



(10) **DE 10 2011 052 237 A1** 2012.02.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 052 237.9**

(22) Anmeldetag: **28.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **09.02.2012**

(51) Int Cl.: **F02G 5/00 (2011.01)**
F02C 6/18 (2011.01)

(30) Unionspriorität:

12/849,517 **03.08.2010** **US**

(74) Vertreter:

Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE

(71) Anmelder:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,
N.Y., US**

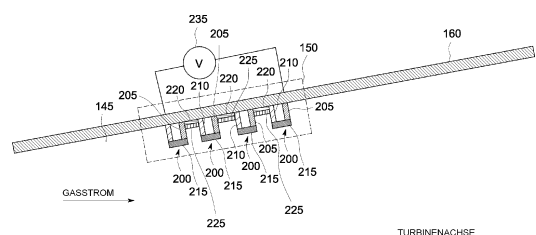
(72) Erfinder:

**Sundaram, Hariharan, Bangalore, IN; Keny, Mayur
Abhay, Bangalore, IN; Morey, Kathleen Blanche,
Schenectady, N.Y., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente zur Nutzung von Abwärme, die von einer Gasturbine erzeugt wird**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente (200), die dazu dient, Abwärme zu nutzen, die von einer Gasturbine (100) hervorgebracht wird. Die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente (200) ist in dem Turbinengehäuse (155) an einem Heißabgasauslassende (145) der Gasturbine (100) angeordnet. Die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente (200) wandelt Heißabgaswärme, die von der Turbine (100) erzeugt wird in elektrische Energie um. In einem Ausführungsbeispiel kann die elektrische Energie, die mittels der mit Turbulenzflächen versehenen Anordnung thermoelektrischer Elemente (200) erzeugt wird, genutzt werden, um elektrische Komponenten (165) zu bestromen, die um das Turbinentriebwerk (100) angeordnet sind.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Gasturbinen und speziell die Verwendung einer mit Turbulenzflächen versehenen Anordnung thermoelektrischer Elemente, um Abwärme zu nutzen, die von einer Gasturbine hervorgebracht wird.

[0002] Um Probleme in Zusammenhang mit steigenden Brennstoffkosten und der erhöhten Nachfrage nach effizienteren, umweltfreundlichen Stromerzeugungssystemen und Industrieanlagen zu lösen, wurde eine Abwärmerückgewinnungstechnologie entwickelt, die Abwärme von Abgasströmen, die von Gasturbinen erzeugt werden, in nutzbare Elektrizität umwandelt. Ein bisher verwendeter Ansatz zur Erzeugung von Strom aus Abwärme, die von Gasturbinen erzeugt wird, ist ein thermoelektrisches Modul, das aus thermoelektrischen Elementen gebildet wird. Allerdings weisen die meisten Ansätze eines thermoelektrischen Moduls einen verhältnismäßig geringen Umwandlungswirkungsgrad auf. Folglich wurden diese Arten thermoelektrischer Module bei der Erzeugung elektrischen Stroms nur beschränkt angewendet.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0003] In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein System vorhanden, das eine Gasturbine und ein thermoelektrisches Modul aufweist. In diesem Ausführungsbeispiel verbrennt die Gasturbine Brennstoff und erzeugt Heißabgas. Das thermoelektrische Modul ist in der Gasturbine angeordnet und wandelt die von der Turbine hervorgebrachte Heißabgaswärme in elektrische Energie um. Das thermoelektrische Modul enthält eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung mehrerer thermoelektrischer Elemente, die in Serie verschaltet und parallel wärmegekoppelt sind. Jedes der mehreren thermoelektrischen Elemente weist ein erstes thermoelektrisches Material und ein zweites thermoelektrisches Material auf, die an einer heißen Verbindungsstelle und an einer kalten Verbindungsstelle miteinander verbunden sind. Die kalte Verbindungsstelle ist mit einer Wärmedämmschicht beschichtet, die den Wärmeleitwiderstand an der kalten Verbindungsstelle erhöht, so dass dadurch die Temperatur an der kalten Verbindungsstelle verringert wird. Die heiße Verbindungsstelle und die kalte Verbindungsstelle sind parallel wärmegekoppelt, wobei zwischen der heißen Verbindungsstelle und der kalten Verbindungsstelle ein Temperaturgefälle entsteht. Die erzeugte elektrische Energie ist eine Funktion des zwischen der heißen Verbindungsstelle und der kalten Verbindungsstelle entstandenen Temperaturgefälles.

[0004] In noch einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Gasturbine geschaffen. In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gehören zu der Gasturbine: ein Verdichter; eine Brennkammer, die ein Gemisch von aus dem Verdichter stammender Luft und Brennstoff aufnimmt, um es zu verbrennen; und eine Turbine, die heißes Gas expandiert, das mittels der Verbrennung des Brennstoffs in der Luft aus dem Verdichter entsteht, um eine Umwandlung in mechanische Rotationsenergie zu bewirken. Die Gasturbine enthält ferner ein thermoelektrisches Modul, das von der Turbine hervorgebrachte Heißabgaswärme in thermoelektrische Energie umwandelt. Das thermoelektrische Modul enthält eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung mehrerer thermoelektrischer Elemente, die in dem Gehäuse der Turbine an einem Heißabgasauslassende davon angeordnet sind. Jedes der mehreren thermoelektrischen Elemente weist ein erstes thermoelektrisches Material und ein zweites thermoelektrisches Material auf, die an einer heißen Verbindungsstelle und an einer kalten Verbindungsstelle miteinander verbunden sind. Die kalte Verbindungsstelle ist mit einer Wärmedämmschicht beschichtet, die den Wärmeleitwiderstand an der kalten Verbindungsstelle erhöht, so dass dadurch die Temperatur an der kalten Verbindungsstelle verringert wird. Zwischen der heißen Verbindungsstelle und der kalten Verbindungsstelle entsteht ein Temperaturgefälle, wobei die erzeugte thermoelektrische Energie eine Funktion des Temperaturgefälles ist, das zwischen der heißen Verbindungsstelle und der kalten Verbindungsstelle entstanden ist.

