



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

(11) CH 709 619 A2

(51) Int. Cl.: G01M 13/00 (2006.01)  
F01D 25/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00505/15

(22) Anmeldedatum: 13.04.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.11.2015

(30) Priorität: 07.05.2014 US 14/271,622

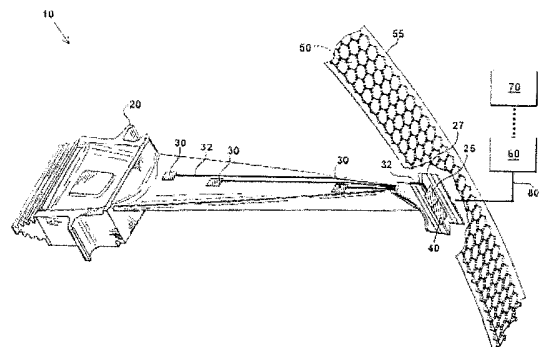
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Nilesh Tralshawala, Schenectady, NY 12345 (US)  
Daniel White Sexton, Niskayuna, NK 12309 (US)

(74) Vertreter:  
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14  
6300 Zug (CH)

(54) Detektionssystem mit drahtlosen Sensoren zur Überwachung einer Turbomaschinenkomponente auf einen Defekt.

(57) Detektionssystem (10), das zur Überwachung wenigstens einer physikalischen Eigenschaft einer Komponente (20) in einer Turbomaschine eingerichtet ist. Das Detektionssystem (10) enthält wenigstens einen Sensor (30), der eingerichtet ist, um an einer Komponente (20) einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor (30) für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente (20) während des Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist, einen Signalwandler (25), der mit dem wenigstens einen Sensor (30) kommunikationsmässig gekoppelt ist, und wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung (60), die eingerichtet ist, um an einer stationären Komponente einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei die HF-Kommunikationsvorrichtung (60) eingerichtet ist, um mit dem wenigstens einen Signalwandler (25) über eine HF-Antenne (40), die mit dem Signalwandler (25) gekoppelt ist, zu kommunizieren.



## Beschreibung

### LIZENZRECHTE DER REGIERUNG

[0001] Diese Erfindung wurde unter dem von dem US-Energieministerium erteilten Auftrag Nr. DE-FC26-05NT42 643 geschaffen. Die Regierung der Vereinigten Staaten hat bestimmte Rechte an dieser Erfindung.

### GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft allgemein Turbomaschinen. Insbesondere betrifft die hierin bereitgestellte Offenbarung die Detektion von Materialdefekten in Turbomaschinenkomponenten.

### HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0003] Turbomaschinenkomponenten, einschliesslich Gasturbinen (GT) – Komponenten erfahren raue Umgebungsbedingungen, wenn sie im Gebrauch sind. Solche Umgebungsbedingungen können Schwankungen der Materialeigenschaften von Turbomaschinenkomponenten (z.B. Schaufeln, Leitapparaten, Leitschaufeln oder Laufschaufeln) verursachen, die oft schwer zu detektieren sind. Wenn solche Komponenten einmal in Betrieb genommen wurden, können kleine Unterschiede in den Komponenten selbst, die durch Schwankungen von Materialeigenschaften verursacht sind, beginnen, grosse Schwankungen der Lebensdauer der Komponenten hervorzurufen. Im Allgemeinen werden Modelle zur Vorhersage der restlichen Nutzungslbensdauer (RUL, remaining useful life) verwendet, um einen planmässigen Ersatz von Turbomaschinenkomponenten durchzuführen. In Folge dessen werden viele Turbomaschinenkomponenten eventuell lange vor dem Ende ihrer tatsächlichen Lebensdauer ausgetauscht. Der Austausch von Komponenten auf der Basis eines planmässigen Wartungsprogramms ist teuer, wobei jedoch ein möglicherweise unnötiger Routineaustausch hinsichtlich der Möglichkeit eines katastrophalen Ausfalls einer Turbomaschine bevorzugt werden kann.

### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0004] Verschiedene Ausführungsformen enthalten Detektionssysteme, die für eine Überwachung wenigstens einer physikalischen Eigenschaft einer Komponente in einer Turbomaschine eingerichtet sind. In einigen Ausführungsformen enthält ein Detektionssystem wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an einer Komponente einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während des Betriebs der Turbomaschine vorgesehen ist, einen Signalwandler, der mit dem wenigstens einen Sensor kommunikationsmässig gekoppelt ist, und wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung, die eingerichtet ist, um an einer stationären Komponente der Turbomaschine befestigt zu sein, wobei die HF-Kommunikationsvorrichtung eingerichtet ist, um mit dem wenigstens einen Signalwandler über eine HF-Antenne, die an den Signalwandler gekoppelt ist, zu kommunizieren.

[0005] Ein erster Aspekt ergibt ein Detektionssystem, das enthält: wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an einer Komponente einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während des Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist; einen Signalwandler, der mit dem wenigstens einen Sensor kommunikationsmässig gekoppelt ist; und wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung, die eingerichtet ist, um an einer stationären Komponente der Turbomaschine befestigt zu sein, wobei die HF-Kommunikationsvorrichtung eingerichtet ist, um mit dem wenigstens einen Signalwandler über eine HF-Antenne, die mit dem Signalwandler gekoppelt ist, zu kommunizieren.

[0006] In dem zuvor erwähnten Detektionssystem kann der Signalwandler eine(r) der folgenden sein: ein akustischer Oberflächenwellensensor (SAW, surface acoustic wave sensor), ein nichtlinearer konzentrierter Resonator (NLR, non-linear lumped resonator) oder eine HF-Resonanzstruktur.

[0007] Das Detektionssystem einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann ferner eine Rechenvorrichtung aufweisen, die eingerichtet ist, um die Informationen bezüglich der wenigstens einen physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente von der HF-Kommunikationsvorrichtung zu empfangen.

[0008] Ausserdem kann die Rechenvorrichtung eingerichtet sein, um den wenigstens einen Sensor und eine Position des wenigstens einen Sensors relativ zu der Turbomaschine zu identifizieren.

[0009] In dem Detektionssystem jeder beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die HF-Kommunikationsvorrichtung eine Sende-Empfangs-Vorrichtung oder eine Empfangsvorrichtung enthalten.

[0010] Zusätzlich oder alternativ kann der wenigstens eine Sensor wenigstens einen der folgenden enthalten: einen Dehnungssensor, einen Temperatursensor, einen Drucksensor, einen Schwingungsmesssensor, einen Oberflächenanomaliesensor und/oder einen Rissdetektionssensor.

[0011] In einer Ausführungsform des Detektionssystems jeder beliebigen vorstehend erwähnten Art kann der Signalwandler in einem Schaufelspitzenband der Turbomaschinenkomponente angeordnet sein.

**[0012]** In einer weiteren Ausführungsform kann das Detektionssystem ferner eine Sende-Empfangs-Antenne aufweisen, die eine Öffnung in einem Gehäuse der Turbomaschine durchsetzt, um Nahfeld-HF-Signale zu dem Signalwandler zu senden und von diesem zu empfangen.

**[0013]** In der zuletzt erwähnten Ausführungsform kann das Detektionssystem ferner eine Kommunikationsleitung aufweisen, die durch einen Schaft der Turbomaschinenkomponente geführt ist und die wenigstens einen Sensor mit dem Signalwandler verbindet, wobei der Signalwandler an dem Schaft der Turbomaschinenkomponente angeordnet sein kann.

**[0014]** Ein zweiter Aspekt ergibt eine Turbomaschinenkomponente, die aufweist: einen Komponentenkörper; ein Detektionssystem, das mit dem Körper der Komponente gekoppelt ist, wobei das Detektionssystem enthält: wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an der Turbomaschinenkomponente befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während des Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist; einen Signalwandler, der mit dem wenigstens einen Sensor kommunikationsmässig gekoppelt ist; und wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung, die eingerichtet ist, um an einer stationären Komponente der Turbomaschine befestigt zu sein, wobei die HF-Kommunikationsvorrichtung eingerichtet ist, um mit dem wenigstens einen Signalwandler über eine HF-Antenne, die mit dem Signalwandler gekoppelt ist, zu kommunizieren.

**[0015]** Die zuvor erwähnte Turbomaschinenkomponente kann eines der folgenden enthalten: eine Turbomaschinenschaufel, einen Turbomaschinenleitapparat, eine Turbomaschinenlaufschaukel oder eine Turbomaschinenleitschaukel.

**[0016]** Die Turbomaschinenkomponente kann ferner eine Rechenvorrichtung aufweisen, die eingerichtet ist, um von der HF-Kommunikationsvorrichtung die Informationen bezüglich der wenigstens einen physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenschaufel zu empfangen.

