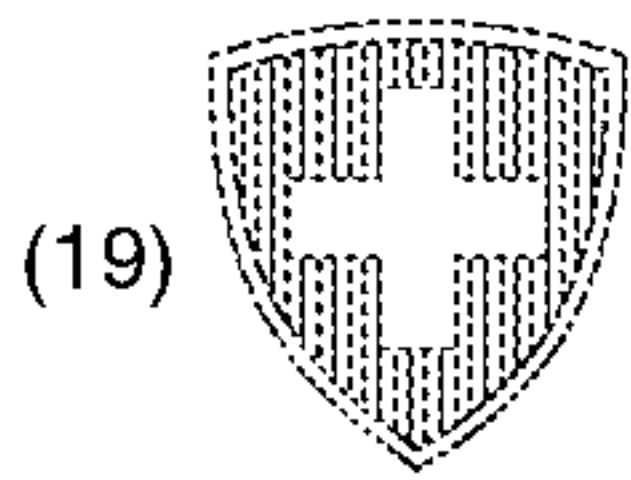




SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 710 176 B1

(51) Int. Cl.: F01D 11/12 (2006.01)
F16J 15/44 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01323/15

(22) Anmeldedatum: 11.09.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.03.2016

(30) Priorität: 18.09.2014 US 14/489,686

(24) Patent erteilt: 30.06.2020

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.06.2020

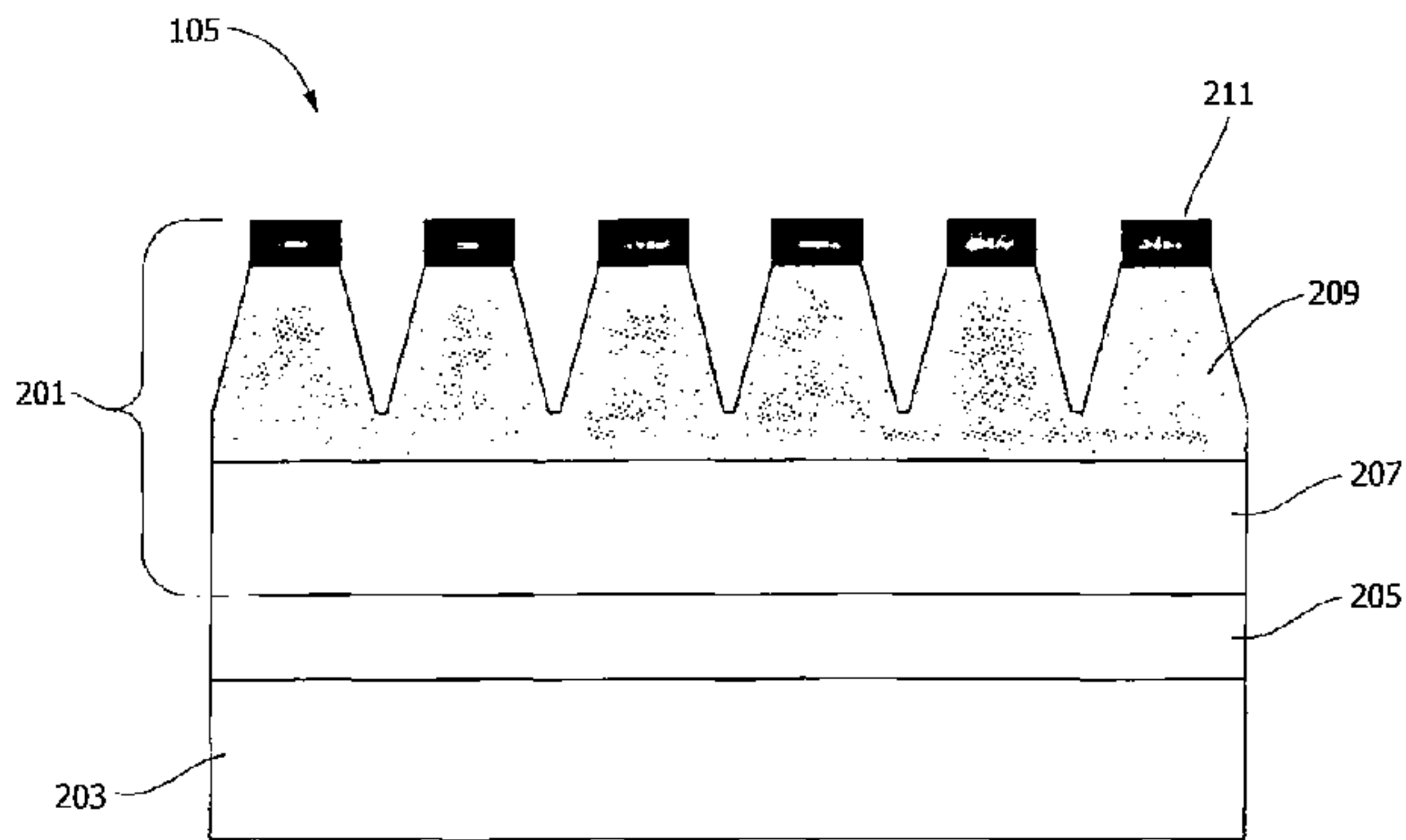
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Surinder Singh Pabla, Greenville, SC 29615 (US)
Luc Stephane Leblanc, Niskayuna, NY 12309 (US)
Donald Earl Floyd, Greenville, SC 29615 (US)

(74) Vertreter:
freigutpartners IP Law Firm Dr. Rolf Dittmann,
Hahnrainweg 4
5400 Baden (CH)

(54) Einlaufdichtung und Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung.