[0005] In einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Gasturbine geschaffen. In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gehören zu der Gasturbine: mehrere elektrische Komponenten; ein Verdichter; eine Brennkammer, die ein Gemisch von aus dem Verdichter stammender Luft und Brennstoff aufnimmt, um es zu verbrennen; und eine Turbine, die heißes Gas expandiert, das aus der Verbrennung der Luft aus dem Verdichter und des Brennstoffs entsteht, um eine Umwandlung in mechanische Rotationsenergie zu bewirken. Zu der Gasturbine gehört zudem ein thermoelektrisches Modul, das von der Turbine hervorgebrachte Heißabgaswärme in thermoelektrische Energie umwandelt. Das thermoelektrische Modul enthält eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung mehrerer thermoelektrischer Elemente, die in dem Gehäuse der Gasturbine an einem Heißabgasauslassende der Gasturbine angeordnet sind. Jedes der mehreren thermoelektrischen Elemente weist ein erstes thermoelektrisches Material und ein zweites thermoelektrisches Material auf, die an einer heißen Verbindungsstelle und an einer kalten Verbindungsstelle miteinander verbunden sind. Die kalte Verbindungsstelle ist mit einer Wärmedämmschicht beschichtet, die den Wärmeleitwiderstand an der kalten

Verbindungsstelle erhöht, so dass dadurch die Temperatur an der kalten Verbindungsstelle verringert wird. Zwischen der heißen Verbindungsstelle und der kalten Verbindungsstelle entsteht ein Temperaturgefälle, wobei die erzeugte thermoelektrische Energie eine Funktion des Temperaturgefälles ist, das zwischen der heißen Verbindungsstelle und der kalten Verbindungsstelle entstanden ist. Das thermoelektrische Modul nutzt die thermoelektrische Energie, um die mehreren elektrischen Komponenten mit Strom zu versorgen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0006] **Fig. 1** veranschaulicht eine Gasturbine, die ein thermoelektrisches Modul nutzt, das eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente aufweist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

[0007] **Fig. 2** zeigt eine detailliertere Ansicht der mit Turbulenzflächen versehenen Anordnung der thermoelektrischen Elemente des in **Fig. 1** gezeigten thermoelektrischen Moduls in Bezug auf das Gehäuse der Gasturbine an dem Heißabgasauslassende gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0008] Mit Bezug auf die Zeichnungen veranschaulicht **Fig. 1** schematisch eine Gasturbine **100**, in der ein thermoelektrisches Modul **150** gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung genutzt werden kann. Dem Fachmann wird einleuchten, dass Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung nicht auf die Nutzung in Zusammenhang mit einer Gasturbine beschränkt sind. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können in Verbindung mit Gasturbinen genutzt werden, z. B. in Triebwerken, die in der Stromerzeugung und in Flugzeugen verwendet werden, in Dampfturbinen und anderen Arten von Rotationstriebwerken und in Dynamomaschinen, wo es erwünscht ist, Strom mittels Abwärme zu erzeugen, die von einer Gasturbine abgegeben wird.

[0009] Wie in **Fig. 1** veranschaulicht, gehören zu der Gasturbine **100** ein Verdichter **105**, der durch eine gemeinsame Welle bzw. einen Rotor **110** mit einem stromabwärts angeordneten Turbinenabschnitt bzw. einer Turbine **115** mechanisch verbunden ist, und eine Brennkammer **120**, die zwischen dem Verdichter **105** und der Turbine **115** angeordnet ist. Die Brennkammer **120** nimmt ein Gemisch aus von dem Verdichter **105** stammender Luft sowie Brennstoff auf, das der Brennkammer zugeführt wird, um es zu verbrennen. Die Turbine **115** expandiert heißes Gas, das durch Verbrennung des Brennstoffs in der aus dem

Verdichter **105** stammenden Luft erzeugt ist, um eine Umwandlung in mechanische Rotationsenergie zu bewirken.

[0010] Der Verdichter **105** kann mehrere Stufen aufweisen. Jede Stufe kann eine Reihe von Verdichterlaufschaufeln **125** enthalten, auf die eine Reihe von Verdichterstatorschaufeln **130** folgt. Somit kann jede Stufe eine Reihe von um die Welle **110** rotierenden Verdichterlaufschaufeln **125** enthalten, auf die eine Reihe von Verdichterstatorschaufeln **130** folgt, die während des Betriebs stationär bleiben. Die Verdichterstatorschaufeln **130** sind allgemein in Umfangsrichtung voneinander beabstandet angeordnet und um die Drehachse befestigt. Die Verdichterlaufschaufeln **125** sind in Umfangsrichtung beabstandet angeordnet und an der Welle **110** angebracht. Wenn die Welle **110** während des Betriebs rotiert, rotieren die Verdichterlaufschaufeln **125** um diese. Wie dem Fachmann geläufig ist, sind die Verdichterlaufschaufeln **125** dazu eingerichtet, dass sie, wenn sie um die Welle **110** gedreht werden, der durch den Verdichter **105** strömenden Luft bzw. dem Fluid kinetische Energie verleihen.

