



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 591 549 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2005 Patentblatt 2005/44

(51) Int Cl.7: **C23C 4/02**, C23C 4/04,
C23C 28/00, C23C 30/00,
F01D 5/00

(21) Anmeldenummer: **04101783.1**

(22) Anmeldetag: **28.04.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Bögli, Andreas**
5300, Vogelsang (CH)
• **Konter, Maxim, Dr.**
5313, Klingnau (CH)
• **Schlegel, Regina, Dr.**
5408, Ennetbaden (CH)

(71) Anmelder: **ALSTOM (Switzerland) Ltd**
5401 Baden (CH)

(54) **Verfahren zum Ausbessern einer lokalen Beschädigung in der Hitzeschutzbeschichtung eines Bauteils**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausbessern einer lokalen Beschädigung (15) in der Hitzeschutzbeschichtung eines Bauteils (10), welche Hitzeschutzbeschichtung eine metallische Haftschrift (12) und eine über der metallischen Haftschrift (12) aufgetragene keramische Hitzeschutzschicht (14) umfasst, und wobei die lokale Beschädigung (15) durch ein lokales Abplatzen der Hitzeschutzschicht (14) hervorgeru-

fen worden ist

Bei einem solchen Verfahren wird die Lebensdauer des reparierten Bauteils dadurch verlängert, dass in einem ersten Schritt die metallische Haftschrift (12) bis zu einer vorgegebenen Tiefe abgetragen wird, und dass in einem zweiten Schritt auf die dickenreduzierte Haftschrift (12) zum Auffüllen der Hitzeschutzschicht (14) eine keramische Füllschicht (17) aufgetragen wird.

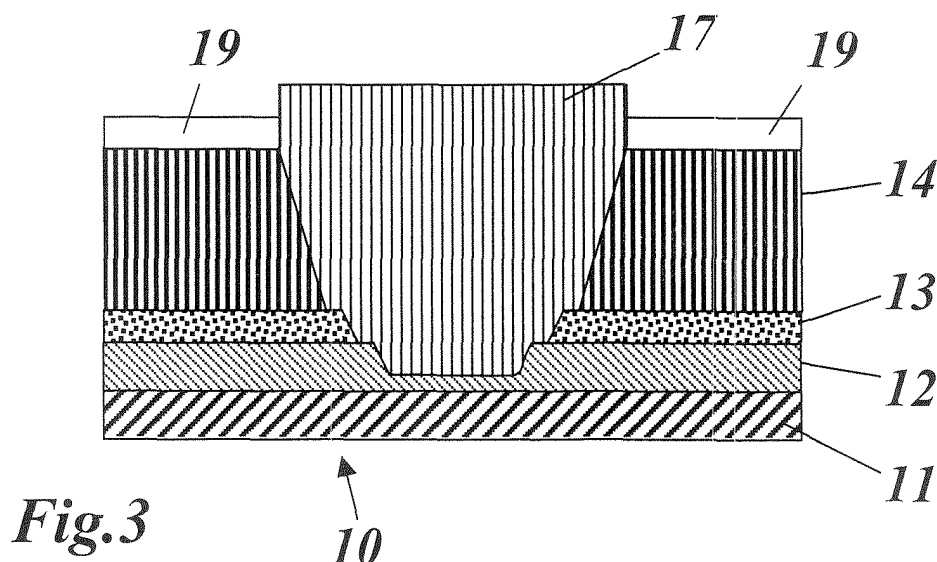


Fig.3

EP 1 591 549 A1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der thermischen Maschinen. Sie betrifft ein Verfahren zum Ausbessern einer lokalen Beschädigung in der Hitzeschutzbeschichtung eines Bauteils gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