(57) Eine Einlaufdichtung (105), die ein metallisches Substrat (203) und eine mehrlagige Keramikbeschichtung (201) auf dem metallischen Substrat (203) aufweist. Die mehrlagige Keramikbeschichtung enthält eine Grundsicht (207), die auf dem metallischen Substrat (203) abgeschieden ist, eine Einlaufschicht (209), die die erste Schicht (207) überdeckt, und eine abschleifende Schicht (211), die die zweite Schicht (209) überdeckt. Die abschleifende Schicht (211) ist aus einem abschleifenden Material hergestellt. Ausserdem sind ein Turbinensystem und ein Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung (105) offenbart.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Einlaufdichtungen. Spezieller betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung, die abschleifbare und abschleifenden Eigenschaften aufweist.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0002] Viele Systeme, beispielsweise in Gasturbinen, sind thermischen, mechanischen und chemisch aggressiven Umgebungen ausgesetzt. Beispielsweise wird in dem Verdichterabschnitt einer Gasturbine atmosphärische Luft bis zu dem 10-25fachen des atmosphärischen Drucks verdichtet und in dem Vorgang adiabatisch auf ungefähr 426,67° C (800 °F) bis etwa 676,67° C (1250 °F) erwärmt. Diese erwärmte und verdichtete Luft wird in eine Brennkammer gelenkt, wo sie mit Brennstoff vermischt wird. Der Brennstoff wird gezündet, und der Verbrennungsprozess erwärmt die Gase auf sehr hohe Temperaturen, die ungefähr 1648,89° C (3000 °F) überschreiten. Diese Heißgase strömen durch die Turbine, wo Schaufelblätter, die an rotierenden Turbinenscheiben befestigt sind, Energie entziehen, um den Fan und den Verdichter der Turbine anzutreiben, und durch das Abgasauslasssystem, wobei die Gase ausreichend Energie bereitstellen, um einen Generatorrotor drehend anzutreiben, um Strom zu erzeugen. Enge Dichtungen und ein genau gelenkter Strom der heißen Gase sorgen im Betrieb für Effizienz. Die Erzielung derartig enger Dichtungen im Falle von Turbinendichtungen und eines genau gelenkten Stroms ist hinsichtlich der Herstellung möglicherweise problematisch und kostspielig.

[0003] Im Betrieb bleibt das Turbinengehäuse (Deckband) in Bezug auf die rotierenden Schaufeln stationär. Gewöhnlich lassen sich die höchsten Wirkungsgrade erzielen, indem zwischen dem Deckband und den Schaufelspitzen ein minimaler Schwellwertspalt eingehalten wird, um dadurch einen unerwünschten „Leckstrom“ von Heißgas über die Spitze der Schaufeln zu vermeiden. Vergrößerte Abstandsspalte führen zu Undichtigkeitsproblemen und bewirken wesentliche Verringerungen des Gesamtwirkungsgrads der Gasturbine.

[0004] Versuche wurden unternommen, den Abstandspalt auf ein Minimum zu reduzieren, um den Wirkungsgrad zu erhöhen, während übermäßiger Verschleiß an den Turbinenschaufelspitzen vermieden wird. Beispielsweise verwenden einige herkömmliche Turbinenmaschinen Wärmedämmschichten (TBCs) auf den Ringdichtungssegmenten. Als TBC-Materialien werden gewöhnlich Keramikmaterialien wegen ihrer hohen Temperaturbeständigkeit und ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit genutzt. Bekannte Einlaufbeschichtungssysteme nutzen Wärmedämmschichten, die so konstruiert sind, dass ein Teil der Beschichtung weggeschliffen wird, wenn er mit einer Turbinenschaufel in Berührung kommt, so dass Schäden an der Turbinenschaufel verhindert werden. Die Wärmedämmschichten isolieren außerdem die zugrundeliegenden Turbinenbauteile von den im Betrieb vorhandenen Heißgasen, deren Temperatur 1093,33° C (2000 Grad Fahrenheit) überschreiten kann. Die Wärmedämmschichten halten die Temperatur des zugrundeliegenden Turbinenbauteils bei einer wesentlich geringeren Temperatur.

[0005] Die Erfordernis, einen angemessenen Spalt ohne einen wesentlichen Verlust an Wirkungsgrad aufrecht zu erhalten, ist durch die Tatsache erschwert, dass der Spalt zwischen einer Rotorblattspitze und dem Deckband möglicherweise nicht über den gesamten Umfang des Deckbands einheitlich ist. Eine Uneinheitlichkeit ist auf eine Anzahl von Faktoren zurückzuführen, zu denen Bearbeitungstoleranzen bei der maschinellen Bearbeitung, Stapelungstoleranzen und eine ungleichmäßige Ausdehnung aufgrund von Änderungen der thermisch wirksamen Masse und der thermischen Reaktion gehören. Solche Uneinheitlichkeit führt zu einer Abweichung der Länge der Turbinenschaufel und ihres Aufpralls auf die Einlaufbeschichtung, so dass es zu einem ungleichmäßigen Abrieb der Einlaufbeschichtung kommt. Bekannte Systeme minimieren den Spalt und die Konstruktion mit Blick auf die Uneinheitlichkeit der Schaufelspitzen, während Schaden an den Turbinenschaufelspitzen vermieden wird.

[0006] Ein weiteres bekanntes Problem im Zusammenhang mit Einlaufbeschichtungen ist, dass die Beschichtungen durch Sintern verschleißen, nachdem sie über längere Zeit Turbinenmaschinenbetriebstemperaturen ausgesetzt waren. Die Fähigkeit der Einlaufbeschichtung, abzuscheren, wenn sie mit Spitzen von Turbinenschaufeln in Berührung kommt, wird durch das Sintern der Einlaufbeschichtung erheblich reduziert. Im Falle von Hochtemperaturbetrieb wird mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) instabil, und die Abtragungs- und Einlaufeigenschaften der Beschichtung werden verringert.

[0007] Somit besteht der Bedarf nach einer Einlaufbeschichtung, die die uneinheitliche Rotorblattlänge bewältigt, eine ausreichende Isolierung für das zugrundeliegende Substrat bereitstellt, einen Abrieb der Einlaufbeschichtung unter Betriebsbedingungen ermöglicht, an dem Substrat haften bleibt und eine längerfristige Zuverlässigkeit und einen verbesserten Wirkungsgrad ermöglicht. In der Fachwelt wären eine Einlaufdichtung und ein Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung erwünscht, die einen oder mehrere der oben erwähnten Nachteile nicht aufweist.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die Erfindung betrifft eine Einlaufdichtung, die ein metallisches Substrat und eine mehrlagige Keramikbeschichtung auf dem metallischen Substrat aufweist. Die mehrlagige Keramikbeschichtung enthält eine Grundsicht, die auf dem metallischen Substrat abgeschieden ist, eine Einlaufschicht, die die erste Schicht überdeckt, und eine abschleifende Schicht, die die zweite Schicht überdeckt. Die abschleifende Schicht ist aus einem abschleifenden Material hergestellt.