**[0017]** In der Turbomaschinenkomponente jeder beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung eine Sende-Empfangs-Vorrichtung oder eine Empfangsvorrichtung enthalten.

**[0018]** Zusätzlich oder alternativ kann der wenigstens eine Sensor wenigstens eins der folgenden enthalten: einen Dehnungssensor, einen Temperatursensor, einen Drucksensor, einen Schwingungsmesssensor und/oder einen Rissdetektionssensor.

**[0019]** Weiter zusätzlich oder als weitere Alternative kann der Signalwandler einen der folgenden enthalten: einen akustischen Oberflächenwellensensor (SAW), einen nichtlinearen konzentrierten Resonator (NLR) oder eine HF-Resonanzstruktur.

**[0020]** In einer Ausführungsform kann die Turbomaschinenkomponente eine Turbomaschinenschaufel enthalten, und der Signalwandler kann an einer Schaufelspitze oder an einem Deckband der Turbomaschinenschaufel angeordnet sein.

**[0021]** Die Turbomaschinenkomponente der zuletzt erwähnten Art kann ferner eine Kommunikationsleitung aufweisen, die durch einen Schaft der Turbomaschinenschaufel geführt ist und die wenigstens einen Sensor mit dem Signalwandler verbindet, wobei der Signalwandler an dem Schaft der Turbomaschinenkomponente angeordnet sein kann.

**[0022]** Ein dritter Aspekt ergibt ein Detektionssystem, das enthält: wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an einer rotierenden Komponente einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während des Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist; einen Signalwandler, der an einer Plattform einer rotierenden Komponente der Turbomaschine angeordnet ist und mit dem wenigstens einen Sensor kommunikationsmässig gekoppelt ist; und eine Sende-Empfangs-Antenne, die eine Öffnung in einem Gehäuse der Turbomaschine durchsetzt, um mittels elektromagnetischer Resonanz Signale zu dem Signalwandler zu senden und von diesem zu empfangen.

**[0023]** In dem zuvor erwähnten Detektionssystem kann der Signalwandler einer der folgenden sein: ein akustischer Oberflächenwellensensor (SAW), ein nichtlinearer konzentrierter Resonator (NLR) oder eine HF-Resonanzstruktur.

#### **KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN**

**[0024]** Diese und weitere Merkmale dieser Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung verschiedener Aspekte der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen leichter verstanden, die verschiedene Ausführungsformen der Erfindung darstellen, worin:

- Fig. 1 veranschaulicht eine dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Systems gemäss Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 2 veranschaulicht eine dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Turbomaschinenkomponente gemäss Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 3 veranschaulicht eine dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Turbomaschinenkomponente gemäss Ausführungsformen der Erfindung.

- Fig. 4–5 veranschaulichen eine dreidimensionale perspektivische Ansicht eines Systems gemäss Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 6 veranschaulicht eine dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Turbomaschinenkomponente gemäss Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 7 veranschaulicht eine dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Turbomaschinenkomponente gemäss Ausführungsformen der Erfindung.
- Fig. 8 veranschaulicht eine dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Turbomaschine gemäss Ausführungsformen der Erfindung.

**[0025]** Es wird bemerkt, dass die Zeichnungen nicht notwendigerweise massstabsgetreu sind. Die Zeichnungen sind dazu gedacht, lediglich typische Aspekte der Erfindung darzustellen, und sollten nicht als den Umfang der Erfindung beschränkend betrachtet werden. Es versteht sich, dass zwischen den Figuren ähnlich bezeichnete Elemente ähnlich sein können, wie in Bezug zueinander beschrieben. Ferner können in unter Bezugnahme auf die Fig. 1–8 dargestellten und beschriebenen Ausführungsformen gleiche Nummerierungen gleiche Elemente darstellen. Eine redundante Erläuterung dieser Elemente wurde der Klarheit wegen unterlassen. Schliesslich dürfte es sich verstehen, dass die Komponenten der Fig. 1–7 und deren zugehörigen Beschreibungen auf jede beliebige hierin beschriebene Ausführungsform angewendet werden können.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0026]** Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft allgemein Turbomaschinen. Insbesondere betrifft die hierin bereitgestellte Offenbarung die Detektion von Materialdefekten in Turbomaschinenkomponenten.

**[0027]** Ausführungsformen der Erfindung ermöglichen eine Überwachung, Erfassung und Messung von physikalischen Eigenschaften von Turbomaschinenkomponenten, beispielsweise von Turbomaschinenschaufeln, Leitapparaten, Laufschaufeln oder Leitschaufeln. Das Überwachen kann unter Verwendung passiver, drahtloser Temperatursensoren und/oder Dehnungssensoren durchgeführt werden. Andere Sensoren, die verwendet werden können, enthalten Dehnungssensoren, Drucksensoren, Schwingungsmesssensoren, Oberflächenanomaliesensoren, etc., sind jedoch nicht auf diese beschränkt. Aspekte können passive Modulation von akustischen Oberflächenwellen (SAW) oder andere nichtlineare Resonanz (NLR)-Vorrichtungen enthalten. Eine Telemetrie, die in solchen Vorrichtungen verwendet wird, kann Nahfeldablesung oder Hohlraumresonanzmodulation verwenden, um Hochfrequenz(HF)-Übertragungsprobleme innerhalb eingeschlossener oder teilweise eingeschlossener Räume der Turbomaschine zu verringern. Eine Echtzeitüberwachung kann die Speicherung und Analyse komponentenspezifischer Temperatur- und Dehnungshistorie ermöglichen, was wiederum eine Bestimmung der Restlebensdauer (RUL) oder das Lebensdauermanagement und/oder Kriechmanagement ermöglicht und deshalb eine Online-Zustandsüberwachung (OCBM, online condition-based monitoring) ermöglicht. Kriechen wird herkömmlich als die Neigung eines festen Materials definiert, sich unter dem Einfluss von Wärme und mechanischer Belastungen dauerhaft zu verformen, und deshalb soll Kriechmanagement, auf das hierin Bezug genommen wird, derart verstanden werden, dass es eine Detektion und/oder Überwachung des Kriechens in Materialien von Turbomaschinenkomponenten bedeutet. Im Unterschied zur herkömmlichen Überwachung und planmässigen Wartung helfen die hierin beschriebenen Ausführungsformen, die Lebensdauer von Turbomaschinenkomponenten zu verlängern, indem sie ermöglichen, dass die Komponenten über ihre unnötigerweise verkürzte Lebensdauer hinaus verwendet werden können, die unter Verwendung von Flotten-basierten statistischen und historischen Lebensdauer vorhersagemodellen berechnet werden. Ausserdem ermöglichen Ausführungsformen der Erfindung die Detektion von Bedingungen, die zu einem vorzeitigen katastrophalen Ausfall führen können, der vor der geplanten Wartung eintreten kann, wie sie anhand der Restlebensdauer(RUL)-basierten Vorhersagemodelle bestimmt wird.

**[0028]** Die verwendeten SAW/NLR können als der Sensor selbst dienen. Gemäss Ausführungsformen, in denen der SAW/NLR als Sensor dient, könnte der Wandler, z.B. SAW/NLR, auch als ein Sensor dienen, und Antennen können entweder in der Spitze oder dem Schaft oder in einer rotierenden Komponente einer Turbomaschine angeordnet sein. Solche Antennen können mit den SAW/NLR-Sensoren elektrisch verbunden sein, die irgendwo an den Schaufeln oder Leitapparaten oder Laufschaufeln oder Statorleitschaufeln angeordnet sein können. Ein SAW/NLR kann verwendet werden, um physikalische Eigenschaften zu erfassen, wie z.B. Temperatur, Dehnung und/oder Druck. Für beide, SAW und NLR, zeigen sich diese Parameter als Änderungen der Resonanzfrequenz und des Q-Faktors des Resonators. Vorrichtungen gemäss Aspekten können ferner ausgelegt sein, um lediglich eine einzige physikalische Eigenschaft zu erfassen und auf alle anderen nicht empfindlich zu sein. Gemäss Ausführungsformen, die SAW verwenden, kann das Erfassen auf Ankunftszeitenänderungen von Echos von verschiedenen Reflektorstörungen basieren, und solche Änderungen können zu der zu erfassenden Eigenschaft in Beziehung stehen.