STAND DER TECHNIK

[0002] Thermisch stark beanspruchte Bauteile, wie sie beispielsweise bei der Beschaukelung, der Brennkammerauskleidung oder als Schutzschilde im Heissgaskanal einer Gasturbine eingesetzt sind, werden häufig mit einer metallischen Schutzschicht oder einer mehrschichtigen Hitzeschutzbeschichtung überzogen, um das darunterliegende Basismaterial vor den überhöher werdenden Heissgastemperaturen zu schützen. Die mehrschichtige Hitzeschutzbeschichtung umfasst dabei meist eine auf das Basismaterial aufgetragene Haftschrift (Bond Coating BC) und die eigentliche Hitzeschutzschicht (Thermal Barrier Coating TBC), die meist aus einem (z.B. säulenförmig aufgetragenen) keramischen Material besteht. Im Betrieb bildet sich an der Grenze zwischen der Haftschrift und der Hitzeschutzschicht noch eine thermisch gewachsene Oxidschicht (Thermally Grown Oxide TGO) aus, welche die Haftschrift gegen weitere Oxidation und Korrosion schützt und die Haftung der Hitzeschutzschicht weiter verbessert.

[0003] Durch die ständige thermische Wechselbelastung und den Einfluss der strömenden Heissgase und im Heissgasstrom mitgeführter Fremdkörper kann es bei längerem Betrieb zu lokalen Abplatzungen der Schutzbeschichtung kommen, die dann möglichst rasch und zuverlässig ausgebessert werden müssen, um den Betrieb möglichst schnell wieder aufnehmen und möglichst lange ungestört aufrechterhalten zu können. Zur Ausbesserung muss in den Bereichen der lokalen Beschädigung die Abfolge der Schichten der Schutzbeschichtung wieder sukzessive aufgebaut werden, so dass das Bauteil wieder vollumfänglich geschützt ist.

[0004] Aus der EP-B1-0 808 913 ist ein Verfahren zur Reparatur von Hitzeschutzbeschichtungen bekannt, das die folgenden Schritte umfasst:

- Es wird die Haftschrift BC, die durch die lokale Abplatzung exponiert ist, gereinigt, um Oxide und Reste der keramischen Hitzeschutzschicht TBC zu entfernen.
- Die Haftschrift BC wird behandelt, um ihrer Oberfläche eine Struktur zu verleihen.
- Es wird auf der Oberfläche der Haftschrift keramisches Material abgelagert, welches eine die Haftschrift vollständig bedeckende keramische Schicht bildet.

[0005] Weiterhin ist in der US-A-6,569,492 ein Verfahren zur Reparatur von beschädigten oder verbrauchten MCrAlY-Schichten eines Bauteils, offenbart, welches Bauteil bei Temperaturen eingesetzt worden ist, bei denen in der MCrAlY-Schicht eine Verarmung Al und Cr stattgefunden hat. Dieses Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Die MCrAlY-Schicht wird lokal durch Ersetzen mit neuem MCrAlY ausgebessert.
- Die teilweise verarmte MCrAlY-Schicht wird auf der gesamten Oberfläche des Bauteils aluminisiert oder chromiert, so dass Al oder Cr zumindest teilweise in die verarmte MCrAlY-Schicht eindiffundieren und den Gehalt der MCrAlY-Schicht an Al oder Cr wieder auffüllen kann.
- Das Verfahren ist auch anwendbar, selbst wenn eine keramische Beschichtung vorliegt. Die keramische Beschichtung, z.B. eine Hitzeschutzschicht TBC, die sich oberhalb der MCrAlY-Schicht befindet, wird mit einem geeigneten Verfahren, z.B. mittels Säurereinigung, entfernt, bevor die MCrAlY-Schicht in der oben beschriebenen Weise aufgearbeitet wird. Das Bauteil wird anschliessend wieder mit einer TBC-Schicht überzogen.

[0006] Weitere Ausbesserungsverfahren sind aus den Druckschriften US-A-5,735,448, US-A-6,042,880, US-A-6,203,847, US-A-6,235,352, US-A-6,274,193, US-A-6,305,077, US-A-6,465,040 und US-A-6,605,364 bekannt.