[0009] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Einlaufdichtung zwischen dem Substrat und der mehrlagigen Keramikbeschichtung zusätzlich eine Bindschicht aufweist.

[0010] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Bindschicht eine MCrAlX-Auf-lagebeschichtung ist.

[0011] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Grundsicht eine keramische Schicht aus einem Material aufweist, das aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus Zirkonerde, die mit Ceroxid stabilisiert ist, Zirkonerde, die mit Magnesia stabilisiert ist, Zirkonerde, die mit Kalziumoxid stabilisiert ist, Zirkonerde, die mit Yttrium-oxid stabilisiert ist und Mischungen davon besteht.

[0012] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Grundsicht mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) aufweist, die etwa 7 bis ungefähr 8 Gew.-% Yttriumoxid enthält.

[0013] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Grundsicht eine Mikrostruktur mit dichten vertikalen Mikrorissen aufweist.

[0014] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Einlaufschicht mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) mit etwa 18 bis ungefähr 20 Gew.-% Yttriumoxid aufweist.

[0015] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Einlaufschicht eine Mikrostruktur mit dichten vertikalen Mikrorissen aufweist.

[0016] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Einlaufschicht $\text{Yb}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$ aufweist.

[0017] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Einlaufschicht zu einem geometrischen Muster angeordnet ist.

[0018] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass das geometrische Muster ein Rau-tenmuster ist.

[0019] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass das geometrische Muster ein ge-zahntes Muster ist.

[0020] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass das abschleifenden Material mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) ist, die etwa 7 bis ungefähr 8 Gew.-% Yttriumoxid enthält.

[0021] Bei einer Ausführungsform der Einlaufdichtung kann es vorteilhaft sein, dass die Grundsicht und die abschlei-fende Schicht aus demselben Material gebildet sind.

[0022] Die Erfindung betrifft ferner ein Turbinensystem, das mehrere rotierende Bauteile und eine Einlaufdichtung auf-weist. Die Einlaufdichtung enthält ein metallisches Substrat und eine mehrlagige Keramikbeschichtung auf dem metalli-schen Substrat. Die mehrlagige Keramikbeschichtung enthält eine Grundsicht, die auf der Bindschicht abgeschieden ist, eine Einlaufschicht, die die erste Schicht überdeckt, und eine abschleifende Schicht, die die zweite Schicht überdeckt. Die abschleifende Schicht ist aus einem abschleifenden Material hergestellt. Die rotierenden Bauteile und Einlaufdichtung sind dazu eingerichtet und angeordnet, die Einlaufdichtung mit dem rotierenden Bauteil in Berührung zu bringen.

[0023] Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung. Zu dem Verfahren gehören die Schritte: Abscheiden einer mehrlagigen Keramikbeschichtung auf dem metallischen Substrat. Die mehrlagige Keramikbe-schichtung enthält eine Grundsicht, die auf der Bindschicht abgeschieden ist, eine Einlaufschicht, die die erste Schicht überdeckt und eine abschleifende Schicht, die die zweite Schicht überdeckt. Die abschleifende Schicht ist aus einem ab-schleifenden Material hergestellt.

[0024] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens kann es vorteilhaft sein, dass das Verfahren zusätzlich den Schritt aufweist, die mehrlagige Keramikbeschichtung mit einem rotierenden Bauteil in Berührung zu bringen.

[0025] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens kann es vorteilhaft sein, dass das Bauteil eine Turbinenschaufel ist.

[0026] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens kann es vorteilhaft sein, dass das Beschichten ein Strukturieren in der Einlaufschicht zu einem geometrischen Muster beinhaltet.

[0027] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden detaillierteren Beschrei-bung der bevorzugten Ausführungsform in Verbindung mit den beigefügten Figuren offenkundig, die die Grundzüge der Erfindung anhand von Beispielen veranschaulichen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0028] Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Turbinenanordnung, die eine Einlaufdichtung aufweist, gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

[0029] Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Dichtungsanordnung, die mehrere Schichten aufweist, die auf einem Substrat ange-ordnet sind, gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

[0030] Fig. 3 veranschaulicht ein Abschleifen des rotierenden Bauteils, das durch die Einlaufdichtung ermöglicht ist, gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

[0031] Fig. 4 veranschaulicht Abtragungsdaten, die vergleichbare Abtragungsraten für unterschiedliche mittels YSZ stabilisierte Schichten zeigen.

[0032] Fig. 5 veranschaulicht Abtragungsdaten, die vergleichbare Abtragungsraten für unterschiedliche mittels YSZ stabilisierte Schichten zeigen.

[0033] Wo immer es möglich ist, werden zur Bezeichnung übereinstimmender Teile über sämtliche Zeichnungen hinweg dieselben Bezugszeichen verwendet.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0034] Bereitgestellt sind eine Einlaufdichtung und ein Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung, die Eigenschaften der Abschleifbarkeit und des Abschleifens aufweist. Im Vergleich zu ähnlichen Konzepten, die nachteilig eines oder mehrere der hier beschriebenen Merkmale nicht aufweisen, stellen Ausführungsformen der Offenbarung eine enge Dichtung im Zusammenhang mit Turbinensystemen bereit, die Systeme mit uneinheitlicher Rotorblattlänge enthalten. Darüber hinaus behält die Einlaufdichtung gemäß der Offenbarung isolierende Eigenschaften bei, ermöglicht einen Abrieb der Einlaufbeschichtung und bleibt unter Betriebsbedingungen des Turbinensystems an dem Substrat haften, was eine längerfristige Zuverlässigkeit und einen verbesserten Wirkungsgrad der Gasturbine ermöglicht.

[0035] Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittansicht eines Turbinenabschnitts eines Gasturbinensystems 100, betrachtet in Richtung einer Mittelachse der Drehachse. Das Gasturbinensystem 100 enthält ein stationäres Bauteil 101, beispielsweise ein Deckband, das einen Rotor 103 umgibt. Das stationäre Bauteil 101 ist ein beliebiges geeignetes Bauteil, das in Bezug auf ein rotierendes Bauteil in einer festen Stellung verbleibt.