[0011] Weiter kann die Turbine **115**, wie in **Fig. 1** veranschaulicht, mehrere Stufen aufweisen. Jede Stufe enthält in der Regel mehrere Turbinenschaufeln oder Turbinenlaufschaufeln **135**, die im Betrieb um die Welle **110** rotieren, und mehrere Leitapparate oder Turbinenstatorschaufeln **140**, die während des Betriebs stationär bleiben. Die Turbinenstatorschaufeln **140** sind allgemein in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und um die Drehachse befestigt. Die Turbinenlaufschaufeln **135** können an einem (nicht gezeigten) Turbinenrad befestigt sein, um um die Welle **110** zu rotieren. Es ist einsichtig, dass sich die Turbinenstatorschaufeln **140** und die Turbinenlaufschaufeln **135** in dem Heißgaspfad der Turbine **115** befinden.

[0012] Im Betrieb kann die Rotation der Verdichterlaufschaufeln **125** in dem Verdichter **105** einen Luftstrom verdichten, der von einer Luftquelle (z. B. Umgebungsluft) her aufgenommen ist. Wenn die verdichtete Luft mit einem Brennstoff vermischt wird, der von einer Brennstoffquelle her aufgenommen und gezündet wird, kann in der Brennkammer **120** Energie frei werden. Der sich ergebende Strom heißer Gase aus der Brennkammer **120**, der als Arbeitsfluid bezeichnet werden kann, wird anschließend über die Turbinenlaufschaufeln **135** gelenkt. Der Arbeitsfluidstrom bewirkt die Rotation der Turbinenlaufschaufeln **135** mit der Welle **110**. Die Energie des Arbeitsfluidstroms wird in die mechanische Energie der rotierenden Laufschaufeln umgewandelt. In der Folge rotiert aufgrund der zwischen den Rotorschaufeln und der Welle vorhandenen Verbindung die Welle **110**. Die mechanische Energie der Welle **110** kann dann genutzt werden, um die Verdichterlaufschaufeln **130**

drehend anzutreiben, so dass die erforderliche Zufuhr verdichteter Luft bereitgestellt wird. Außerdem kann die mechanische Energie der Welle **110** in einem Ausführungsbeispiel von einem (nicht gezeigten) Generator genutzt werden, um Strom zu erzeugen.

[0013] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, weist die Gasturbine **100** ein Heißabgasauslassende **145** auf, das das von der Turbine **115** erzeugte Heißabgas aufnimmt. Das thermoelektrische Modul **150** ist im Inneren der Turbine **115** angeordnet. In einem Ausführungsbeispiel kann das thermoelektrische Modul **150** in dem Turbinengehäuse **155** an dem Heißabgasauslassende **145** an einem Heißabgasauslassendegehäuse **160** angeordnet sein. Das thermoelektrische Modul **150** wandelt die von der Turbine hervorgebrachte Heißabgaswärme in thermoelektrische Energie um. Einzelheiten des thermoelektrischen Moduls **150** und seines Betriebs sind weiter unten dargelegt und werden mit Bezug auf [Fig. 2](#) erörtert. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die thermoelektrische Energie, die von dem thermoelektrischen Modul **150** erzeugt wird, genutzt werden, um mehrere elektrische Komponenten **165**, die um die Gasturbine **100** angeordnet sind, mit Strom zu versorgen. In einem Ausführungsbeispiel können die mehreren elektrischen Komponenten Sensoren (z. B. verdrahtete und drahtlose Sensoren) oder der Turbine zugeordnete Peripheriegeräte beinhalten. Die Verwendung des thermoelektrischen Moduls **150** für die Stromversorgung der Sensoren (z. B. verdrahteter und drahtloser Sensoren) oder der Turbine **115** zugeordneter Peripheriegeräte macht dieses Systeme zu autarken Systemen und als Nachrüstungen oder Aufrüstungen für die Turbine wesentlich attraktiver, da sie die Leistung nicht mehr schmälern. [Fig. 1](#) zeigt lediglich drei elektrische Komponenten (jeweils eine in dem Verdichter **105**, in der Turbine **115** und in der Brennkammer **120**) jedoch wird der Fachmann erkennen, dass zusätzliche Komponenten vorhanden sein können, und dass Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung nicht auf irgendeine spezielle Anzahl beschränkt sein sollen. Weiter wird dem Fachmann einleuchten, dass die von dem thermoelektrische Modul **150** erzeugte thermoelektrische Energie für weitere Komponenten genutzt werden kann, die von der Gasturbine **100** entfernt angeordnet sind. In noch einem Ausführungsbeispiel kann die von dem thermoelektrischen Modul **150** erzeugte thermoelektrische Energie genutzt werden, um die von der Gasturbine **100** erzeugte Leistung zu steigern.