[0007] Das bekannte Verfahren gemäss der EP-B1-0 808 913 birgt verschiedene Probleme und Nachteile:

- Die Haftschrift wird nur bearbeitet, um deren Oberfläche zu strukturieren. Später entsteht eine thermisch gewachsene Oxidschicht (TGO) auf der Oberfläche der behandelten Haftschrift.
- Die chemische Zusammensetzung der verbleibenden Haftschrift (BC) und der neu wachsende TGO-Schicht verändert sich, und zwar in erster Linie entsprechend dem Wachsen der TGO-Schicht.
- Die verbleibende Haftschrift und die neu gewachsene TGO-Schicht haben im Vergleich zu ihrem ursprünglichen Zustand verschlechterte Eigenschaften:

o Wegen der internen Oxidation und Ausscheidung von sekundären Phasen (z.B. σ - oder α -Phasen) nahe der Oberfläche ist der Prozess nicht vorhersagbar.

o Nach dem Einsatz des Bauteils bei hohen Temperaturen ist im oberen Teil der Haftschrift (BC) wegen der Bildung des TGO und der Diffusion von Aluminium zur Oberfläche der Aluminiumgehalt deutlich verringert, d.h., die Schicht zeigt nahe der Oberfläche den niedrigsten Al-Gehalt. Es besteht daher die erhebliche

Gefahr, dass anstelle von reinem Al_2O_3 gemischte Oxide wachsen und die Hitzeschutzschicht TBC schnell wieder abplatzt.

[0008] Beim Verfahren der US-A-6,569,492 ist nachteilig, dass die MCrAlY-Schicht aluminisiert bzw. chromiert werden muss, was nicht vor Ort an der Maschine durchgeführt werden kann.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Ausbessern einer lokalen Beschädigung in der Hitzeschutzbeschichtung eines Bauteils anzugeben, welches die Nachteile bekannter Verfahren vermeidet und sich insbesondere durch eine deutlich verbesserte Lebensdauer des ausgebesserten Bauteils auszeichnet.

[0010] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Der Kern der Erfindung liegt darin, dass vor dem direkten Auftragen einer keramischen Füllschicht zunächst die metallische Haftschrift bis zu einer vorgegebenen Tiefe abgetragen wird, um definierte Verhältnisse bei der chemischen Zusammensetzung der Haftschrift wiederherzustellen. Dadurch wird es möglich, die ursprünglichen mechanischen Eigenschaften der Hitzeschutzbeschichtung auch im Bereich der ausgebesserten lokalen Beschädigung zu verwirklichen.

[0011] Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Haftschrift im oberen Dickenbereich eine von der ursprünglichen abweichende chemische Zusammensetzung aufweist, und dass die vorgegebene Tiefe so gewählt ist, dass zumindest der Dickenbereich der Haftschrift mit der abweichenden chemischen Zusammensetzung abgetragen wird.

[0012] Insbesondere werden, wenn zwischen der Haftschrift und der darüber liegenden Hitzeschutzschicht eine thermisch gewachsene Oxidschicht angeordnet ist, vor dem Abtragen der Haftschrift zunächst in einem Reinigungsprozess im Bereich der lokalen Beschädigung etwaige Reste der Hitzeschutzschicht und der Oxidschicht entfernt.

[0013] Damit die Dicke der Haftschrift gezielt reduziert werden kann und unnötiger Materialabtrag vermieden wird, ist es zweckmässig, dass beim Abtragen der Haftschrift die verbleibende Dicke kontrolliert wird. Dies geschieht vorzugsweise dahingehend, dass zur Dickenkontrolle die FSEC(Frequency Scanning Eddy Current)-Technik eingesetzt wird.

[0014] Besonders günstig ist es, wenn das Abtragen der Schichten und/oder das Auffüllen der Hitzeschutzschicht zur Erzeugung eines definierten Randbereichs durch entsprechende Masken hindurch erfolgt.

[0015] Um beim Reparieren eine möglichst gleichmässige Oberfläche des Bauteils zu erhalten, ist es von Vorteil, wenn im zweiten Schritt die keramische Füllschicht über die Oberfläche der Hitzeschutzschicht hin-

ausgehend aufgetragen wird, und wenn die Oberfläche der keramischen Füllschicht dann durch mechanische Bearbeitung, insbesondere Schleifen und/oder Polieren, der Oberfläche der Hitzeschutzschicht angeglichen wird.