[0036] Auf dem stationären Bauteil 101 ist eine Einlaufdichtung 105 angeordnet. An dem Rotor 103 sind rotierende Bauteile 107 befestigt. Die rotierenden Bauteile 107 sind geeignete Turbinenschaufeln oder Turbinenblätter. Die Begriffe „Blatt“ und „Schaufel“ werden hier untereinander austauschbar verwendet. Während der Drehung des Rotors 103 berühren die rotierenden Bauteile 107 die Einlaufdichtung 105 oder kommen mit dieser nahezu in Berührung.

[0037] Fig. 2 zeigt eine geschnittene schematische Ansicht einer Einlaufdichtung 105 gemäß einer Ausführungsform. Die Einlaufdichtung 105 basiert auf einer mehrlagigen Keramikbeschichtung 201 auf einem metallischen Substrat 203. In dem hier verwendeten Sinne soll der Begriff „metallisch“ Metalle, Legierungen, Verbundmetalle, intermetallische Materialien, oder eine beliebige Kombination davon beinhalten. In einer Ausführungsform enthält das Substrat 203 rostfreien Stahl oder ist rostfreier Stahl. In einer weiteren Ausführungsform enthält das Substrat 203 eine nickelbasierte Legierung oder besteht daraus. Andere geeignete Legierungen umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein Kobaltbasislegierungen, auf Chrom basierende Legierungen, Kohlenstoffstahl und Kombinationen davon. Geeignete Metalle umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein Titan, Aluminium und Kombinationen davon. In einer Ausführungsform ist das metallische Substrat 203 an einer Innenfläche des stationären Bauteils 101 angeordnet, wobei die Innenfläche die Oberfläche ist, die dem Rotor 103 zugewandt ist. Allerdings ist das metallische Substrat 203 nicht in dieser Weise beschränkt und schließt andere geeignete Oberflächen ein. In der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform enthält die Einlaufdichtung 105 zwischen der mehrlagigen Keramikbeschichtung 201 und dem metallischen Substrat eine Bindschicht 205. Die Bindschicht 205 enthält beispielsweise MCrAlY , wobei M Nickel (Ni), Kobalt (Co), Eisen (Fe) oder einige Kombinationen von diesen, oder eine intermetallische Phase von Beta-NiAl ist. Die Bindschicht 205 kann beispielsweise, jedoch ohne darauf beschränken zu wollen, anhand von Materialien wie Pulvern, beispielsweise CoCrAlY , NiCrAlY , CoNiCrAlY und Rhenium hergestellt sein, das Varianten und andere geeignete Materialien enthält.

[0038] Die mehrlagige Keramikbeschichtung 201, die die Bindschicht 205 überdeckt, weist eine Grundsicht 207 auf. Die Grundsicht 207 enthält ein Wärmedämmschichtmaterial. Das Wärmedämmschichtmaterial enthält beispielsweise Barium-Strontium-Aluminiumsilikat oder Zirkonerde, die teilweise mit Yttriumoxid stabilisiert ist. In einer Ausführungsform enthält die Grundsicht 207 weniger als etwa 10 Gew.-% Yttriumoxid, oder etwa 6 Gew.-% bis etwa 8 Gew.-% Yttriumoxid oder etwa 7 Gew.-% bis etwa 8 Gew.-% Yttriumoxid. Während Yttriumoxid als ein geeigneter Stabilisator offenbart ist, können desgleichen andere Stabilisatoren verwendet werden, z.B. Erbiumoxid, Gadoliniumoxid, Neodymoxid, Ytterbium(III)-Oxid, Lanthanoxid und/oder Dysprosiumoxid. Die partielle Stabilisierung der YSZ mit 6 bis 8 Gew.-% Yttriumoxid (beispielsweise weniger als etwa 10 Gew.-% YSZ) ergibt eine Schicht, die unter Bedingungen einer Hochtemperaturwechselbeanspruchung besser haftet und gegen Abspaltung beständiger ist als eine YSZ-Wärmedämmschicht mit höheren Anteilen von Yttriumoxid. Außerdem ist die teilweise (beispielsweise mit weniger als etwa 10 Gew.-% YSZ) stabilisierte YSZ beständiger gegen Abtragung als vollständig (z.B. mit etwa 20 Gew.-% YSZ) stabilisierte YSZ. Die Grundsicht 207 stellt eine haftende Beschichtung bereit, die gegenüber Sintern und Abspaltung resistent ist. In einer Ausführungsform weist die Grundsicht 207 eine hier mit dichte vertikale Mikrorisse (DVC) bezeichnete Mikrostruktur auf. Thermisch gespritzte DVC-Wärmedämmschichten sind beispielsweise in den US-Patentschriften 5 073 433; 5 520 516; 5 830 586; 5 897 921; 5 989 343 und 6 047 539 offenbart, die sämtliche durch Bezugnahme vollumfänglich in diese Patentanmeldung einbezogen sind. Geeignete Dicken für die Grundsicht beinhalten weniger als etwa 1,905mm (75 Tausendstelzoll), von

etwa 0,025mm (1 Tausendstelzoll) bis ungefähr 1,905mm (75 Tausendstelzoll), oder von etwa 0,127mm (5 Tausendstelzoll) bis ungefähr 1,27mm (50 Tausendstelzoll).