**[0029]** Fig. 1 veranschaulicht ein Detektionssystem 10 gemäss Ausführungsformen der Erfindung. Das Detektionssystem enthält wenigstens einen Sensor 30, der eingerichtet ist, um an einer Turbomaschinenkomponente 20 einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor 30 zur Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenschaufel während des Betriebs der Turbomaschine verwendet werden

kann. Man sollte erkennen, dass die Komponente 20 als eine Turbomaschinenschaufel veranschaulicht ist, Ausführungsformen der Erfindung jedoch einen Sensor verwenden können, der an einer anderen rotierenden Turbomaschinenkomponente, wie beispielsweise, aber nicht darauf beschränkt, an einer Laufschaufel, oder an einer stationären Komponente, wie beispielsweise, aber nicht darauf beschränkt, an einem Leitapparat oder einer Leitschaufel, befestigt sein kann. Der wenigstens eine Sensor 30 kann ein Dehnungsmesssensor, ein Thermoelement, eine Antenne (z.B. eine Rissdetektionsantenne, wie nachstehend beschrieben ist), etc. sein. Erfasste physikalische Eigenschaften können Kriechen, Schwingung, Temperatur, Dehnung oder einen Riss in dem Material der zu erfassenden Komponente enthalten, sind aber nicht auf diese beschränkt. Der Sensor 30 kann mit einem Signalwandler 25 kommunikationsmässig gekoppelt sein. Solch eine kommunikationsmässige Kopplung kann mittels einer Festverdrahtung oder eines «direktschreibenden» Verfahrens erfolgen, z.B. indem ein Leitungsmaterial aufgesprüht oder deponiert wird. In Fig. 1 ist eine Kommunikationsleitung 32 als ein Beispiel einer Kommunikationskopplung zwischen dem Sensor 30 und dem Signalwandler 25 gezeigt. Solch eine Kopplung kann ferner mittels physischer Verbindungen erzielt werden, bei denen die Kommunikationsleitung ein Draht ist, der an passenden Stellen an der Schaufel 20 aufgeschweisst ist. Der Signalwandler 25 kann wenigstens eines der folgenden enthalten: einen akustischen Oberflächenwellensensor (SAW), einen nichtlinearen konzentrierten Resonator (NLR) oder eine HF-Resonanzstruktur. Der SAW oder der NLR können mikro-elektromechanische Systeme (MEMS) enthalten, die die Modulation von akustischen Oberflächenwellen detektieren, um ein physikalisches Phänomen zu erfassen. Solche Unterschiede bei den detektierten Phänomenen können Hinweise auf eine Spannung, Dehnung, Materialdefekte oder andere Phänomene liefern. Die SAW- oder NLR-Vorrichtungen können eine Umwandlung der von den Sensoren 30 zugeführten elektrischen Signale in ein elektrisches Signal ermöglichen, das zu einer Sende-Empfangs(Transceiver)- oder einer Transponder-Antennenvorrichtung 80 übermittelt werden kann, die mit einer HF-Kommunikationsvorrichtung 60 verbunden ist. Die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 kann zur Speicherung und/oder Analyse mit einer Rechenvorrichtung, wie z.B. der Rechenvorrichtung 70, verbunden sein. Änderungen der Amplitude, der Phase, der Frequenz oder der zeitlichen Verzögerung zwischen den elektrischen Eingangs- und Ausgangssignalen, können verwendet werden, um das Vorhandensein des gesuchten Phänomens, z.B. eines Defektes, einer Spannung, einer Dehnung oder eines Kriechens, zu messen. Fig. 1 veranschaulicht einen Signalwandler 25, der einen SAW / NLR enthalten kann, der in einem Schaufelspitzendeckband 27 der Turbomaschinenschaufel 20 angeordnet ist. Es sind andere Orte für den SAW/NLR, d.h. einen Signalwandler 25, möglich, wie nachstehend beschrieben ist. Der Signalwandler 25 kann ferner mit SAW-Transponderreflektorvorrichtungen in Verbindung stehen und kann Signale, die von solchen Wandlern reflektiert werden, umwandeln.

**[0030]** Fig. 1 veranschaulicht ferner eine Einzelhochfrequenz (HF)-Antenne 40, die mit dem Signalwandler 25 verbunden ist. Die HF-Antenne 40 kann zur Übertragung der von den Sensoren 30 erfassten Informationen und für an die Sensoren 30 zu sendenden Informationen/Anweisungen verwendet werden. Beispiele von Anweisungen können Anweisungen zum Starten einer Erfassung, zum Beenden einer Erfassung oder gegebenenfalls zur Änderung der zu erfassenden Informationsart enthalten. Man sollte erkennen, dass, während die Fig. 1 drei Sensoren 30 veranschaulicht, die an der Komponente 20 befestigt sind, gemäss Ausführungsformen der Erfindung eine beliebige Anzahl von Sensoren 30 verwendet werden kann. Darüber hinaus kann, obwohl lediglich eine einzige Schaufel veranschaulicht ist, eine Turbomaschine mehrere Komponenten, wie z.B. Schaufeln, mit angebrachten Sensoren aufweisen.

**[0031]** Fig. 1 veranschaulicht eine Hochfrequenz(HF)-Kommunikationsvorrichtung 60. Die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 kann eingerichtet sein, um an einer stationären Komponente der Turbomaschine, z.B. an einem Turbinengehäuse oder einem an Stator, befestigt zu sein (eine beispielhafte Anbringung ist in Fig. 4 gezeigt). Die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 kann samt einer Antenne 80 eingerichtet sein, um über die Antenne 40 mit dem Signalwandler 25 zu kommunizieren. Die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 kann eine Empfangsvorrichtung zum Empfang von Informationen von dem Signalwandler 25 über die Antenne 40 sein, oder die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 kann eine Sende-Empfangs-Vorrichtung (ein Transceiver) sein, um über die Antenne 40 Informationen an den Signalwandler 25 zu senden oder von diesem zu empfangen. Ausführungsformen der Erfindung können in Verbindung mit Phasenlage-Ausgabesystemen verwendet werden. Solche Systeme verfolgen die Lage von rotierenden Turbomaschinenkomponenten, so dass ein Phasenlage-Ausgabesystem es nachverfolgen würde, welche einzelne von mehreren rotierenden Turbomaschinenkomponenten, wie z.B. Schaufeln, eine bekannte Stelle innerhalb der Turbomaschine zu einer bestimmten Zeit passiert. Dieses Nachverfolgen kann während des Maschinenbetriebs nützlich sein, um den Zustand einer Komponente in Echtzeit zu bestimmen. Wenn die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 ein Signal von einem Signalwandler 25 empfängt, kann das Phasenlage-Ausgabesystem in der Lage sein zu bestimmen, an welcher Komponente (z.B. einer Laufschaufel) der spezielle Signalwandler 25 befestigt ist und deshalb über welchen Sensor 30 das System gerade ausliest. Als nächstes können zur Bestimmung der genauen Lage des Sensors 30 an dieser speziellen Schaufel Merkmale des Wandlers 25, wie z.B. Zeit- und/oder Frequenzdemodulation, verwendet werden. Das Sensorauslesemerkmale des Wandlers 25 (beispielsweise die Zeit- und/oder Frequenzdemodulation der SAW- oder NLR-Signale) ermöglicht ferner die Bestimmung der Lage des Sensors 30, von dem das auf die Komponente gesendete Signal stammte. Deshalb kann ein System gemäss Ausführungsformen der Erfindung folglich in der Lage sein, den Ort des Materialdefektes in einer Komponente zu bestimmen. Die Verwendung eines Phasenlagensystems kann dabei helfen, die Datenübertragungsbelastung zu reduzieren und zu ermöglichen, dass verglichen mit einem System, bei dem jeder einzelne Sensor ein Selbstidentifikationssignal zusammen mit materialdefektbezogenen Informationen senden muss, mehrere Sensoren 30 ausgelesen werden können.

**[0032]** Fig. 1 veranschaulicht eine Honigwabendichtung in einem Turbinengehäuse 55. Gemäss Ausführungsformen kann der Wandler oder die Sensorantenne 40 verwendet werden, um Informationen mittels der Sende-Empfangs-Antenne 80,

die durch die Honigwabendichtung 50 in dem Turbomaschinengehäuse 55 hindurch angeordnet ist, zu senden oder zu empfangen. Beispielsweise wird in den Fällen, in denen die Antenne 40 an einer rotierenden Komponente 20 befestigt ist, diese Informationsübertragung jedes Mal stattfinden, wenn die Antenne 40 während der Rotation in der Nähe der Antenne 80 passiert.