[0014] [Fig. 2](#) veranschaulicht eine detailliertere Ansicht des thermoelektrischen Moduls **150** in Bezug auf das Heißabgasauslassendegehäuse **160**. Wie gezeigt, weist das thermoelektrische Modul **150** in [Fig. 2](#) eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200** auf, die in dem Gehäuse der Gasturbine an dem Heißabgas-

auslassendegehäuse **160** angeordnet sind. Die thermoelektrischen Elemente **200** sind elektrisch in Reihe geschaltet und thermisch parallelgekoppelt. Jedes der thermoelektrischen Elemente **200** weist ein erstes thermoelektrisches Material **205** und ein zweites thermoelektrisches Material **210** auf, die an einer heißen Verbindungsstelle **215** und an einer kalten Verbindungsstelle **220** miteinander verbunden sind. Die kalte Verbindungsstelle **220** ist mit einer Wärmedämmschicht **225** beschichtet, die den Wärmeleitwiderstand an der kalten Verbindungsstelle erhöht, so dass dadurch die Temperatur an der kalten Verbindungsstelle verringert wird. In einem Ausführungsbeispiel kann das erste thermoelektrische Material **205** ein n-leitendes Halbleitermaterial sein, während das zweite thermoelektrische Material **210** ein p-leitendes Halbleitermaterial sein kann. Ein der Veranschaulichung dienendes, jedoch nicht als beschränkend zu bewertendes Beispiel eines n-leitenden und p-leitenden Halbleitermaterials, das in dem thermoelektrischen Modul **150** genutzt werden kann, basiert auf Bismutellurid, das ein guter elektrischer Leiter, jedoch ein schlechter thermischer Leiter ist. Andere Beispiele können Silizium, Germanium und Cadmiumtellurid beinhalten. Die Wärmedämmschicht **225** kann auf einem beliebigen Isolatormaterial basieren, das in der Lage ist, den Wärmeleitwiderstand an der kalten Verbindungsstelle **220** zu erhöhen. Der Veranschaulichung dienende, jedoch nicht als beschränkend zu bewertende Beispiele von Wärmedämmschichtmaterialien, die sich für den Einsatz in Verbindung mit dem thermoelektrischen Modul **150** eignen, beinhalten eine Wärmedämmschicht, ein Polycarbonatband oder ein Keramikband. Ein der Veranschaulichung dienendes Beispiel einer Wärmedämmschicht, die in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung genutzt werden kann, ist mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (9,5% Y_2O_3 – 5,2% Gd_2O_3 – 5,6% Yb_2O_3 – Rest ZrO_2). Im Handel erhältliches Polycarbonatband oder auf Aluminiumoxid basierendes Keramikband sind jeweils ein Beispiel eines Polycarbonatbands oder eines Keramikbands, das in einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung genutzt werden kann.

[0015] Während sich der heiße Abgasstrom im Betrieb durch das Heißabgasauslassende **145** bewegt, entsteht zwischen der heißen Verbindungsstelle **215** und der kalten Verbindungsstelle **220** ein Temperaturgefälle. Das thermoelektrische Modul **150** nutzt das Temperaturgefälle, um eine thermoelektrische Spannung **235** zu erzeugen. Die Erzeugung der thermoelektrischen Spannung **235** durch das thermoelektrische Modul **150** basiert auf dem Seebeckeffekt, der besagt, dass, falls zwei aus unterschiedlichen Materialien (beispielsweise aus Kupfer und Eisen) bestehende Leiter an ihren Enden vereinigt werden, wobei zwei Verbindungsstellen gebildet werden, und die eine Verbindungsstelle bei einer höheren Temperatur als die andere Verbindungsstelle gehalten

ten wird, zwischen den beiden Verbindungsstellen eine Spannungsdifferenz entsteht.

[0016] Die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200** ermöglicht dem thermoelektrischen Modul **150**, nachdem es nicht außerhalb der Gasturbine sondern im Inneren des Turbinengehäuses an dem Heißabgasauslassendegehäuse **160** angeordnet ist, seine Funktion zu erfüllen (d. h. ein ausreichendes Temperaturgefälle zu erzielen, um eine thermoelektrische Spannung hervorzubringen, die thermoelektrische Energie für beabsichtigte Zwecke (z. B. die Stromversorgung elektrischer Geräte oder eine Steigerung der Stromversorgung) bereitstellt). Darüber hinaus ermöglicht die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200**, dass das thermoelektrische Modul **150** in der Lage ist, seinen Zweck zu erfüllen, ohne ein Kühlmodul einzusetzen, um das erforderliche Temperaturgefälle zu erzielen, das ausreicht, um eine angemessen hohe thermoelektrische Spannung hervorzubringen, um dem thermoelektrischen Modul **150** zu ermöglichen, seine gewünschte Funktion (z. B. die Stromversorgung elektrischer Geräte, die Steigerung der Stromversorgung) zu erfüllen. Somit ist der mit dem Einsatz einer Kühlpumpe verbundene zusätzliche Energieverbrauch vermieden. Außerdem ist die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200** bestens geeignet, um eine optimale Nutzung der in den Abgasen enthaltenen Wärmeenergie zu ermöglichen. Dies ist auf die hohen Wärmeübertragungskoeffizienten zurückzuführen, die den Turbulatoren zugeordnet sind.