[0039] Außerdem weist die mehrlagige Keramikbeschichtung 201, wie in Fig. 2 gezeigt, eine Einlaufschicht 209 auf, die die Grundsicht 207 überdeckt. Die Einlaufschicht 209 enthält ein keramisches Wärmedämmschichtmaterial und weist eine Härte auf, die ausreichend gering ist, um Abtragung und/oder Abrieb der Einlaufschicht 209 zu erlauben, wenn sie mit rotierenden Bauteilen 107 in Berührung kommt. Ähnlich wie die Grundsicht 207 enthält das Wärmedämmschichtmaterial der Einlaufschicht 209 beispielsweise Barium-Strontium-Aluminiumsilikat oder Zirkonerde, das bzw. die teilweise oder vollständig mit Yttriumoxid, Magnesia, Kalziumoxid oder sonstigen Stabilisatoren stabilisiert ist. In einer Ausführungsform verwendet die Einlaufschicht 209 Yttriumoxid als Stabilisator und enthält wenigstens 15 Gew.-% Yttriumoxid und bis etwa 22 Gew.-% Yttriumoxid, oder etwa 18% bis ungefähr 20% Yttriumoxid. In einer Ausführungsform enthält die Einlaufschicht 209 $\text{Yb}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$. Desgleichen können auch andere Stabilisatoren verwendet werden, z.B. Erbiumoxid, Gadoliniumoxid, Neodymoxid, Ytterbium(III)-Oxid, Lanthanoxid und/oder Dysprosiumoxid. In einer Ausführungsform weist die Einlaufschicht 209 mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) oder $\text{Yb}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$ mit dichten vertikalen Mikrorissen auf. Geeignete Dicken für die abschleifende Schicht 211 beinhalten Bereiche von etwa 0,635mm (25 Tausendstelzoll) bis ungefähr 1,905mm (75 Tausendstelzoll), von etwa 1,016mm (40 Tausendstelzoll) bis ungefähr 1,524mm (60 Tausendstelzoll) oder etwa 1,270mm (50 Tausendstelzoll). Darüber hinaus ist die Einlaufschicht 209 temperaturbeständig und behält die Eigenschaften der Abschleifbarkeit und Wärmeleitfähigkeit unter den Betriebsbedingungen einer Gasturbine bei. Die vollständig stabilisierte YSZ (z.B. die Zirkonerde, die etwa 20 Gew.-% Yttriumoxid enthält) stellt ein Material mit geringer Wärmeleitfähigkeit bereit, das beispielsweise 20-30% oder 25-30% oder etwa 30% geringere Wärmeleitfähigkeiten im Vergleich zu teilweise stabilisierter YSZ (z.B. YSZ mit etwa 8 Gew.-% Yttriumoxid) sowie größere Abschleifbarkeit bietet, wenn es mit den rotierenden Bauteilen 107 in Berührung kommt. In einer Ausführungsform weist die Einlaufschicht 209 eine DVC-Mikrostruktur auf. In dem hier verwendeten Sinne bedeutet „abschleifbar“ und „Abschleifbarkeit“, dass das Material die Eigenschaft des Abschleifens oder Abtragens aufweist, um einen Reibpfad zu bilden, wenn es mit rotierenden Bauteilen 107 in Berührung kommt, wobei die rotierenden Bauteile geringfügig oder überhaupt nicht beschädigt werden.

[0040] In einer Ausführungsform wird die Einlaufschicht 209 zu einem geometrischen Muster abgeschieden. Das geometrische Muster ist dazu eingerichtet, eine Abdichtung und Abtragungseigenschaften zu erzielen. Durch „geometrisches Muster“, soll ausgedrückt werden, dass die Einlaufschicht 209 mit erhabenen oder von der zugrundeliegenden Schicht vorspringenden Abschnitten abgeschieden ist, wobei ein Muster gebildet wird, das sich wiederholt und von oben betrachtet sichtbar ist. Das geometrische Muster kann, jedoch ohne darauf beschränken zu wollen, Muster wie beispielsweise Raute, Steg, Sechseck, Ellipse, Kreis, Dreieck, Rechteck, oder sonstige geeignete geometrische Muster beinhalten. In einer Ausführungsform erstrecken sich die erhabenen oder vorspringenden Abschnitte des geometrischen Musters oberhalb der zugrundeliegenden Schicht um eine Distanz von kleiner oder gleich etwa 1,651mm (0,065 Zoll) oder kleiner oder gleich etwa 0,889mm (0,035 Zoll) oder kleiner oder gleich etwa 0,381mm (0,015 Zoll).

[0041] Die mehrlagige Keramikbeschichtung enthält eine abschleifende Schicht 211, die die Einlaufschicht 209 überdeckt. Die abschleifende Schicht 211 enthält ein Wärmedämmschichtmaterial. In einer Ausführungsform weist die abschleifende Schicht 211 eine ausreichende Härte auf, um die rotierenden Bauteile abzuschleifen, die mit der abschleifenden Schicht 211 in Berührung kommen. Durch „abschleifend“ soll in dem hier verwendeten Sinne ausgedrückt werden, dass das Material die Eigenschaft des Erodierens oder Abtragens von rotierenden Bauteilen 107 aufweist, wenn es mit den rotierenden Bauteilen 107 in Berührung kommt. Ähnlich wie die Grundsicht 207 enthält das Wärmedämmschichtmaterial der abschleifenden Schicht 211 beispielsweise Barium-Strontium-Aluminiumsilikat oder Zirkonerde, die teilweise mit Yttriumoxid stabilisiert ist. In einer Ausführungsform enthält die abschleifende Schicht 211 weniger als etwa 10 Gew.-% Yttriumoxid, oder etwa 7 Gew.-% bis etwa 8 Gew.-% Yttriumoxid. Während Yttriumoxid als ein geeigneter Stabilisator offenbart ist, können desgleichen andere Stabilisatoren verwendet werden, z.B. Erbiumoxid, Gadoliniumoxid, Neodymoxid, Ytterbium(III)-Oxid, Lanthanoxid und/oder Dysprosiumoxid. Die abschleifende Schicht 211 ist dazu eingerichtet, den Spalt zwischen den rotierenden Bauteilen 107 und dem stationären Bauteil 101 zu minimieren, wobei sie die rotierenden Bauteile, die aufgrund uneinheitlicher Länge auf der Schicht auftreffen, wahlweise abschleift, insbesondere, während sich die Turbinenbauteile, z.B. während eines warmen erneuten Hochfahrens, in unterschiedlichen Ausdehnungszuständen befinden. Der Betrag und die Rate der Abtragung wird von dem Grad der Uneinheitlichkeit der rotierenden Bauteile 107 abhängen. Die Dicke der abschleifenden Beschichtung reicht aus, um abschleifende Eigenschaften bereitzustellen und eine Abtragung zu ermöglichen, um die Einlaufschicht 209 freizulegen. Geeignete Dicken für die abschleifende Schicht 211 beinhalten weniger als 0,254mm (10 Tausendstelzoll), von etwa 0,0254mm (1 Tausendstelzoll) bis ungefähr 0,254mm (10 Tausendstelzoll) oder von etwa 0,0254mm (1 Tausendstelzoll) bis ungefähr 0,127mm (5 Tausendstelzoll). In einer Ausführungsform weist die abschleifende Schicht 211 eine DVC-Mikrostruktur auf. In einer Ausführungsform weist die abschleifende Schicht 211 eine poröse Struktur auf. In einer Ausführungsform enthält die abschleifende Schicht 211 dasselbe Material wie die Grundsicht 207. In einer weiteren Ausführungsform enthält die abschleifende Schicht 211 ein Material, das sich von der Grundsicht 207 unterscheidet.