**[0033]** Fig. 1 veranschaulicht eine Rechenvorrichtung 70, die an die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 angeschlossen ist, mit gestrichelter Linie, um die Möglichkeit verschiedener, z.B. verdrahteter, drahtloser oder optischer, Kommunikationsmodi dazwischen zu verdeutlichen. Gemäss einigen Ausführungsformen kann die Rechenvorrichtung 70 eingerichtet sein, um Informationen bezüglich der wenigstens einen physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenschaufel 20 von wenigstens einem Sensor 30 zu empfangen. Die Rechenvorrichtung 70 kann ferner eingerichtet sein, um solche Informationen zu speichern und/oder zu analysieren. Die gespeicherten Informationen können für eine historische Analyse und für die Vorhersage der zukünftigen Leistungsfähigkeit des Materials, dessen Informationen erfasst werden, verwendet werden. Ferner kann die Rechenvorrichtung 70 eingerichtet sein, um den wenigstens einen Sensor und einen Ort des wenigstens einen Sensors 30 relativ zu der Turbomaschine 100 zu identifizieren und/oder um basierend auf der Analyse der historischen Daten eine Warnung auszugeben. Die Warnung kann an eine Steuerungsvorrichtung der Turbomaschine und an ein Vor-Ort-Überwachungssystem übertragen oder an einen Benutzer gerichtet sein. Die Warnung kann jede der zu überwachenden Informationen betreffen, z.B. eine bevorstehende Rissbildung, einen tatsächlichen Riss, eine Über-temperaturbedingung, ein Kriechen, etc. Diese Warnung kann ein akustisches Signal, ein sichtbares Licht oder jegliches anderes geeignetes Signal sein. Die Warnung kann andeuten, dass eine Wartung erforderlich ist oder bald erforderlich sein wird, und somit können Ausführungsformen bei Zustandsüberwachungssystemen angewendet werden, bei denen eine Detektion des Materialzustands erwünscht ist. Die Warnung kann an Steuerungsvorrichtungen von Turbomaschinen, wie z.B. OSM- oder Mark X-Steuerungsvorrichtungen oder andere heutzutage bekannte oder später zu entwickelnde Steuerungsvorrichtungen, kommuniziert werden.

**[0034]** Fig. 2 veranschaulicht eine Ausführungsform, bei der die Sensoren 30 an einer Turbomaschinenschaufel 20 angeordnet sind und ein Signalwandler 25 und eine Antenne 40 an einer Plattform 23 der Schaufel 20 angeordnet sind. Es versteht sich, dass die Plattform 23 die radial äussere Fläche des Schafts 123 der Schaufel 20 ist. Während des Betriebs der Turbomaschine behält der Bereich der Plattform 23 eine kühlere Temperatur bei als einige andere Bereiche der Schaufel 20. Das Anordnen des Signalwandlers 25 und/oder der Antenne 40 an der Plattform 23 kann vorgenommen werden, um sich den Vorteil dieser niedrigeren Temperatur zur Nutze zu machen.

**[0035]** Fig. 3 veranschaulicht eine perspektivische Zeichnung, die eine dreidimensionale Ansicht eines Systems gemäss Ausführungsformen veranschaulicht, das durch den Schaft 123 der Turbomaschinenschaufel hindurch geführte Kommunikationsleitungen 32 enthält, die wenigstens einen Sensor 30 mit dem wenigstens einen Signalwandler 25 verbinden. In solcher Ausführungsform kann der Signalwandler 25 an einem Schaft 123 angeordnet sein, und die Sensorantenne 40 kann ebenfalls an dem Schaft 123 angeordnet sein. Während des Betriebs der Turbomaschine behält der Schaftbereich eine kühlere Temperatur bei als einige andere Bereiche an der Schaufel 20.

**[0036]** Fig. 4 veranschaulicht eine Ausführungsform gemäss Aspekten der Erfindung, bei der HF-Kommunikationsantennen 80 für eine HF-Kommunikationsvorrichtung 60 an der Aussenseite des Turbomaschinenleitapparats 77 montiert sind. Gemäss Ausführungsformen können die Antennen 80 mit der HF-Kommunikationsvorrichtung 60 durch die Innenseite des Leitapparats 77 verbunden sein. Diese Ausführungsform zeigt eine Nahfeld-Kommunikation der Antenne 80 mit der am Schaft montierten Antenne (40, wie sie in Fig. 3 gezeigt ist). Diese Ausführungsform ist in Fig. 3 aus der Perspektive des Sensors und des Wandlers gezeigt.

**[0037]** Fig. 5 veranschaulicht, mit weiterem Bezug auf Fig. 1, eine Ausführungsform in der Nahfeld-Perspektive. Die HF-Kommunikationsvorrichtung 60 kann eine Empfangsvorrichtung oder eine Sende-Empfangs-Vorrichtung (ein Transceiver) zum Empfangen bzw. zum Senden und Empfangen von Daten sein. Die Antenne 80 der HF-Kommunikationsvorrichtung kann in einer Öffnung 175 einer Turbomaschine 100 oder bündig mit dieser montiert sein, um mit der Antenne 40 über eine HF-Verbindung zu kommunizieren. Die Öffnung 75 kann z.B. eine Boroskopöffnung, eine Spielsondenöffnung oder eine beliebige andere Öffnung, die einer Antenne ermöglicht, auf HF-Signale von der Spitze einer Komponente 20 durch ein Turbomaschinengehäuse zuzugreifen. Wie in Fig. 1 und 4 veranschaulicht, kann die Sende-Empfangs-Antenne 80 eine Öffnung 175 in einem Gehäuse 55 der Turbomaschine 100 durchsetzen, um Nahfeld-HF-Signale an einen Signalwandler 25 zu senden oder von diesem zu empfangen.

**[0038]** Fig. 5 veranschaulicht auch eine weitere Ausführungsform, die mit Ansätzen der Resonanzfrequenzverstärkung verwendet werden kann. Diese Ausführungsform ist in Fig. 2 aus der Perspektive des Sensors und des Wandlers gezeigt und arbeitet nach dem Prinzip der elektromagnetischen Resonanz in dem Zwischenraum 27 zwischen der rotierenden Komponente 20 (z.B. einer Laufschaufel) und einer Stator-Komponente 77 (z.B. einem Leitapparat). Die Antenne 80 der HF-Kommunikationsvorrichtung kann in einer Öffnung 75 einer Turbomaschine oder bündig mit ihr montiert sein, um mit der Antenne 40 über eine HF-Verbindung zu kommunizieren. Die Öffnung 75 kann z.B. eine Boroskopöffnung oder eine beliebige andere Öffnung sein, die einer Antenne ermöglicht, auf HF-Signale von dem Raum 27 im Innern einer Turbomaschine durch ein Turbomaschinengehäuse hindurch zuzugreifen. Die HF-Verbindung ist innerhalb des Leitapparat/Schaufel-Zwischenraums angeordnet. Gemäss Ausführungsformen können alle Modi oder die HF-Übertragung durch das Metall der Turbomaschine, das einem Faraday'schen Käfig ähnlich wirkt, gedämpft oder absorbiert werden, wobei jedoch Resonanzfrequenzen verstärkt werden. Physikalische Änderungen der Komponenten, wie z.B. Änderungen der Temperatur,

der Spannung, Rissbildung und/oder Dehnung sollten die Stärke des Resonanzsignals / der Resonanzsignale modulieren, und solche Änderungen können von Systemen gemäss Ausführungsformen der Erfindung detektiert werden. An der Resonanzfrequenz ist eine starke Kommunikation zwischen den Antennen 40 und 80 hergestellt, und jegliche Änderungen in den Sensoren 30 können durch Demodulation der Resonanzfrequenzsignale gemessen werden.

**[0039]** Fig. 6 und 7 veranschaulichen Ausführungsformen, die Rissdetektionsantennen 300, 310 als Sensoren aufweisen. Rissdetektionsantennen 300, 310 können an einer oder mehreren Stellen an Turbomaschinenkomponenten, wie z.B. Schaufeln 20, angeordnet sein, an denen Risse 320 voraussichtlich auftreten werden. Solche Stellen können Hochbelastungsstellen sein. Rissdetektionsantennen 300, 310 können, wenn sie an einer Stelle angebracht sind, die eine Rissbildung erfährt, eine Veränderung der Impedanz aufgrund von Änderungen der funktionalen Länge erfahren. Solche Stellen können Hochbelastungsstellen sein. Diese Änderung der Impedanz kann detektiert und als eine Veränderung der physikalischen Eigenschaft einer Turbomaschinenschaufel 20, mit der sie verbunden ist, interpretiert werden, oder spezieller kann die Änderung der Impedanz als ein Riss in der Turbomaschinenschaufel 20 interpretiert werden. Rissdetektionssensoren 300, 310 können auch verwendet werden, um die Temperatur und/oder Dehnung zu detektieren, wobei solche Rissbildungssensoren 300, 310 eine oder mehrere Antennen enthalten können. Gemäss Ausführungsformen können Rissdetektionssensoren 300, 310 HF-Antennen sein, die eingerichtet sind, um mit der (in Fig. 4 gezeigten) HF-Kommunikationsantenne 80 zu kommunizieren. Ebenfalls gemäss Ausführungsformen können die Rissdetektionssensoren 300, 310 Eingangssensoren sein, die mit dem Signalwandler 25, wie er in Fig. 1, 2 und 3 gezeigt ist, verbunden sind.

