.

6. Thermoelektrisches System (**1**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mindestens eine weitere Schicht oder die Schenkel der thermoelektrische Elemente (**2**, **3**) und/oder der Leiterbahnen (**4**, **5**) eine Schichtdicke oder Schenkellänge von weniger als 50 µm, vorzugsweise weniger als 10 µm, aufweisen.

7. Thermoelektrisches System (**1**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Leiterbahnen (**4**, **5**) und/oder die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) auf die mindestens eine Schicht (**11**, **12**) der Strukturkomponente (**7**) mittels eines Dünnschichtverfahrens aufgetragen werden, vorzugsweise mittels eines Druckverfahrens, wie etwa Tintenstrahldrucken, Aerosol-Printing, Siebdrucken, Dispensen, Sputtern, oder mittels eines chemischen Beschichtungsverfahrens, wie etwa ein Sol-Gel-Prozesse und/oder Rotationsbeschichten.

8. Thermoelektrisches System (**1**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Leiterbahnen (**4**, **5**) und/oder die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) auf mindestens zwei einander zugewandten Außenflächen (**13**, **14**) der mindestens einen Schicht (**11**, **12**) angeordnet sind und jeweils die einander zugewandten Außenflächen (**13**, **14**) miteinander verbinden.

9. Thermoelektrisches System (**1**) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass Zwischenbereiche zwischen den einander zugewandten Außenflächen (**13**, **14**) der mindestens einen Schicht (**11**, **12**) mit der Matrixkomponente (**8**) ausgefüllt sind.

10. Thermoelektrisches System (**1**) aus einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) über die Leiterbahnen (**4**, **5**) zu thermoelektrischen Generatoren oder zu Peltier-Elementen verbunden sind.

11. Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Systems (**1**), insbesondere zum Herstellen eines thermoelektrischen Systems (**1**) nach einem der vorangehenden Ansprüchen, bei dem thermoelektrische Elemente (**2**, **3**) mit Leiterbahnen (**4**, **5**) elektrisch leitend verbunden werden, wobei unter Verwendung einer Verstärkungskomponente (**7**) und einer Matrixkomponente (**8**) ein Träger (**6**) für die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) und die Leiterbahnen (**4**, **5**) hergestellt wird, wobei die Verstärkungskom-

ponente (**7**) in die Matrixkomponente (**8**) eingebettet wird, wobei die Verstärkungskomponente (**7**) und die Matrixkomponente (**8**) einen Verbundwerkstoff ausbilden, wobei die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) und Leiterbahnen (**4**, **5**) ebenfalls in die Matrixkomponente (**8**) des Trägers (**6**) eingebettet werden, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Verstärkungskomponente (**7**), die thermoelektrischen Elementen (**2**, **3**) und die Leiterbahnen (**4**, **5**) in einem Formwerkzeug angeordnet werden, wobei anschließend die Matrixkomponente (**8**) in einem gasförmigen oder flüssigen Zustand in das Formwerkzeug einströmt und dabei Zwischenräume innerhalb der Verstärkungskomponente (**7**) sowie zwischen der Verstärkungskomponente (**7**), den thermoelektrischen Elementen (**2**, **3**) und den Leiterbahnen (**4**, **5**) ausfüllt, wobei die Matrixkomponente (**8**) anschließend verfestigt.

12. Verfahren aus Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass die thermoelektrischen Elemente (**2**, **3**) und/oder die Leiterbahnen (**4**, **5**) unter Anwendung mindestens eines Dünnschichtverfahrens auf mindestens einer Außenfläche (**13**, **14**) der Verstärkungskomponente (**7**) aufgetragen werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass das mindestens eine Dünnschichtverfahren mindestens ein Druckverfahren umfasst, beispielsweise Tintenstrahldrucken, Aerosol-Printing, Siebdrucken, Dispensen und/oder Sputtern, oder ein chemisches Beschichtungsverfahren, beispielsweise ein Sol-Gel-Prozess und/oder Rotationsbeschichten.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Träger (**6**) unter Anwendung eines Infiltrationsverfahrens oder eines Injektionsverfahrens hergestellt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Formwerkzeug vor dem Einströmen der Matrixkomponente (**8**) druckdicht oder gasdicht verschlossen wird.