[0016] Das erfindungsgemässe Verfahren kann insbesondere vor Ort an eingebauten Bauteilen durchgeführt wird. Es kann aber auch im Rahmen von Servicearbeiten oder zur Ausbesserung neuer Bauteile durchgeführt wird.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0017] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1-4 verschiedene Teilschritte bei der Reparatur einer lokalen Beschädigung der Hitzeschutzbeschichtung eines Bauteils gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0018] Das in Fig. 1-4 dargestellte Verfahren geht aus von einem aus einem Basismaterial 11 gefertigten Bauteil 10, z.B. einer Turbinenschaufel oder dgl., die auf der Aussenfläche mit einer Hitzeschutzbeschichtung 12, 13, 14 versehen ist. Die Hitzeschutzbeschichtung 12, 13, 14 umfasst eine direkt auf die Oberfläche des Basismaterials 11 aufgebrachte metallische Haftschrift (bond coating BC) 12, sowie eine über der Haftschrift 12 angeordnete keramische Hitzeschutzschicht (thermal barrier coating TBC) 14. Zwischen den beiden Schichten 12 und 14 befindet sich eine thermisch gewachsene Oxidschicht (thermally grown oxide TBO) 13, die entsteht, wenn das Bauteil 10 (z.B. während seines Einsatzes in einer Maschine) hohen Temperaturen ausgesetzt ist.

[0019] Die Hitzeschutzbeschichtung 12, 13, 14 hat nun gemäss Fig. 1 eine lokale Beschädigung 15, die im wesentlichen in einem lokalen Abplatzen der keramischen Hitzeschutzschicht 14 besteht. Im gezeigten Beispiel ist die Hitzeschutzschicht 14 vollständig abgeplatzt, während die Oxidschicht 13 und die darunter liegende metallische Haftschrift 12 praktisch unversehrt sind. Es lassen sich jedoch durchaus auch andere Konfigurationen der lokalen Beschädigung vorstellen, bei denen beispielsweise Teile der Hitzeschutzschicht 14 noch vorhanden sind, oder die Schichten 13 und 12 teilweise beschädigt sind.

[0020] In jedem Fall werden zunächst gemäss Fig. 1 in einem ersten Schritt etwaige Reste der keramischen Hitzeschutzschicht 14 sowie die darunterliegende Oxidschicht 13 oder deren Reste mittels eines geeigneten Materialabtragverfahrens abgetragen. Der Materialabtrag erfolgt vorzugsweise durch geeignete Masken 18

hindurch, die sicherstellen, dass die laterale Ausdehnung des Materialabtrags begrenzt und definiert ist. Darüber hinaus ergeben sich durch die Verwendung von Masken 18 gleichmässig abgeschrägte Randbereiche an den Schichten 12, 13, 14, die für die Haftung des später aufgefüllten Materials von Vorteil sind.

[0021] Wesentlich für die Qualität der Reparatur ist jedoch, dass über die Oxidschicht 13 hinaus die darunterliegende metallische Haftschrift 12 innerhalb des Materialabtrags 16 bis zu einer vorgegebenen Tiefe abgetragen wird (Fig. 2). Die vorgegebene Tiefe des Abtrags der Haftschrift 12 richtet sich danach, wie weit in die Tiefe hinein sich die chemische Zusammensetzung der Haftschrift 12 gegenüber der ursprünglichen chemischen Zusammensetzung aufgrund von Oberflächenprozessen wie z.B. der Bildung der Oxidschicht 13 verändert hat. Hat sich die chemische Zusammensetzung der Haftschrift 12 beispielsweise in der oberen Hälfte der Schichtdicke verändert, wird etwas mehr als die Hälfte der Haftschrift 12 abgetragen, um sicherzugehen, dass die nach dem Abtrag neu entstehende Oberfläche der Haftschrift 12 die ursprüngliche chemische Zusammensetzung aufweist. Damit der Abtrag der Haftschrift 12 nur so tief wie nötig erfolgt, ist es von Vorteil, die Restdicke der Haftschrift ein oder mehrere Male während des Abtragsprozesses zu messen und kontrollieren. Als geeignet für diese Messung hat sich Prüfverfahren erwiesen, das als FSECT(Frequency Scanning Eddy Current)-Technik bekannt ist und die Ausbildung von induzierten Wirbelströmen in einem elektrisch leitenden Mehrschichtverbund in Abhängigkeit von der Induktionsfrequenz auswertet.