**[0040]** Unter weiterer Bezugnahme auf die Fig. 1–7 veranschaulicht Fig. 8 eine Ausführungsform, bei der eine Turbomaschine 100 einen Rotor 110 enthält, der eine Welle 120 im Inneren und mehrere Turbomaschinenschaufeln 20 aufweist, die an den Rotor 110 angekoppelt sind. Ein Detektionssystem ist veranschaulicht, wie es an wenigstens einer der Laufschaufeln 20 angekoppelt ist, wobei das Detektionssystem (einen) Sensor(en) 30, eine HF-Antenne 40 und eine HF-Kommunikationsantenne 80, einen Signalwandler 25 (der Signalwandler 25 ist in Fig. 1 gezeigt) enthält. Eine Beschreibung der Detektionssystemkomponenten ist vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 vorhanden und wird der Kürze wegen nicht wiederholt.

**[0041]** Fig. 8 veranschaulicht ferner einen Leitapparat 77 und den Rotor 110, der wenigstens teilweise bezüglich eines Stators innen liegend angeordnet ist. Der Rotor 110 ist einschliesslich mehrerer Laufschaufeln 20 veranschaulicht. Obgleich dies nicht in Fig. 8 veranschaulicht ist, kann die Turbomaschine 100 eingerichtet sein, um eine beliebige Konfiguration des hierin beschriebenen Detektionssystems zu enthalten.

**[0042]** Wie vorstehend angegeben, können die Zustandsüberwachungs- oder Funktionsfähigkeitsüberwachungssysteme wenigstens eine Rechenvorrichtung 70 enthalten. Die Rechenvorrichtung 70 kann einen Programmcode zur Ausführung einer oder mehrerer hierin beschriebener Funktionen gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung enthalten. Beispiele solcher Funktionen enthalten, sind aber nicht auf diese beschränkt: Empfangen von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft einer Turbomaschinenkomponente, wie z.B. einer Schaufel 20, Speichern und Analysieren solcher Informationen, Vorhersage zukünftigen Materialverhaltens, etc. Es sollte verständlich sein, dass OCBM-Systeme mithilfe eines oder mehrerer Allzweck-Computer oder eines oder mehrerer Spezialzweck-Computer oder jeglicher Kombination solcher Rechenvorrichtungen implementiert sein können. Die Zustandsüberwachungs- oder Funktionsfähigkeitsüberwachungssysteme gemäss Ausführungsformen der Erfindung können mit einem Sensor 30 in Kommunikationsverbindung stehen, um wenigstens eine physikalische Eigenschaft der Turbomaschinenkomponenten zu überwachen, und es sollte verständlich sein, dass es viele Wege gibt, um diese Systeme mit den Sensoren 30 und/oder anderen hierin beschriebenen Komponenten z.B. drahtgebunden und/oder drahtlos zu koppeln. Die wenigstens eine Rechenvorrichtung 70 kann einen Prozessor, einen Speicher, einen Eingang/Ausgang, etc. enthalten, die physisch innerhalb einer Turbomaschine, ausserhalb der Turbomaschine oder an einer oder mehreren Stellen untergebracht sein können.

**[0043]** In jedem Falle besteht der technische Effekt der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung, einschliesslich der Zustandsüberwachungs- und Funktionsfähigkeitsüberwachungssysteme darin, wenigstens eine physikalische Eigenschaft einer Turbomaschinenkomponente zu überwachen.

**[0044]** Die hierin verwendete Terminologie dient nur dem Zweck der Beschreibung spezieller Ausführungsformen und soll nicht die Erfindung einschränken. So wie hierin verwendet, sollen die Singularformen «einer, eine, eines» und «der, die, das» auch die Pluralformen mit einschliessen, soweit der Kontext nicht deutlich anderes anzeigt. Es dürfte sich ferner verstehen, dass die Begriffe «aufweist» und/ oder «aufweisend», wenn sie in dieser Beschreibung verwendet werden, das Vorhandensein der angegebenen Merkmale, ganzer Zahlen, Schritte, Operationen, Elemente und/oder Komponenten spezifizieren, aber das Vorhandensein oder die Hinzufügung von einem oder mehreren anderen Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Operationen, Elementen, Komponenten und/oder Gruppen davon nicht ausschliessen.

**[0045]** Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschliesslich ihrer besten Ausführungsart, zu offenbaren und um auch jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung einschliesslich der Herstellung und Nutzung aller Vorrichtungen und Systeme und der Durchführung aller einbezogenen Verfahren in die Praxis umzusetzen. Der patentfähige Umfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die für den Fachmann ersichtlich sind. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Umfang der Erfindung enthalten sein, sofern sie strukturelle Elemente besitzen, die sich nicht von dem Wortsinn der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Änderungen gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche enthalten.

**[0046]** Verschiedene Ausführungsformen enthalten Detektionssysteme, die zur Überwachung wenigstens einer physikalischen Eigenschaft einer Komponente in einer Turbomaschine eingerichtet sind. In einigen Ausführungsformen enthält ein Detektionssystem wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an einer Komponente einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während des Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist, einen Signalwandler, der mit dem wenigstens einen Sensor kommunikationsmässig gekoppelt ist, und wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung, die eingerichtet ist, um an einer stationären Komponente einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei die HF-Kommunikationsvorrichtung eingerichtet ist, um mit dem wenigstens einen Signalwandler über eine HF-Antenne, die mit dem Signalwandler gekoppelt ist, zu kommunizieren.

#### **Bezugszeichenliste**

##### **[0047]**

10	Detektionssystem
20	Turbomaschinenkomponente
20	Schaufeln
23	Plattform
25	Signalwandler
27	Schaufelspitzendeckband
27	Raum
30	wenigstens ein Sensor
32	Kommunikationsleitung
40	Hochfrequenzantenne
50	Honigwabendichtung in einem Turbinengehäuse
55	Turbomaschinengehäuse
60	HF-Kommunikationsvorrichtung
65	HF-Antenne
70	Rechenvorrichtung
75	Boroskopöffnung
77	Leitapparat
80	Transponder-Antennenvorrichtung
90	Kommunikation
100	Turbomaschine
110	Rotor
120	Spindel
120	Welle
123	Schaft
175	Öffnung
200	Turbomaschine
210	Stator
230	Schaft

- 240 Antenne
- 250 Kommunikationsleitung
- 300 erste Rissdetektionsantenne
- 310 zweite Rissdetektionsantenne
- 320 Riss

#### Patentansprüche

1. Detektionssystem, das enthält:  
wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an einer Komponente einer Turbomaschine befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während eines Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist;  
einen Signalwandler, der mit dem wenigstens einen Sensor kommunikationsmässig gekoppelt ist; und  
wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung, die eingerichtet ist, um an einer stationären Komponente der Turbomaschine befestigt zu sein, wobei die HF-Kommunikationsvorrichtung eingerichtet ist, um mit dem wenigstens einen Signalwandler über eine HF-Antenne, die mit dem Signalwandler gekoppelt ist, zu kommunizieren.
2. Detektionssystem nach Anspruch 1, wobei der Signalwandler ein akustischer Oberflächenwellensensor (SAW), ein nichtlinearer konzentrierter Resonator (NLR) oder eine HF-Resonanzstruktur ist; und/oder  
wobei die wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung eine Sende-Empfangs-Vorrichtung oder eine Empfangsvorrichtung enthält; und/oder  
wobei der wenigstens eine Sensor einen von einem Dehnungssensor, einem Temperatursensor, einem Drucksensor, einem Schwingungsmesssensor, einem Oberflächenanomaliesensor oder einem Rissdetektionssensor enthält.
3. Detektionssystem nach Anspruch 1 oder 2, das ferner aufweist:  
eine Rechenvorrichtung, die eingerichtet ist, um von der HF-Kommunikationsvorrichtung die Informationen bezüglich der wenigstens einen physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente zu empfangen;  
wobei die Rechenvorrichtung bevorzugt eingerichtet ist, um den wenigstens einen Sensor und eine Position des wenigstens einen Sensors in Bezug auf die Turbomaschine zu identifizieren.
4. Detektionssystem nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei der Signalwandler in einem Schaufel-spitzendeckband der Turbomaschinenkomponente angeordnet ist.
5. Detektionssystem nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, das ferner eine Sende-Empfangs-Antenne aufweist, die eine Öffnung in einem Gehäuse der Turbomaschine durchsetzt, um Nahfeld-HF-Signale zu dem Signalwandler zu senden und von diesem zu empfangen.
6. Detektionssystem nach Anspruch 5, das ferner aufweist:  
eine Kommunikationsleitung, die durch einen Schaft der Turbomaschinenkomponente geführt ist und die den wenigstens einen Sensor mit dem Signalwandler verbindet, wobei der Signalwandler an dem Schaft der Turbomaschinenkomponente angeordnet ist.
7. Turbomaschinenkomponente, die aufweist:  
einen Komponentenkörper;  
ein Detektionssystem, das mit dem Körper der Komponente gekoppelt ist, wobei das Detektionssystem enthält:  
wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an der Turbomaschinenkomponente befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während eines Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist;  
einen Signalwandler, der kommunikationsmässig mit dem wenigstens einen Sensor gekoppelt ist; und  
wenigstens eine HF-Kommunikationsvorrichtung, die eingerichtet ist, um an einer stationären Komponente der Turbomaschine befestigt zu sein, wobei die Hochfrequenzkommunikationsvorrichtung eingerichtet ist, um mit dem wenigstens einen Signalwandler über eine HF-Antenne, die mit dem Signalwandler gekoppelt ist, zu kommunizieren.
8. Turbomaschinenkomponente nach Anspruch 7, wobei die Komponente eine Turbomaschinenschaufel, einen Turbomaschinenleitapparat, eine Turbomaschinenlaufschaufel oder eine Turbomaschinenleitschaufel enthält; und/oder wobei das Detektionssystem gemäss einem beliebigen der Ansprüche 1–6 eingerichtet ist.
9. Turbomaschinenkomponente gemäss Anspruch 7 oder 8, wobei die Turbomaschinenkomponente eine Turbomaschinenschaufel enthält und wobei der Signalwandler an einer Schaufelspitze oder an einem Deckband der Turbomaschinenschaufel angeordnet ist;  
wobei die Turbomaschinenkomponente vorzugsweise ferner eine Kommunikationsleitung aufweist, die durch einen Schaft der Turbomaschinenschaufel geführt ist und die den wenigstens einen Sensor mit dem Signalwandler verbindet, wobei der Signalwandler vorzugsweise an dem Schaft der Turbomaschinenschaufel angeordnet ist.