16. Verwendung eines thermoelektrischen Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass das System (**1**) als ein Bauteil oder als eine Komponente eines Bauwerks, eines Fahrzeugs oder einer Luft- oder Raumfahrtstruktur, beispielsweise eines Luft- oder Raumfahrzeugs, verwendet wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

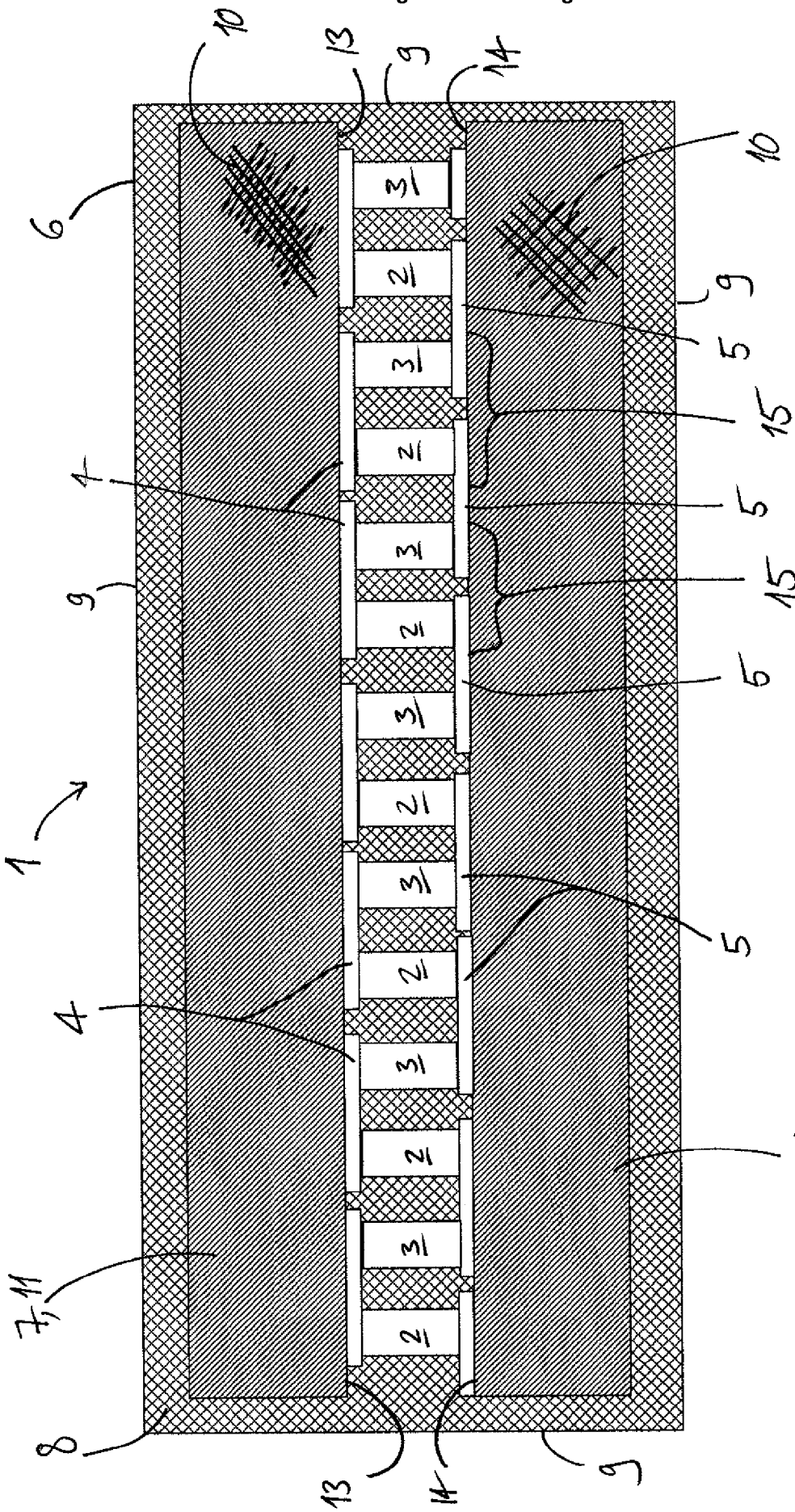


Fig. 1

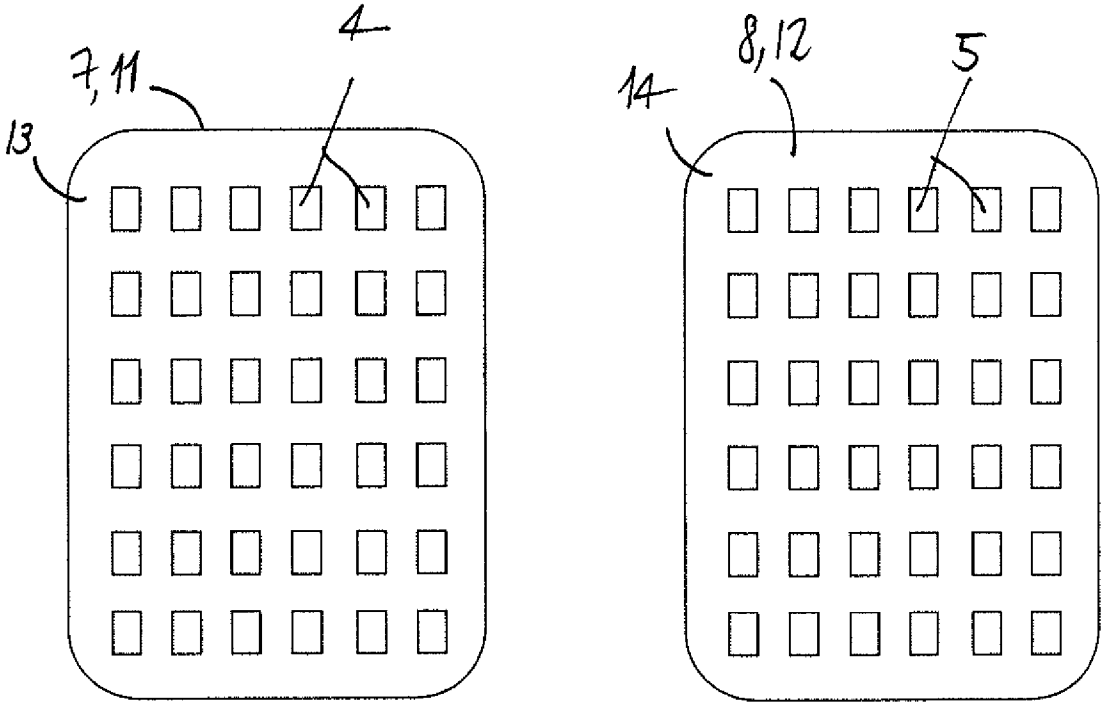


Fig. 2

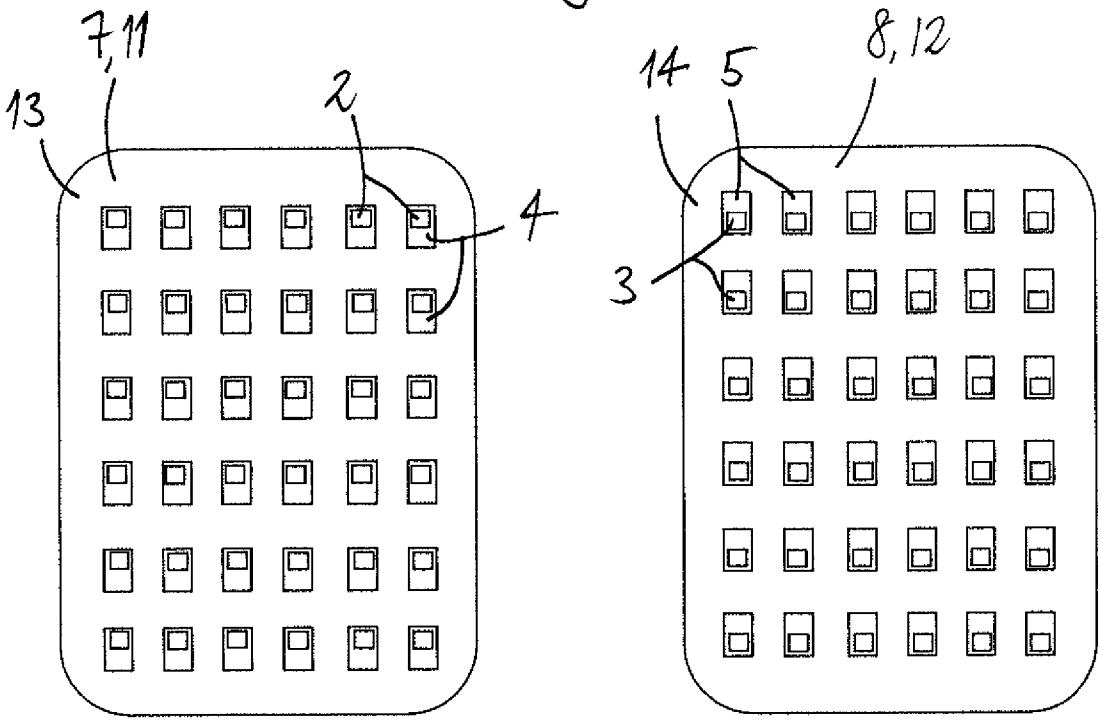


Fig. 3

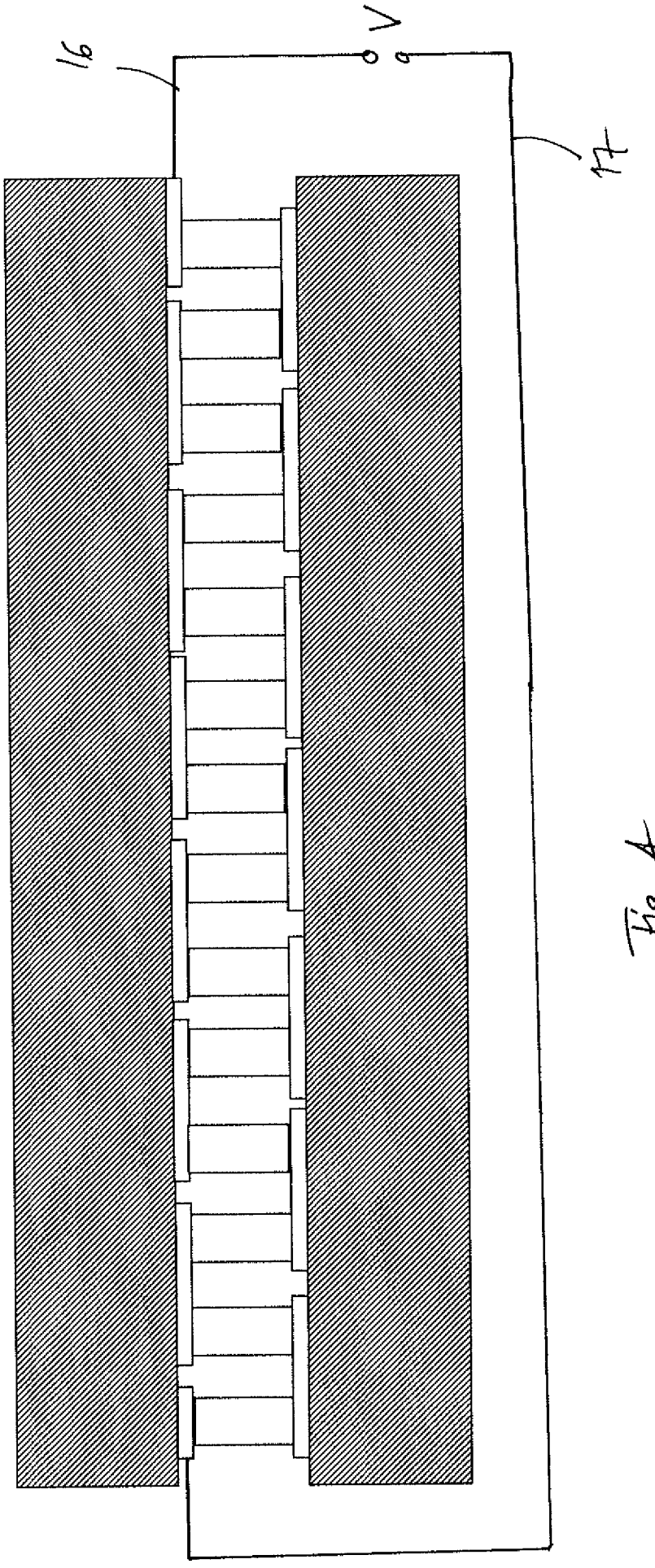


Fig. 4