[0022] Auf diese neu entstandene Oberfläche der Haftschrift 12 wird nun gemäss Fig. 3 einer der Hitzeschutzschicht 14 in Zusammensetzung und Orientierung entsprechende keramische Füllschicht 17 aufgebracht, welche die durch die lokale Beschädigung 15 und den Materialabtrag entstandene Vertiefung auffüllt und sogar über die Oberfläche 20 der Hitzeschutzschicht 14 (Fig. 4) hinausreicht. Auch der Auftrag der keramischen Füllschicht 17 kann durch geeignete Masken 19 hindurch erfolgen, um den Auftrag lateral zu begrenzen.

[0023] Da die verbleibende Haftschrift 12 dieselben Eigenschaften aufweist, wie die ursprüngliche Haftschrift, ergibt sich ein Schichtverbund 11, 12, 17, der die weitgehend die gleichen mechanischen Eigenschaften aufweist, wie der ursprüngliche Schichtverbund 11, 12, 14 vor dem Entstehen der Oxidschicht 13.

[0024] Bei Einsatz transportabler Geräte für den Materialabtrag und den Auftrag der keramischen Füllschicht 17 kann das beschriebene Reparaturverfahren ohne Schwierigkeiten zur Ausbesserung lokaler Beschädigungen bei eingebauten Bauteilen "vor Ort" erfolgen. Es ist aber auch denkbar, das Verfahren im Rahmen von Servicearbeiten oder zur Ausbesserung neuer Bauteile durchzuführen.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0025]

5	10	Bauteil
	11	Basismaterial (Bauteil)
	12	Haftschrift (bond coating BC)
	13	Oxidschicht (thermisch gewachsen; TGO)
	14	Hitzeschutzschicht (keramisch; TBC)
10	15	lokale Beschädigung (Abplatzung)
	16	Materialabtrag
	17	keramische Füllschicht
	18,19	Maske
	20	Oberfläche

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausbessern einer lokalen Beschädigung (15) in der Hitzeschutzbeschichtung eines Bauteils (10), wobei die Hitzeschutzbeschichtung eine metallische Haftschrift (12) und eine über der metallischen Haftschrift (12) aufgetragene keramische Hitzeschutzschicht (14) umfasst, und wobei die lokale Beschädigung (15) durch ein lokales Abplatzen der Hitzeschutzschicht (14) hervorgerufen worden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Schritt die metallische Haftschrift (12) bis zu einer vorgegebenen Tiefe abgetragen wird, und dass in einem zweiten Schritt auf die dickenreduzierte Haftschrift (12) zum Auffüllen der Hitzeschutzschicht (14) eine keramische Füllschicht (17) aufgetragen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haftschrift (12) im oberen Dickenbereich eine von der ursprünglichen abweichende chemische Zusammensetzung aufweist, und dass die vorgegebene Tiefe so gewählt ist, dass zumindest der Dickenbereich der Haftschrift (12) mit der abweichenden chemischen Zusammensetzung abgetragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Haftschrift (12) und der darüber liegenden Hitzeschutzschicht (13) eine thermisch gewachsene Oxidschicht (13) angeordnet ist, und dass vor dem Abtragen der Haftschrift (12) zunächst in einem Reinigungsprozess im Bereich der lokalen Beschädigung (15) etwaige Reste der Hitzeschutzschicht (14) und einer Oxidschicht (13) entfernt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Abtragen der Haftschrift (12) die verbleibende Dicke kontrolliert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Dickenkontrolle die FSEC(Frequency Scanning Eddy Current)-Technik eingesetzt wird. 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abtragen der Schichten (12, 13) und/oder das Auffüllen der Hitzeschutzschicht (14) zur Erzeugung eines definierten Randbereichs durch entsprechende Masken (18, 19) hindurch erfolgt. 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** im zweiten Schritt die keramische Füllschicht (17) über die Oberfläche (20) der Hitzeschutzschicht (14) hinausgehend aufgetragen wird, und dass die Oberfläche der keramischen Füllschicht (17) dann durch mechanische Bearbeitung, insbesondere Schleifen und/oder Polieren, der Oberfläche (20) der Hitzeschutzschicht (14) angeglichen wird. 15 20
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren vor Ort an eingebauten Bauteilen (10) durchgeführt wird. 25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren im Rahmen von Servicearbeiten oder zur Ausbesserung neuer Bauteile (10) durchgeführt wird. 30