10. Detektionssystem, das enthält:
  - wenigstens einen Sensor, der eingerichtet ist, um an einer rotierenden Turbomaschinenkomponente befestigt zu sein, wobei der wenigstens eine Sensor für die Erfassung von Informationen bezüglich wenigstens einer physikalischen Eigenschaft der Turbomaschinenkomponente während eines Betriebs der Turbomaschine eingerichtet ist;
  - einen Signalwandler, der an einer Plattform einer rotierenden Turbomaschinenkomponente angeordnet ist und kommunikationsmässig mit dem wenigstens einen Sensor gekoppelt ist; und
  - eine Sende-Empfangs-Antenne, die eine Öffnung in einem Gehäuse der Turbomaschine durchsetzt, um mittels elektromagnetischer Resonanz Signale zu dem Signalwandler zu senden und von diesem zu empfangen.

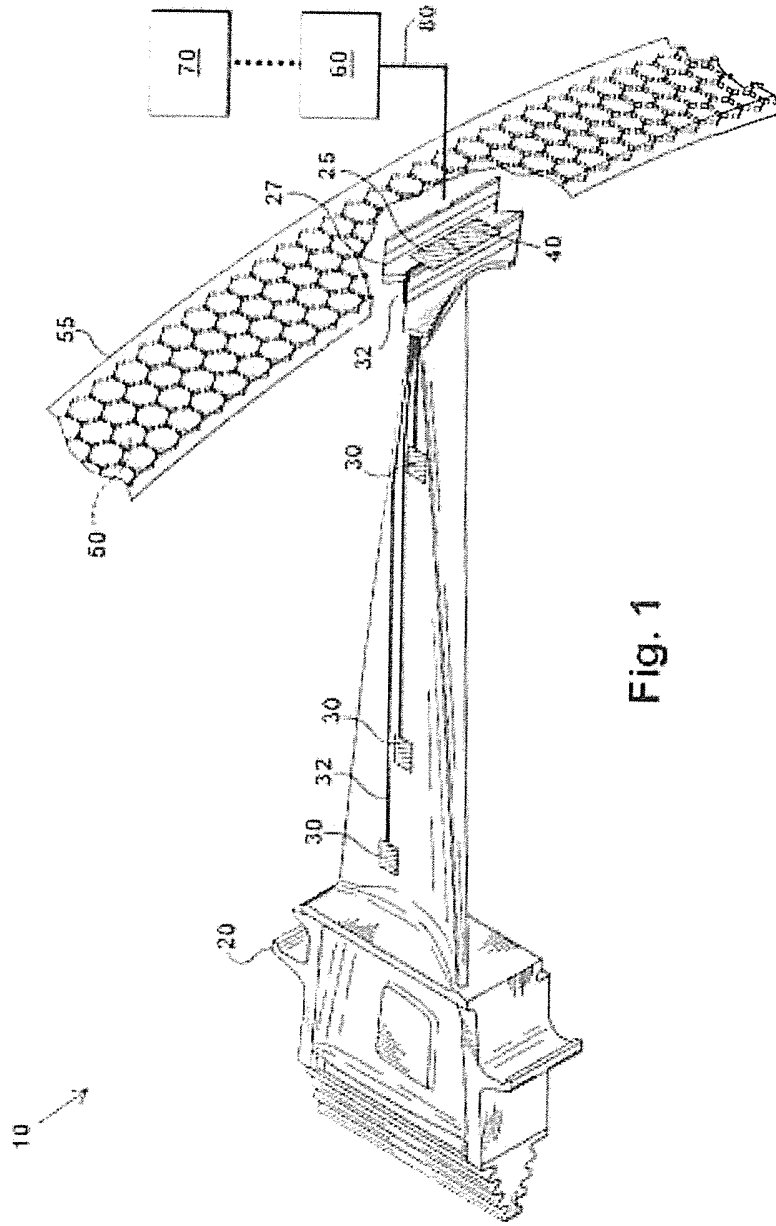
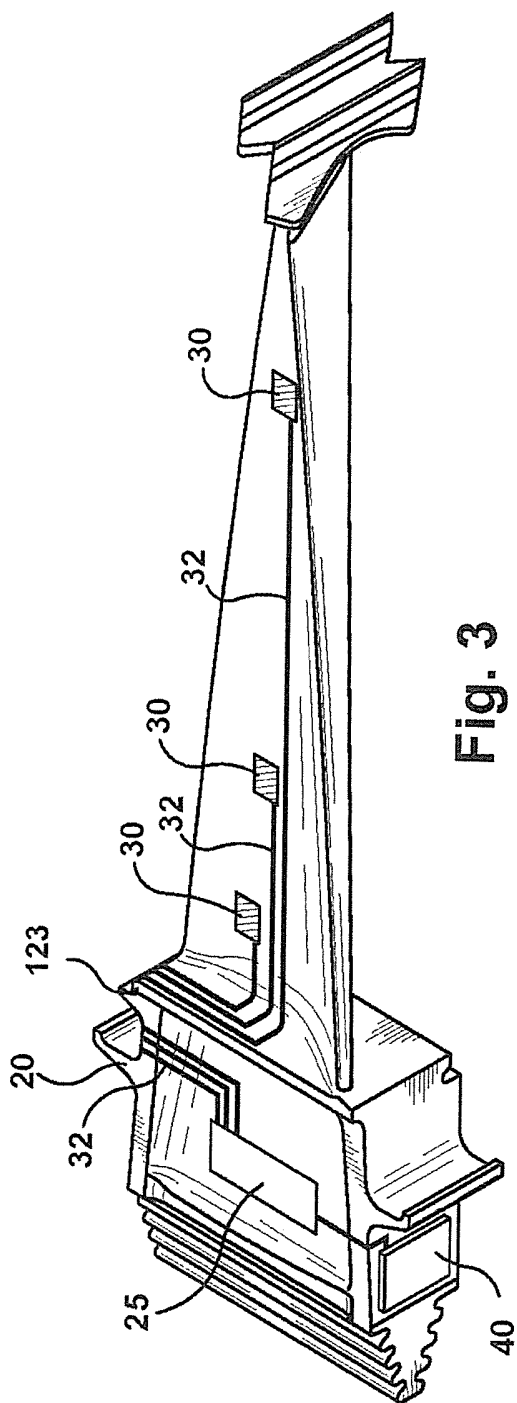
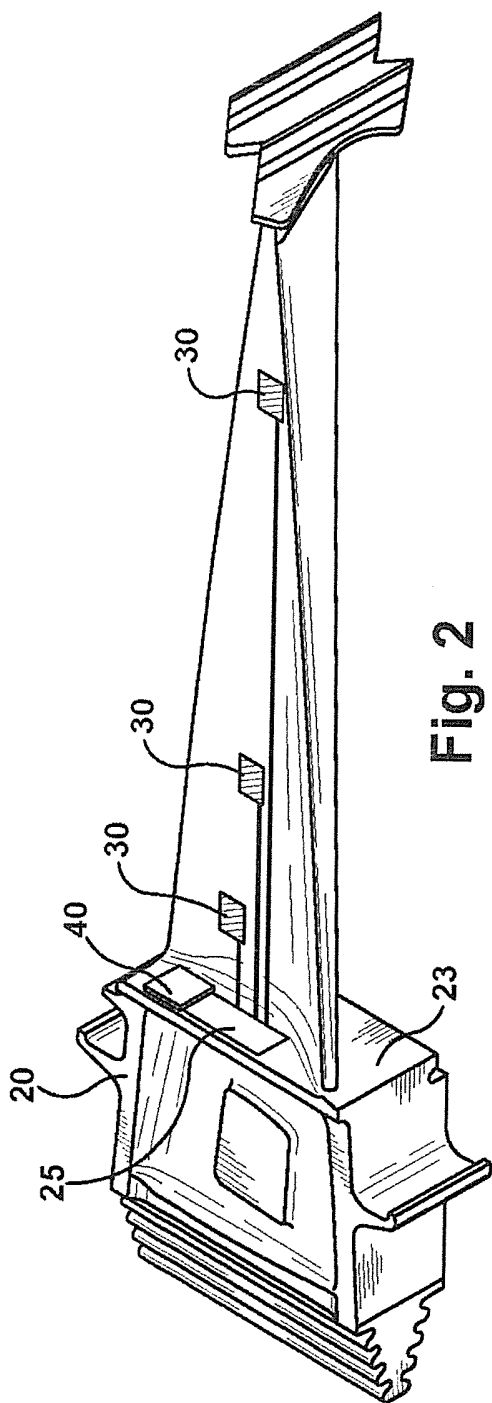