[0017] Im Betrieb erzeugt die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung jedes der thermoelektrischen Elemente **200** eine turbulente Strömung der heißen Abgase. Die turbulente Strömung heißer Abgase bringt an der heißen Verbindungsstelle **215** hohe lokale Wärmeübertragungskoeffizienten hervor. Obwohl der lokale Wärmeübertragungskoeffizient an der kalten Verbindungsstelle **220** niedriger sein wird, wird der mittlere Wärmeübertragungskoeffizient noch ausreichend hoch sein, so dass die Temperatur an der kalten Verbindungsstelle **220** gesteigert wird. Um dies zu vermeiden, ist über der kalten Verbindungsstelle **220** ein Wärmeleitwiderstand (d. h. die Wärmedämmschicht **225**) angeordnet, um den Wärmeeintrag an der kalten Verbindungsstelle zu blockieren. Diese erlaubt die Entstehung eines Temperaturgefälles zwischen der heißen Verbindungsstelle **215** und der kalten Verbindungsstelle **220** (d. h. der thermischen Differenz zwischen dem Wärmeeintrag an der heißen Verbindungsstelle und dem Wärmeeintrag an der kalten Verbindungsstelle). Die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200** kann dann die Funktion einer autark arbeitenden Einheit erfüllen, ohne auf eine externe Kühlung angewiesen zu sein, wie sie oben erwähnt ist.

[0018] Weitere den thermoelektrischen Elementen **200** zugeordnete Parameter, beispielsweise Länge, Dicke und Abstand zu anderen Elementen, werden das Temperaturgefälle beeinflussen. Der Fachmann wird ohne weiteres erkennen, wie diese Parameter zu optimieren sind, um eine maximale thermoelektrische Spannung zu erreichen (d. h. je größer das Temperaturgefälle ist, umso höher ist die hervorgebrachte thermoelektrische Spannung). Das thermoelektrische Modul **150** nutzt die thermische Differenz, um die thermoelektrische Spannung **235** zu erzeugen. Dem Fachmann wird einleuchten, dass andere Muster der Anordnung von Turbulenzflächen als das in **Fig. 2** gezeigte Muster für die thermoelektrischen Elemente **200** genutzt werden können. Nicht als beschränkend zu bewertende Beispiele von mit Turbulenzflächen versehenen Anordnungen können "Stapel"-, "Bahn"- und "Zickzack"-Konstruktionen beinhalten.

[0019] Es wird darauf hingewiesen, dass die Verwendung des thermoelektrischen Moduls **150** zur Erzeugung elektrischer Energie dazu beiträgt, dass Gasturbinen höhere Leistung in das Netz einspeisen. Beispielsweise beträgt die durchschnittliche Temperatur des von einer Gasturbine ausgehenden Heißgases etwa 1000 Grad Fahrenheit (°F) (etwa 538 Grad Celsius (°C)). Falls unter Verwendung des thermoelektrischen Moduls **150** eine Temperaturdifferenz von etwa 200 bis ungefähr 300°F (etwa 93 bis ungefähr 149°C) erreicht wird, wird der Wirkungsgrad des thermoelektrischen Moduls **150** im Bereich von etwa 20% bis ungefähr 30% liegen, und die Ausgangsspannung kann im Bereich von einigen Hundert Volt liegen. Dies ist ausreichend, um die Beleuchtung des Bereichs der Baueinheit zu unterstützen, falls die von dem thermoelektrischen Modul gewonnene Ausgangsspannung (jeweils) einige Volt beträgt. Hieraus ergibt sich eine Möglichkeit einer kostengünstigen Stromerzeugung, wobei der damit verbundene Kapitalaufwand sehr gering ist. Weiter wird im Falle einer in einem Einfachzyklusmodus arbeitenden Gasturbine angenommen, dass die Nutzung von Abwärmeenergie mit Blick auf einen gesteigerten Gesamtwirkungsgrad von Vorteil sein kann.

[0020] Während die Beschreibung speziell anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung gezeigt und beschrieben wurde, versteht es sich, dass sich dem Fachmann Abweichungen und Modifikationen erschließen. Demzufolge ist es selbstverständlich, dass die beigefügten Patentansprüche sämtliche Abwandlungen und Veränderungen abdecken, soweit sie in den wahren Schutzzumfang der Erfindung fallen.

[0021] Offenbart ist eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200**, die dazu dient, Abwärme zu nutzen, die von einer Gasturbine **100** hervorgebracht wird. Die mit Tur-

bulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200** ist in dem Turbinengehäuse **155** an einem Heißabgasauslassende **145** der Gasturbine **100** angeordnet. Die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung thermoelektrischer Elemente **200** wandelt Heißabgaswärme, die von der Turbine **100** erzeugt wird in elektrische Energie um. In einem Ausführungsbeispiel kann die elektrische Energie, die mittels der mit Turbulenzflächen versehenen Anordnung thermoelektrischer Elemente **200** erzeugt wird, genutzt werden, um elektrische Komponenten **165** zu bestromen, die um das Turbinenriebwerk **100** angeordnet sind.