35

40

45

50

55

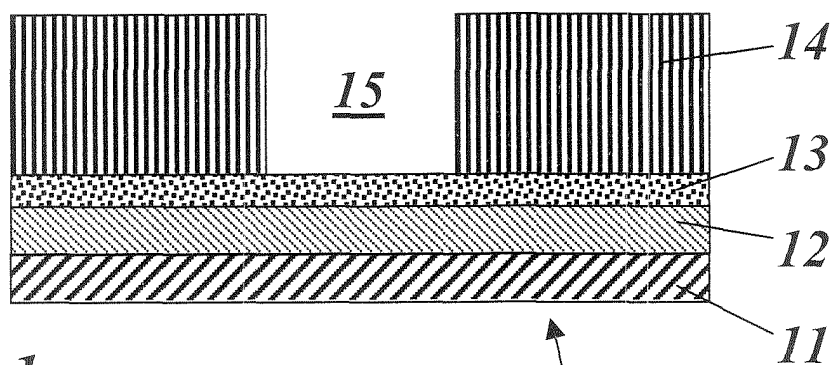


Fig. 1

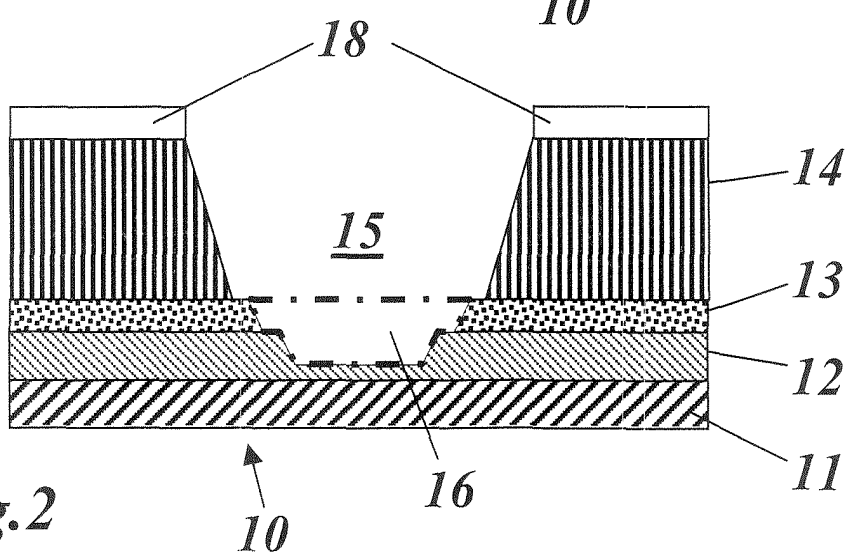


Fig. 2

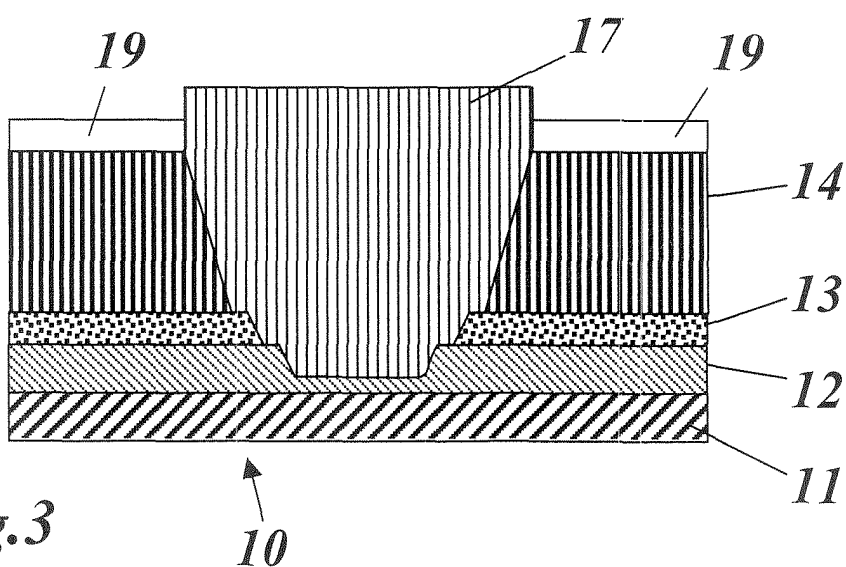
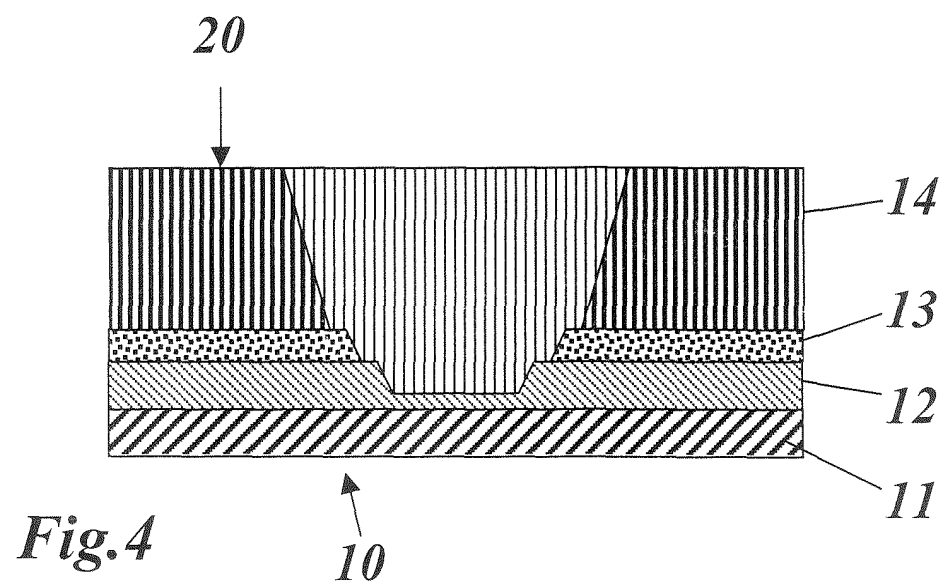


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 10 1783

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X,D	EP 0 808 913 A (GEN ELECTRIC) 26. November 1997 (1997-11-26) * Absätze [0021] - [0027]; Abbildungen 1-3 *	1,3-7,9	C23C4/02 C23C4/04 C23C28/00 C23C30/00 F01D5/00
A	EP 1 197 585 A (GEN ELECTRIC) 17. April 2002 (2002-04-17)		
A,D	US 6 235 352 B1 (LEVERANT GERALD R ET AL) 22. Mai 2001 (2001-05-22)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			C23C F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. November 2004	Prüfer Kiliaan, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

2
EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 10 1783

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-11-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0808913	A	26-11-1997	US	5723078 A	03-03-1998
			DE	69707056 D1	08-11-2001
			DE	69707056 T2	27-06-2002
			EP	0808913 A1	26-11-1997

EP 1197585	A	17-04-2002	US	6413578 B1	02-07-2002
			CZ	20012365 A3	17-07-2002
			EP	1197585 A2	17-04-2002
			JP	2002256452 A	11-09-2002
			US	2002182362 A1	05-12-2002
			US	2004062448 A1	01-04-2004

US 6235352	B1	22-05-2001	KEINE		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82