



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.09.2007 Patentblatt 2007/39

(51) Int Cl.:
H01P 5/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06006202.3**

(22) Anmeldetag: **25.03.2006**

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

- **Gerhardt, Christoph**
79106 Freiburg (DE)
- **Riessle, Peter**
79274 Saint Märgen (DE)
- **Kirchmeier, Thomas**
79331 Teningen (DE)
- **Pivit, Erich Dr.**
71573 Allmersbach im Tal (DE)

(71) Anmelder: **HÜTTINGER Elektronik GmbH + Co. KG**
79111 Freiburg (DE)

(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus**
Patentanwälte
Ruppmannstrasse 27
70565 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Krausse, Daniel**
79106 Freiburg (DE)

(54) **Richtkoppler**

(57) Ein Richtkoppler (3), insbesondere für eine HF-Plasmaprozessenregungsanordnung (1), umfasst:
a. Eine Durchgangsleitung (11) mit einem Eingangsanschluss (20) und einem Ausgangsanschluss (21);
b. Eine von der Durchgangsleitung (11) beabstandete erste Koppelleitung (13) zur Erfassung von reflektierter Leistung (P_r), die zumindest an einem Ende mit einem Abschlusswiderstand (25) abgeschlossen ist;
c. Eine von der Durchgangsleitung (11) beabstandete zweite Koppelleitung (15) zur Erfassung von Vorwärts-

leistung (P_f), die zumindest an einem Ende mit einem Abschlusswiderstand (28) abgeschlossen ist.
Jede Koppelleitung (13, 15) weist einen vorgegebenen und eingestellten Wellenwiderstand auf und die Abschlusswiderstände (25, 28) weisen einen Widerstandswert auf, der dem Wellenwiderstand der zugeordneten Koppelleitung (13, 15) mit einer Toleranz $< \pm 10\%$, insbesondere $< \pm 5\%$, vorzugsweise $< \pm 1\%$ entspricht. Dadurch lassen sich Vorwärts- und Rückwärtsleistung genau erfassen.

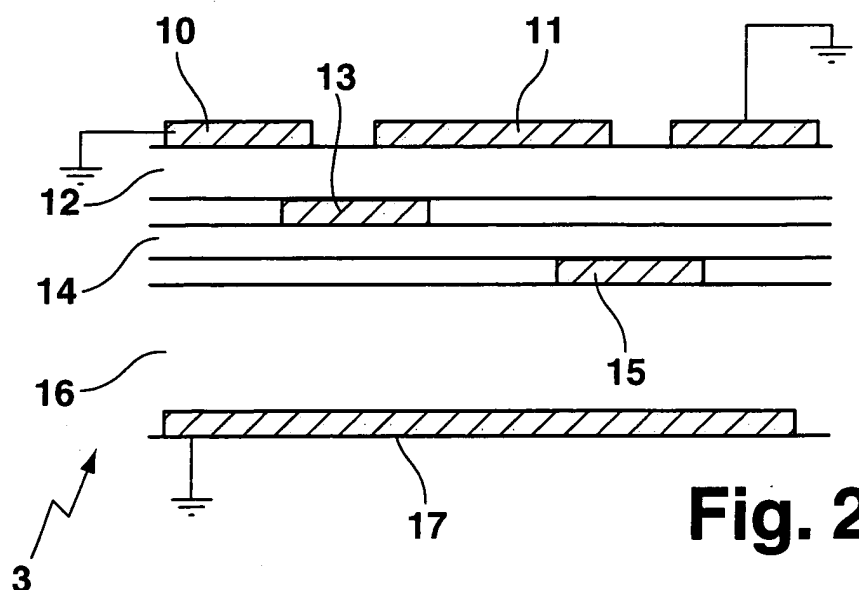


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Richtkoppler, insbesondere für eine HF-Plasmaprozessanregungsanordnung, umfassend:

- a. Eine Durchgangsleitung mit einem Eingangsanschluss und einem Ausgangsanschluss;
- b. Eine von der Durchgangsleitung beabstandete erste Koppelleitung zur Erfassung von reflektierter Leistung, die zumindest an einem Ende mit einem Abschlusswiderstand abgeschlossen ist;
- c. Eine von der Durchgangsleitung beabstandete zweite Koppelleitung zur Erfassung von Vorwärtsleistung, die zumindest an einem Ende mit einem Abschlusswiderstand abgeschlossen ist.