Bezugszeichenliste

100	Gasturbine
105	Verdichter
110	Welle
115	Turbinenabschnitt
120	Brennkammer
125	Verdichterlaufschaukeln
130	Verdichterstatorschaukeln
135	Turbinenlaufschaukeln
140	Turbinenstatorschaukeln
145	Heißabgasauslassende
150	Thermoelektrisches Modul
155	Turbinengehäuse
160	Heißabgasauslassendegehäuse
165	Elektrische Komponenten
200	Thermoelektrische Elemente
205	Erstes thermoelektrisches Material
210	Zweites thermoelektrisches Material
215	Heiße Verbindungsstelle
220	Kalte Verbindungsstelle
225	Wärmedämmschicht
235	Thermoelektrische Spannung

Patentansprüche

1. System (**100**), zu dem gehören:
eine Gasturbine (**100**), die Brennstoff verbrennt und Heißabgas erzeugt;
ein thermoelektrisches Modul (**150**), das in der Gasturbine (**100**) angeordnet ist und die von der Turbine (**100**) hervorgebrachte Heißabgaswärme in elektrische Energie umwandelt, wobei das thermoelektrische Modul (**150**) eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung mehrerer thermoelektrischer Elemente (**200**) beinhaltet, die elektrisch in Reihe geschaltet und parallel wärmegekoppelt sind, wobei jedes der mehreren thermoelektrischen Elemente (**200**) ein erstes thermoelektrisches Material (**205**) und ein zweites thermoelektrisches Material (**210**) aufweist, die an einer heißen Verbindungsstelle (**215**) und an einer kalten Verbindungsstelle (**220**) miteinander verbunden sind, wobei die kalte Verbindungsstelle (**220**) mit einer Wärmedämmschicht (**225**) beschichtet ist, die den Wärmeleitwiderstand an der kalten Verbindungsstelle (**220**) erhöht, so dass dadurch die Tem-

peratur an der kalten Verbindungsstelle (**220**) verringert wird, wobei die heiße Verbindungsstelle (**215**) und die kalte Verbindungsstelle (**220**) thermisch parallel verbunden sind, wobei zwischen der heißen Verbindungsstelle (**215**) und der kalten Verbindungsstelle (**220**) ein Temperaturgefälle entsteht, wobei die erzeugte elektrische Energie eine Funktion des Temperaturgefälles ist, das zwischen der heißen Verbindungsstelle (**215**) und der kalten Verbindungsstelle (**220**) entstanden ist.

2. System (**100**) nach Anspruch 1, wobei das thermoelektrische Modul (**150**) an einer Wand in einem Gehäuse (**155**) der Gasturbine (**100**) angeordnet ist.

3. System (**100**) nach Anspruch 2, wobei das thermoelektrische Modul (**150**) an einer Wand an einem Heißabgasauslassende (**145**) der Gasturbine (**100**) angeordnet ist.

4. System (**100**) nach Anspruch 1, das ferner mehrere elektrische Komponenten (**165**) enthält, die um das Turbinenriebwerk (**100**) angeordnet sind.

5. System (**100**) nach Anspruch 4, wobei die elektrische Energie, die von dem thermoelektrischen Modul (**150**) erzeugt ist, genutzt wird, um die mehreren elektrischen Komponenten (**165**) zu bestromen.

6. Gasturbine (**100**), zu der gehören:
ein Verdichter (**105**);
eine Brennkammer (**120**), die ein Gemisch aus von dem Verdichter (**105**) stammender Luft und Brennstoff aufnimmt, um es zu verbrennen;
eine Turbine (**115**), die heißes Gas expandiert, das aus der Verbrennung des Brennstoffs in der aus dem Verdichter (**105**) kommenden Luft entsteht, um eine Energieumwandlung in mechanische Rotationsenergie zu leisten; und
ein thermoelektrisches Modul (**150**), das von der Turbine (**100**) hervorgebrachte Heißabgaswärme in thermoelektrische Energie umwandelt, wobei das thermoelektrische Modul (**150**) auf einer mit Turbulenzflächen versehenen Anordnung mehrerer thermoelektrischer Elemente (**200**) basiert, die in dem Gehäuse (**155**) der Turbine (**100**) an einem Heißabgasauslassende (**145**) davon angeordnet sind, wobei jedes der mehreren thermoelektrischen Elemente (**200**) ein erstes thermoelektrisches Material (**205**) und ein zweites thermoelektrisches Material (**210**) aufweist, die an einer heißen Verbindungsstelle (**215**) und einer kalten Verbindungsstelle (**220**) miteinander verbunden sind, wobei die kalte Verbindungsstelle (**220**) mit einer Wärmedämmschicht (**225**) beschichtet ist, die den Wärmeleitwiderstand an der kalten Verbindungsstelle (**220**) erhöht, wobei dadurch die Temperatur an der kalten Verbindungsstelle (**220**) verringert wird, wobei ein Temperaturgefälle zwischen der heißen Verbindungsstelle (**215**) und der kalten Verbindungsstelle (**220**) entsteht, wobei die erzeugte ther-

thermoelektrische Energie eine Funktion des Temperaturgefälles ist, das zwischen der heißen Verbindungsstelle (215) und der kalten Verbindungsstelle (220) entstanden ist.

7. Gasturbine (100) nach Anspruch 6, wobei die thermoelektrische Energie genutzt wird, um mehrere elektrische Komponenten (165) zu bestromen, die um das Turbinentriebwerk (100) angeordnet sind.