Fig. 1



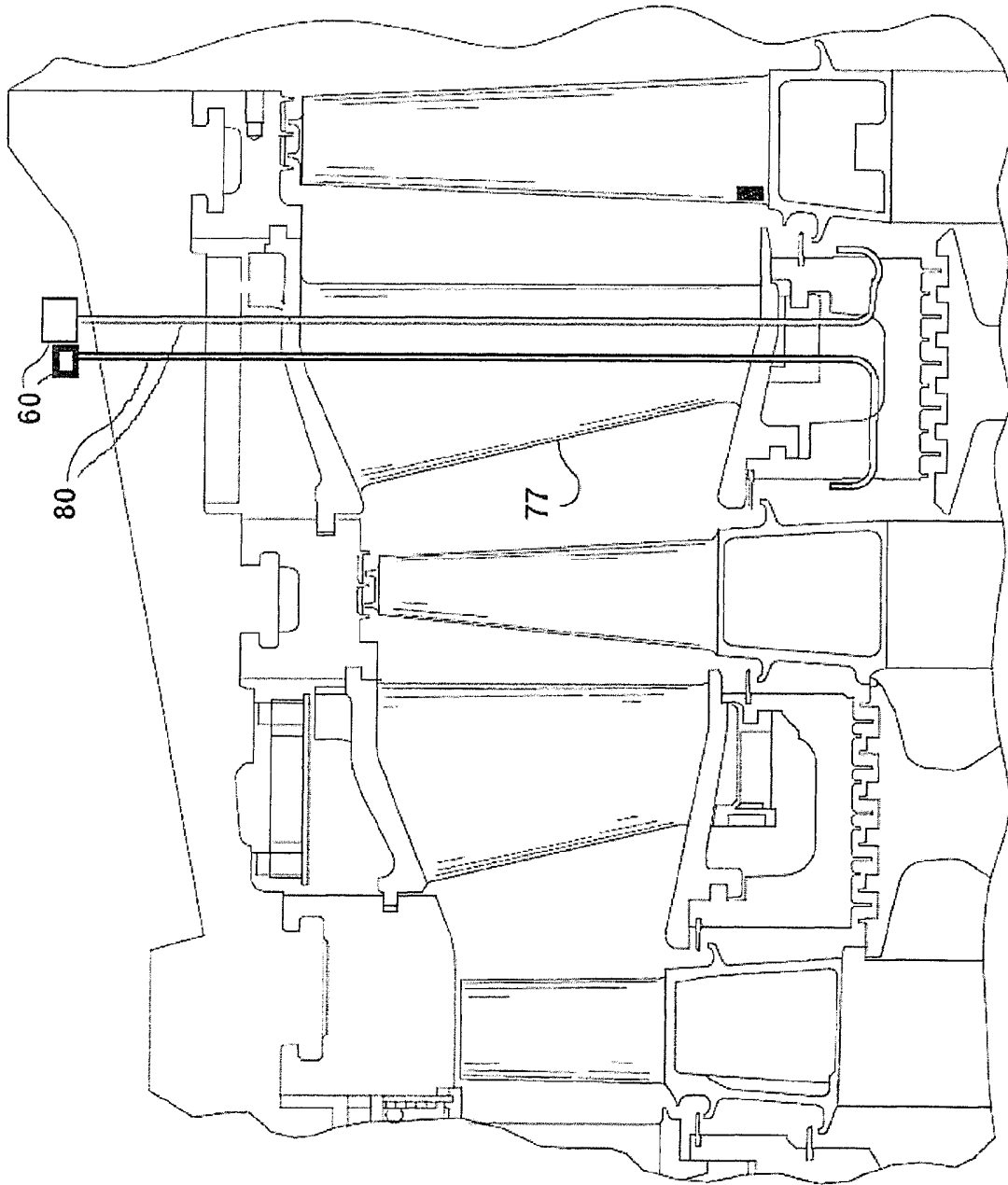


Fig. 4

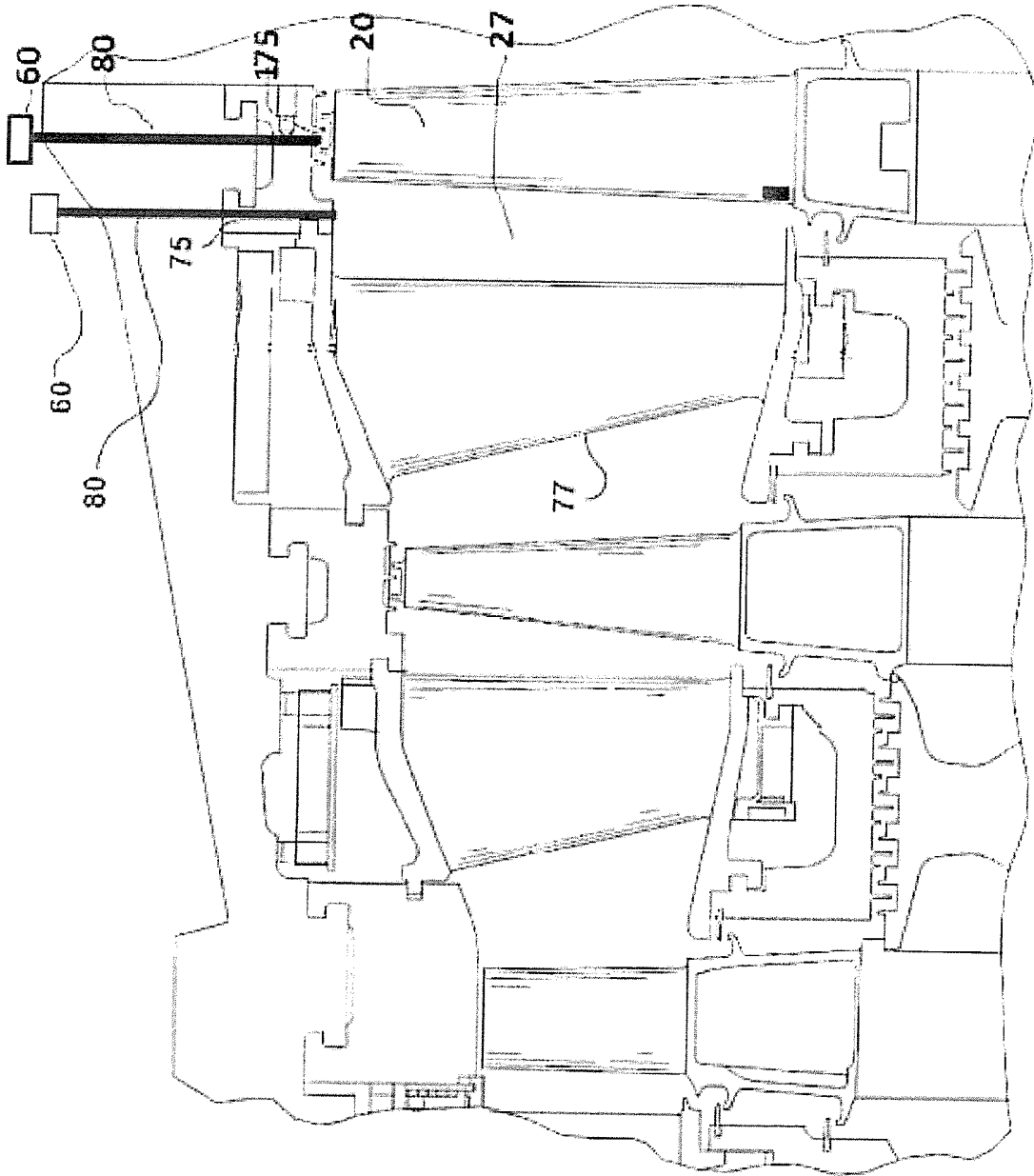