[0042] Fig. 3 zeigt ein Verfahren der Nutzung der Einlaufdichtung 105, beispielsweise beim Hochfahren der Gasturbine. Wie in Fig. 3 gezeigt, weist das rotierende Bauteil 107 einen Spitzenbereich 301 auf, der an der abschleifenden Schicht 211 mit der Einlaufdichtung 105 in Berührung kommt. Während das rotierende Bauteil 107 mit der abschleifenden Schicht 211 in Berührung kommt, wird der Spitzenbereich 301 des rotierenden Bauteils 107 abgeschliffen. Zusätzlich wird die

abschleifende Schicht 211 von der Einlaufdichtung 105 abgetragen. Bei weiterer Rotation berühren die rotierenden Bauteile 107 die Einlaufschicht 209 weiter und schleifen einen Dichtungspfad in der Einlaufschicht 209. Das Abschleifen des Spitzenbereichs 301 verändert die Länge des Rotorblatts, so dass die Rotorblattlänge einheitlicher wird. Die größere Einheitlichkeit der Rotorblattlänge hat einen kleinen oder überhaupt keinen Spalt zwischen dem rotierenden Bauteil 107 und der Einlaufdichtung 105 zum Ergebnis.

[0043] Das Aufbringen der Grundsicht 207, der Einlaufschicht 209 und der abschleifenden Schicht 211 kann durch ein beliebiges geeignetes Beschichtungsverfahren erreicht werden, das zum Aufbringen von TBC-Materialien bekannt ist. Geeignete Verfahren beinhalten Aufbringung durch Warmspritzen (z.B. Luftplasmaspritzen (APS) und Hochgeschwindigkeitssauerstofflamm-(HVOF)-Spritzen) und physikalische Dampfabcheidungs-(PVD)-Techniken, wie beispielsweise Elektronenstrahl-PVD-Beschichtung (EBPVD). Ein besonders geeignetes Verfahren zum Aufbringen der Grundsicht 207, der Einlaufschicht 209 und der abschleifenden Schicht 211 ist in dem US-Patent 5 073 433 offenbart. Als Ergebnis dieses Verfahrens weisen die Grundsicht 207, die Einlaufschicht 209 und die abschleifende Schicht 211 jeweils vertikale Mikrorisse auf, vorzugsweise wenigstens fünfundzwanzig Risse pro linearen 25,4mm (Zoll) der Oberfläche, wobei sich zumindest einige der Mikrorisse vollständig durch die äußere Schicht bis zu deren Grenzfläche mit der zugrundeliegenden Schicht erstrecken.

[0044] Fig. 4 und 5 veranschaulichen Abtragsdaten, die vergleichende Abtragungsraten für unterschiedliche YSZ-stabilisierte Schichten zeigen. Wie in Fig. 4 gezeigt, ist die Abtragung der 8 Gew.-% YSZ (8YSZ), die dichte vertikale Mikrorisse (DVC) aufweist, wesentlich geringer als die mit 20 Gew.-% Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde und als das $\text{Yb}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$ (YbZirc). Fig. 5 zeigt, dass die Abtragsraten bei äquivalenten Temperaturen, bei denen die 8YSZ im Vergleich zu der 20YSZ und dem $\text{Yb}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$ wesentlich zu erodieren beginnt, wenn es höheren Temperaturen ausgesetzt ist. Wie gezeigt, stellt die Kombination der 8YSZ und 20YSZ (oder des $\text{Yb}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$) in der Anordnung gemäß der vorliegenden Beschreibung die Abschleißbarkeit (d.h. Abtragung) in der Einlaufschicht 209 sowie die erwünschten abschleifenden Eigenschaften der abschleifenden Schicht 211 mit hoher Temperaturfestigkeit bereit.

[0045] Während die Erfindung mit Bezug auf eine oder mehrere Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es dem Fachmann klar, dass vielfältige Änderungen vorgenommen werden können, und dass Elemente davon durch äquivalente Ausführungen substituiert werden können, ohne dass der Schutzbereich der Erfindung berührt ist. Darüber hinaus können viele Abwandlungen vorgenommen werden, um eine besondere Situation oder ein spezielles Material an die Lehre der Erfindung anzupassen, ohne von dem hauptsächlichen Gegenstand der Erfindung abzuweichen. Es ist daher nicht beabsichtigt, die Erfindung auf die spezielle Ausführungsform zu beschränken, die als die am besten geeignete Weise der Umsetzung der Erfindung erachtet wird, vielmehr soll die Erfindung sämtliche Ausführungsformen mit umfassen, die in den Schutzbereich der beigefügten Patentansprüche fallen. Darüber hinaus sollen sämtliche numerischen Werte, die in der detaillierten Beschreibung verwendet sind, interpretiert werden, als ob die genauen und approximierten Werte beide ausdrücklich festgelegt sind.

[0046] Eine Einlaufdichtung, die ein metallisches Substrat und eine mehrlagige Keramikbeschichtung auf dem metallischen Substrat aufweist. Die mehrlagige Keramikbeschichtung enthält eine Grundsicht, die auf dem metallischen Substrat abgeschieden ist, eine Einlaufschicht, die die erste Schicht überdeckt, und eine abschleifende Schicht, die die zweite Schicht überdeckt. Die abschleifende Schicht ist aus einem abschleifenden Material hergestellt. Außerdem sind ein Turbinensystem und ein Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung offenbart.

Patentansprüche

1. Einlaufdichtung, aufweisend:
ein metallisches Substrat; und
eine mehrlagige Keramikbeschichtung auf dem metallischen Substrat, wobei die mehrlagige Keramikbeschichtung aufweist:
eine Grundsicht, die auf dem metallischen Substrat abgeschieden ist,
eine Einlaufschicht, die die erste Schicht überdeckt, und
eine abschleifende Schicht, die die zweite Schicht überdeckt,
wobei die abschleifende Schicht aus einem abschleifenden Material hergestellt ist.
2. Einlaufdichtung nach Anspruch 1, die zwischen dem Substrat und der mehrlagigen Keramikbeschichtung außerdem eine Bindschicht enthält.
3. Einlaufdichtung nach Anspruch 2, wobei die Bindschicht eine MCrAlX-Auflagebeschichtung ist.
4. Einlaufdichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Grundsicht eine keramische Schicht aus einem Material aufweist, das aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus Zirkonerde, die mit Ceroxid stabilisiert ist, Zirkonerde, die mit Magnesia stabilisiert ist, Zirkonerde, die mit Kalziumoxid stabilisiert ist, Zirkonerde, die mit Yttriumoxid stabilisiert ist und Mischungen davon besteht.
5. Einlaufdichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Grundsicht mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) aufweist, die 7 bis 8 Gew.-% Yttriumoxid enthält, und/oder wobei das abschleifende Material mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) ist, die 7 bis 8 Gew.-% Yttriumoxid enthält.

6. Einlaufdichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Einlaufschicht mit Yttriumoxid stabilisierte Zirkonerde (YSZ) mit 18 bis 20 Gew.-% Yttriumoxid aufweist.
7. Einlaufdichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Einlaufschicht $\text{Yb}_4\text{Zr}_3\text{O}_{12}$ enthält.
8. Einlaufdichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Grundsicht und/oder die Einlaufschicht eine Mikrostruktur mit vertikalen Mikrorissen aufweist.
9. Turbinensystem, aufweisend:
mehrere rotierende Bauteile;
eine Einlaufdichtung, aufweisend:
ein metallisches Substrat; und
eine mehrlagige Keramikbeschichtung auf dem metallischen Substrat, eine Bindschicht zwischen dem Substrat und der mehrlagigen Keramikbeschichtung, wobei die mehrlagige Keramikbeschichtung aufweist:
eine Grundsicht, die auf der Bindschicht abgeschieden ist,
eine Einlaufschicht, die die erste Schicht überdeckt, und
eine abschleifende Schicht, die die zweite Schicht überdeckt,
wobei die abschleifende Schicht aus einem abschleifenden Material hergestellt ist;
wobei die rotierenden Bauteile und die Einlaufdichtung dazu eingerichtet und angeordnet sind, die Einlaufdichtung mit dem rotierenden Bauteil in Berührung zu bringen.
10. Verfahren zur Herstellung einer Einlaufdichtung, mit den Schritten:
Abscheiden einer mehrlagigen Keramikbeschichtung auf einem eine Bindschicht aufweisenden metallischen Substrat, wobei die mehrlagige Keramikbeschichtung aufweist:
eine Grundsicht, die auf der Bindschicht abgeschieden ist,
eine Einlaufschicht, die die erste Schicht überdeckt, und
eine abschleifende Schicht, die die zweite Schicht überdeckt,
wobei die abschleifende Schicht aus einem abschleifenden Material hergestellt ist.