8. Gasturbine (100) nach Anspruch 6, wobei die mit Turbulenzflächen versehene Anordnung jedes der mehreren thermoelektrischen Elemente (200) eine turbulente Strömung der heißen Abgase erzeugt, um zu gewährleisten, dass ein hoher mittlerer Wärmeübertragungskoeffizient hervorgebracht wird, um eine maximale Aufnahme von Wärme von Heißgasen des Abgasauslasses zu ermöglichen, während die kalte Verbindungsstelle (220), die mit der Wärmedämmschicht (225) beschichtet ist, die Temperatur der kalten Verbindungsstellen reduziert.

9. Gasturbine (100), zu der gehören:
mehrere elektrische Komponenten (165);
ein Verdichter (105);
eine Brennkammer (120), die ein Gemisch aus von dem Verdichter (105) stammender Luft und Brennstoff aufnimmt, um es zu verbrennen;
eine Turbine (115), die heißes Gas expandiert, das aus der Verbrennung des Brennstoffs in der aus dem Verdichter (105) kommenden Luft entsteht, um mechanische Rotationsenergie zu erzeugen; und
ein thermoelektrisches Modul (150), das von der Turbine (115) hervorgebrachte Heißabgaswärme in thermoelektrische Energie umwandelt, wobei das thermoelektrische Modul (150) eine mit Turbulenzflächen versehene Anordnung mehrerer thermoelektrischer Elemente (200) beinhaltet, die in dem Gehäuse (155) der Turbine (100) an einem Heißabgasauslassende (145) angeordnet sind, wobei jedes der mehreren thermoelektrischen Elemente (200) ein erstes thermoelektrisches Material (205) und ein zweites thermoelektrisches Material (210) aufweist, die an einer heißen Verbindungsstelle (215) und an einer kalten Verbindungsstelle (220) miteinander verbunden sind, wobei die kalte Verbindungsstelle (220) mit einer Wärmedämmschicht (225) beschichtet ist, die den Wärmeleitwiderstand an der kalten Verbindungsstelle (220) erhöht, so dass dadurch die Temperatur an der kalten Verbindungsstelle (220) verringert wird, wobei ein Temperaturgefälle zwischen der heißen Verbindungsstelle (215) und der kalten Verbindungsstelle (220) entsteht, wobei die erzeugte thermoelektrische Energie eine Funktion des Temperaturgefälles ist, das zwischen der heißen Verbindungsstelle (215) und der kalten Verbindungsstelle (220) entstanden ist, wobei das thermoelektrische Modul (150) die thermoelektrische Energie nutzt, um die mehreren elektrischen Komponenten (165) zu bestromen.

10. Die Gasturbine (100) nach Anspruch 9, wobei eine Differenz zwischen einem Wärmeeintrag jeder heißen Verbindungsstelle (215) und einem Wärmeeintrag, der der kalten Verbindungsstelle (220) zugeordnet ist, die mit der Wärmedämmschicht (225) beschichtet ist, einer thermischen Differenz entspricht, die sich aus dem Temperaturgefälle ergibt, das zwischen der heißen Verbindungsstelle (215) und der kalten Verbindungsstelle (220) entsteht, wobei das thermoelektrische Modul (150) die thermische Differenz nutzt, um eine thermoelektrische Spannung zu erzeugen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