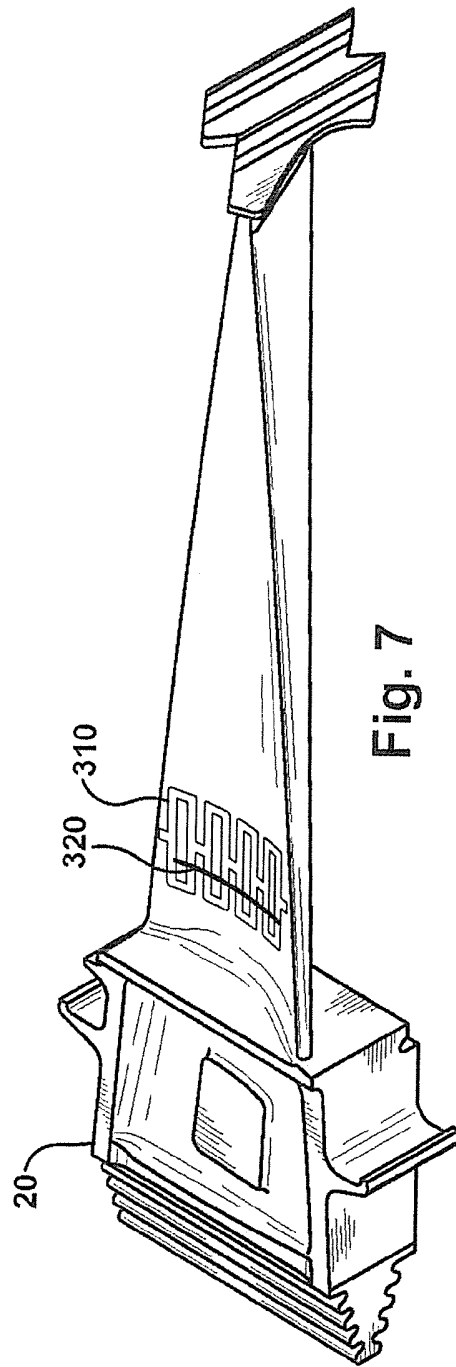
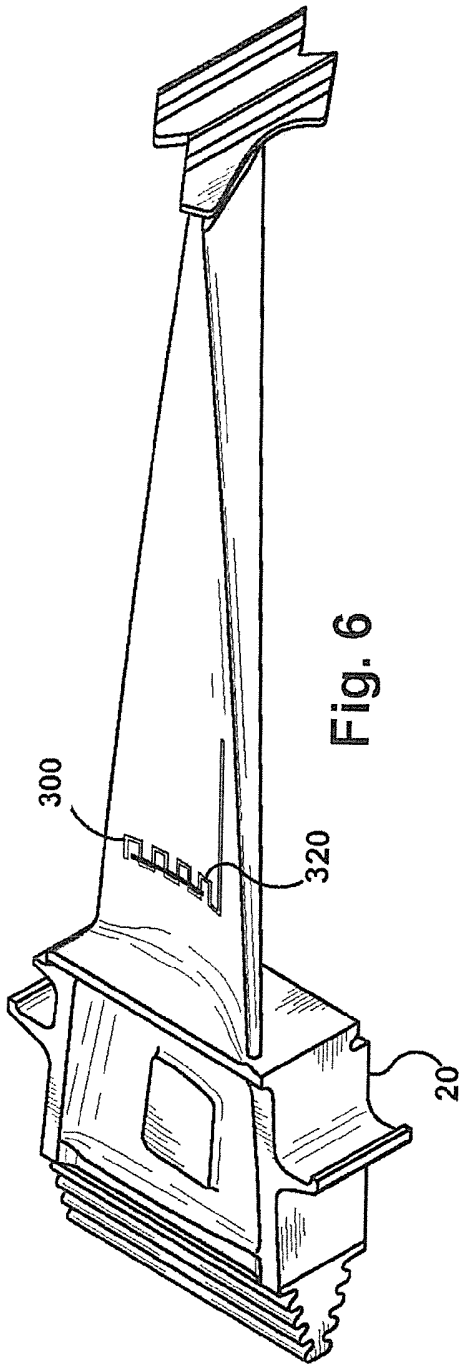


Fig. 5



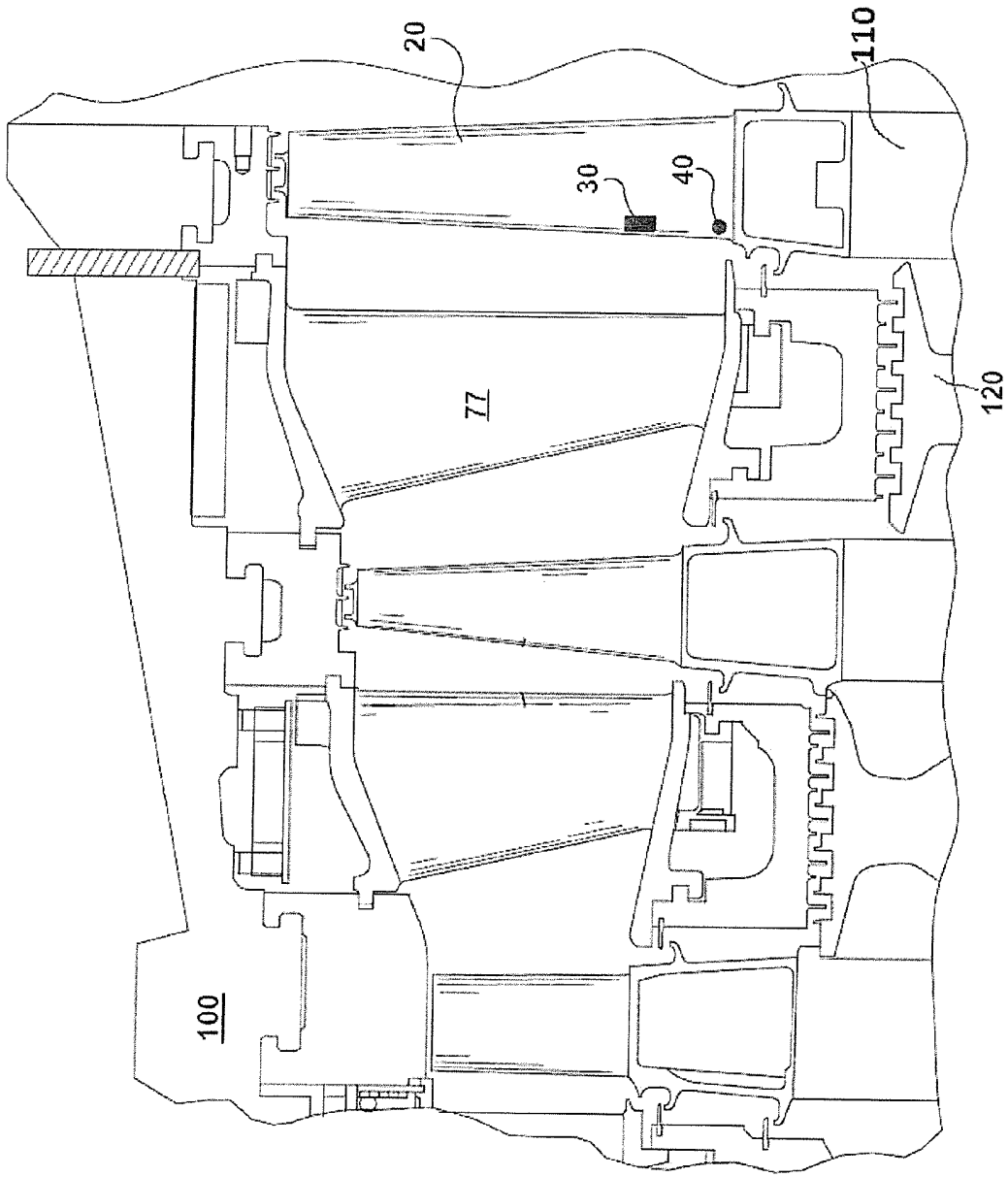


Fig. 8