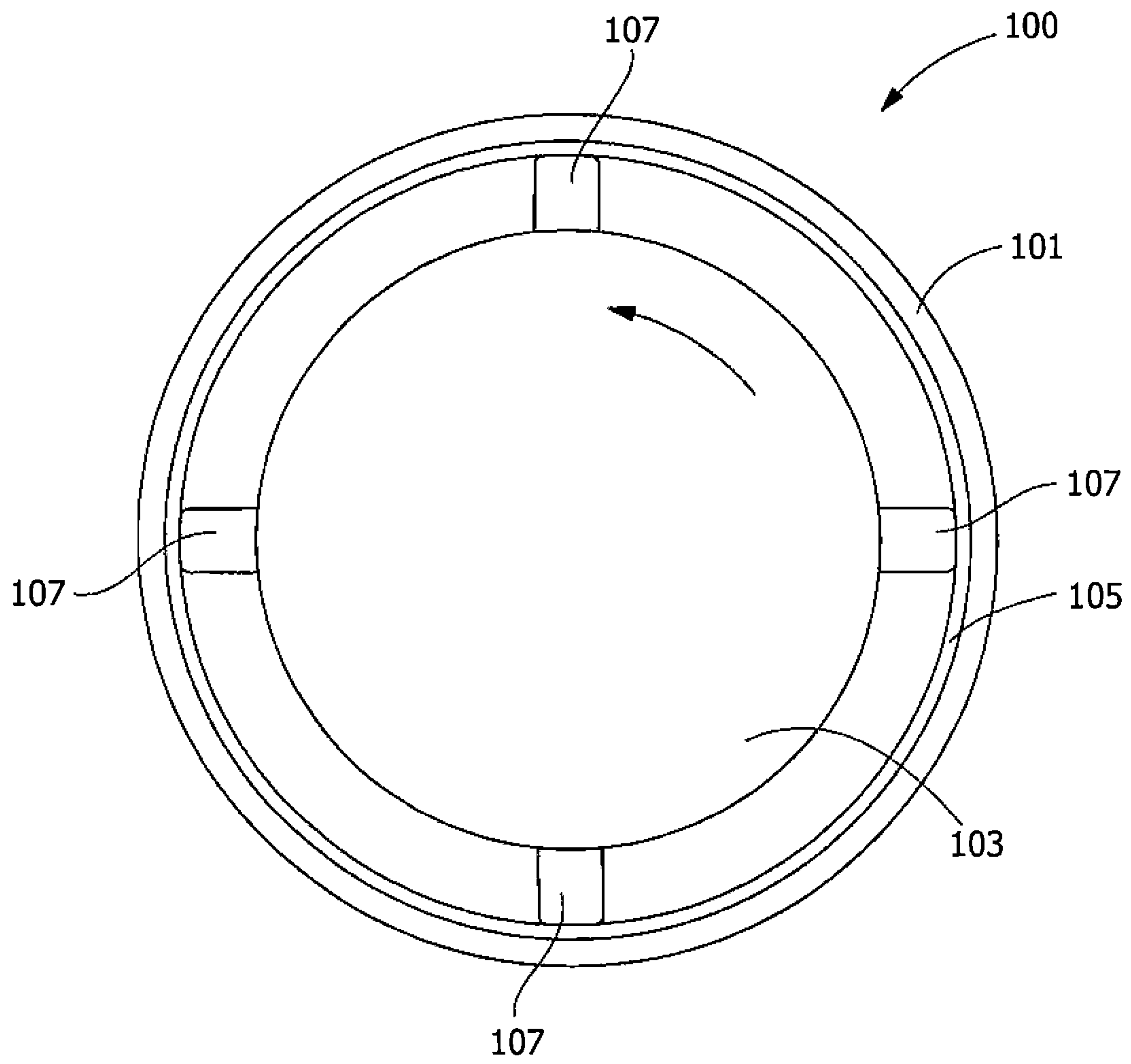


FIG. 1

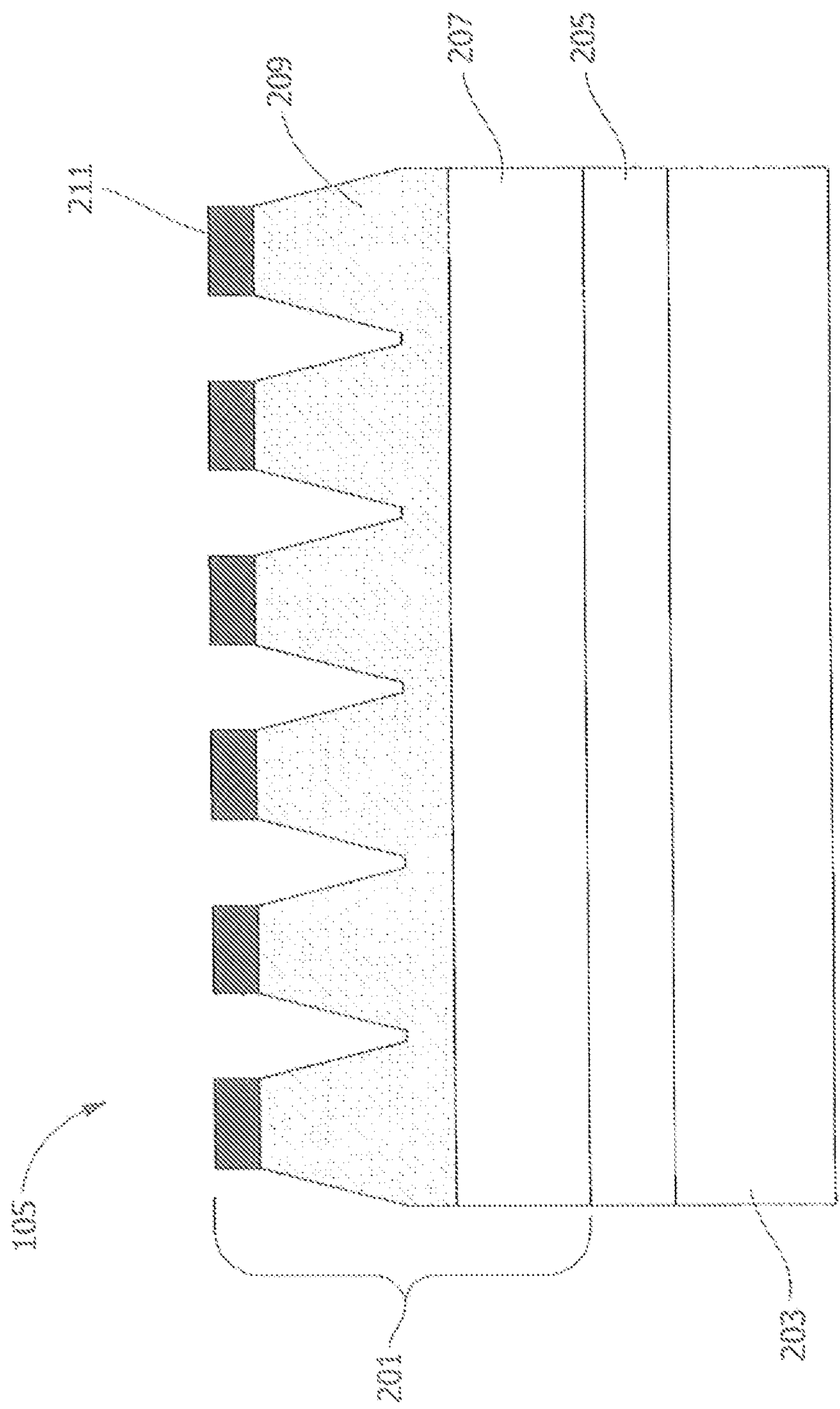


FIG. 2

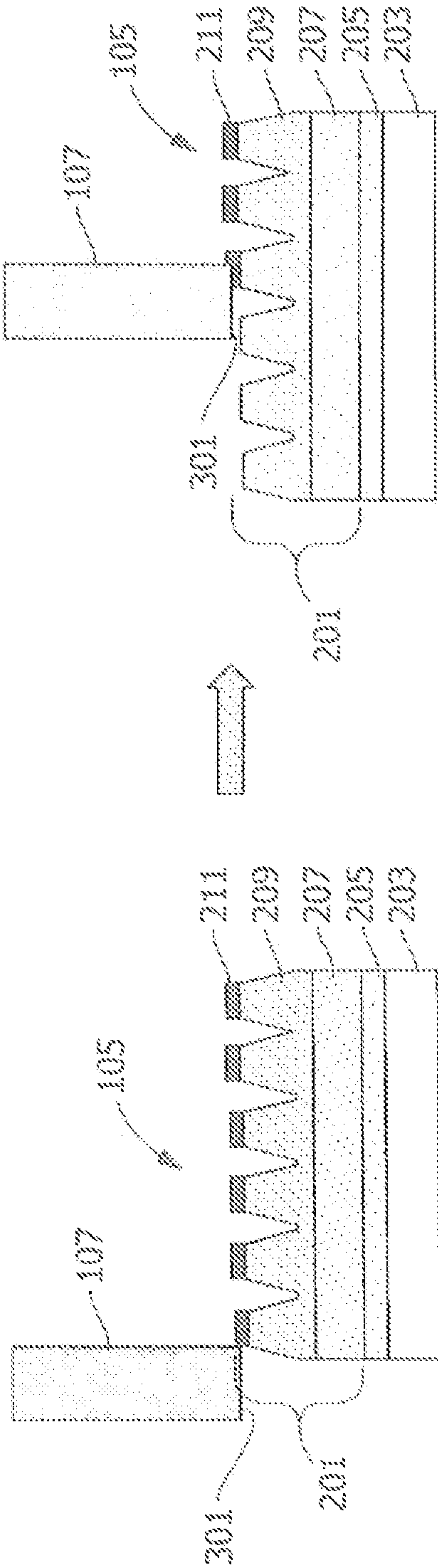


FIG. 3