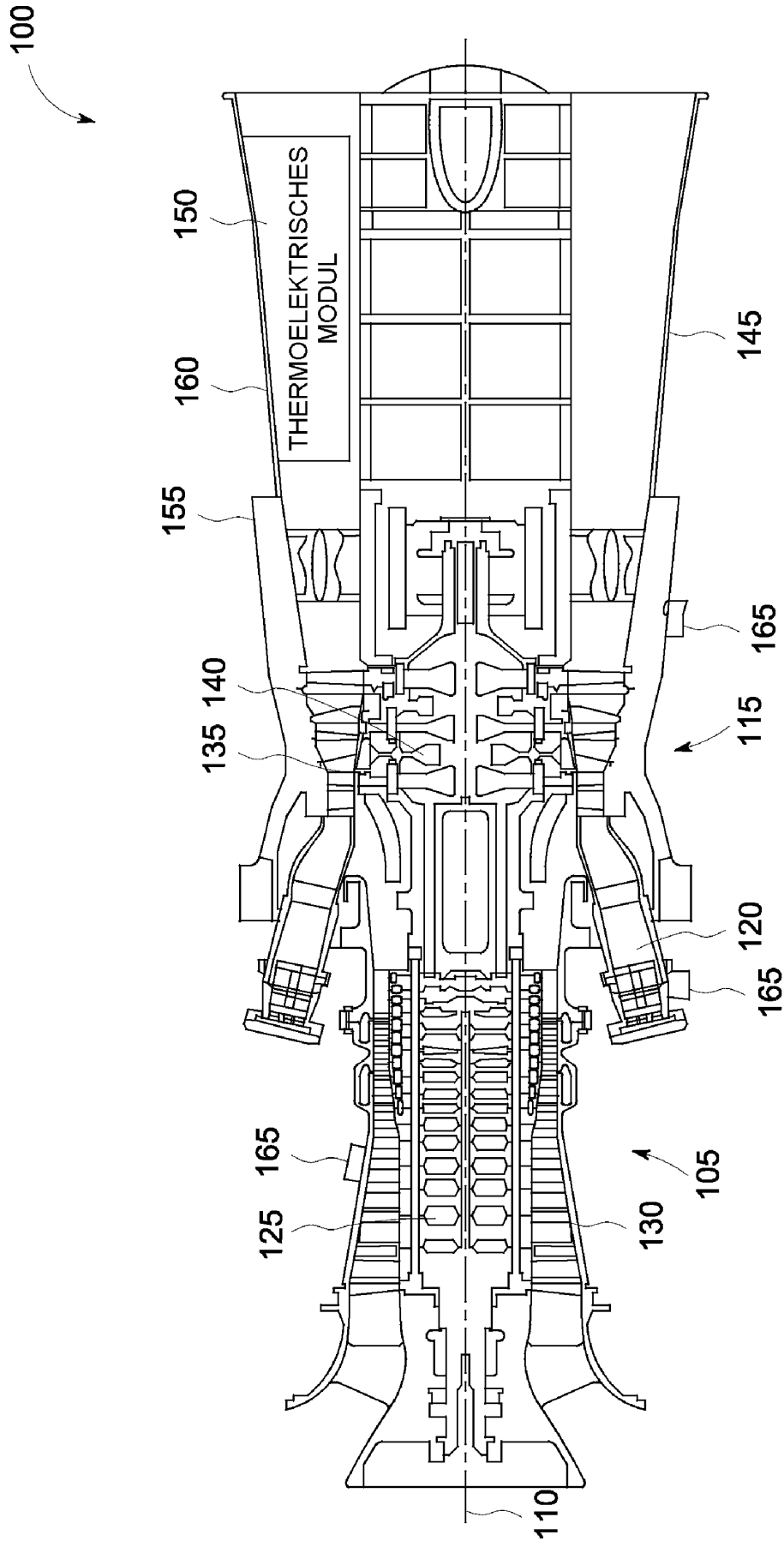


FIG. 1

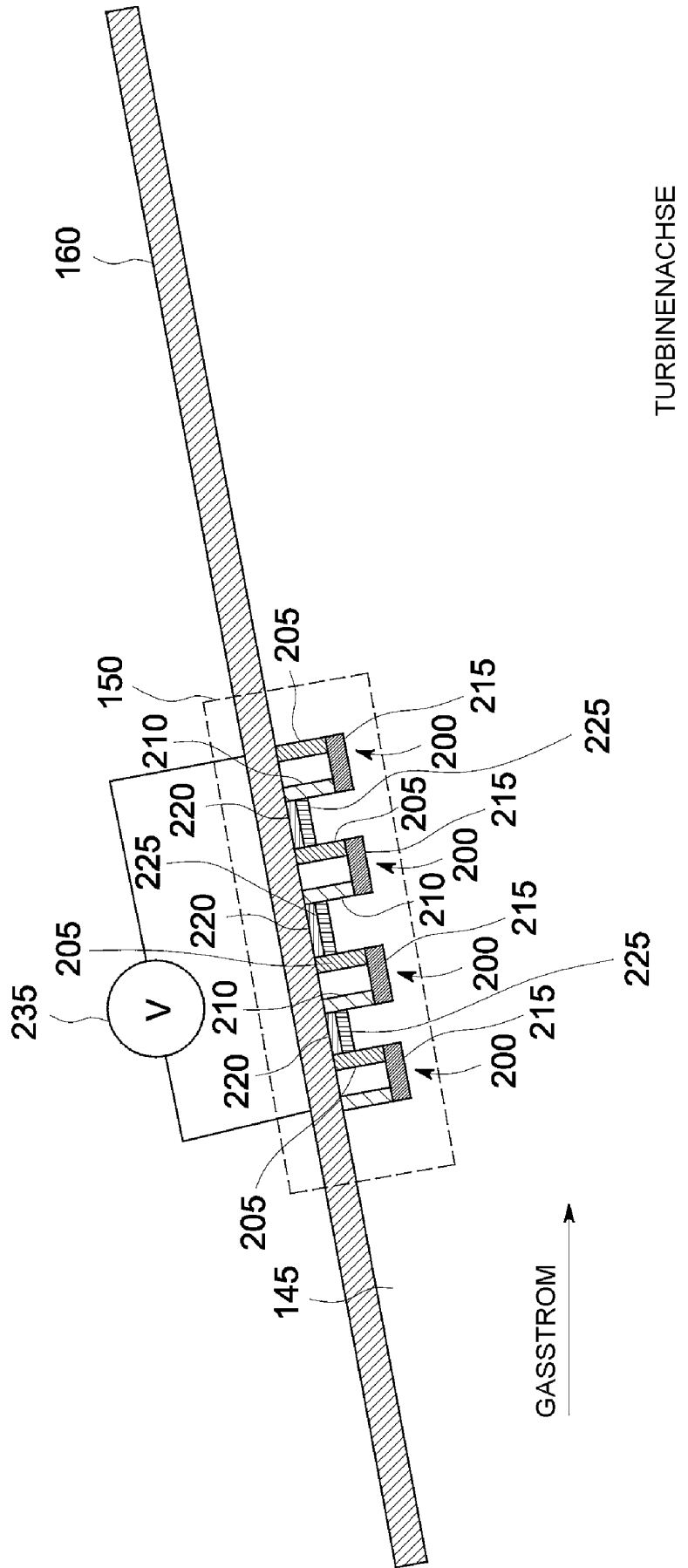


FIG. 2