[0002] HF- Plasmaprozessanregungsanordnungen weisen einen HF-Generator auf, der HF-Leistung an einen Plasmaprozess liefert. Die HF-Leistung wird in der Regel in einem schmalbandigen Frequenzbereich, insbesondere um die Industriefrequenzen 13,56 MHz und 27,12 MHz, an den Plasmaprozess geliefert. Zur Messung der in den Plasmaprozess gelieferten Leistung können Messeinrichtungen vorgesehen sein. Für eine genaue Regelung und/oder Steuerung der Leistung ist es notwendig, die gelieferte Leistung genau zu erfassen.

[0003] Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, die in die Last gelieferte Leistung eines HF-Plasmaprozessanregungssystems zu bestimmen. Eine häufig verwendete ist die Messung mittels eines Richtkopplers. Ein Richtkoppler kann die Vorwärtsleistung P_f und die reflektierte Leistung P_r bestimmen. Richtkoppler koppeln einen Teil der Leistung, die durch eine Durchgangsleitung des Richtkopplers geführt wird, aus.

[0004] Es existiert eine Vielzahl von Anwendungen von Richtkopplern in Streifenleitungstechnik, die die Länge eines Viertels der zur Frequenz gehörenden Wellenlänge λ besitzen. Solche Längen sind bei einem System, das im Bereich von 10 bis 30 MHz arbeitet, nicht realistisch.

[0005] Die aus dem Stand der Technik, z.B. DE 10 2004 021 535 A1, US 2005/0212617 A1, bekannten Richtkoppler sind für deutlich höhere Frequenzen (1 GHz und höher), wo die Leitungstheorie eine wesentliche Rolle spielt, ausgelegt. Bei den bekannten Richtkopplern verläuft eine Koppelleitung parallel zu der Durchführungsleitung. Ein geringer Teil der Leistung wird von der Durchgangsleitung, in der die Leistung des Generators zur Last fließt, auf die Koppelleitung durch elektrische und magnetische Kopplung ausgekoppelt. An einem Ende der Koppelleitung kann eine der reflektierten Leistung proportionale Leistung abgegriffen werden, am anderen Ende eine der Vorwärtsleistung proportionale Leistung. Es wurde auch schon vorgeschlagen, jeweils eine Koppelleitung für die Vorwärtsleistung und eine Koppelleitung für die reflektierte Leistung zu verwenden.

[0006] Durch eine zusätzliche Beschaltung, die zu-

meist aus einem Tiefpassfilter, und einer Bürde besteht, kann aus den abgegriffenen Leistungen ein Messsignal generiert werden, das einer Steuerung zugeführt werden kann.

[0007] Bei bekannten Richtkoppleranordnungen ist es nachteilig, dass jede Störung, die von der Beschaltung zurück in die Koppelleitung kommt, sei es durch eine Fehlanpassung der Beschaltung gegenüber dem Richtkoppler oder sei es durch eine Filterung, zu Messwertverfälschungen, sowohl bei der Messung der Vorwärtsleistung als auch der reflektierten Leistung führt.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Richtkoppler bereitzustellen, mit dem eine genauere Leistungsmessung ermöglicht wird.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Richtkoppler der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass jede Koppelleitung einen vorgegebenen und eingestellten Wellenwiderstand aufweist und die Abschlusswiderstände einen Widerstandswert aufweisen, der dem Wellenwiderstand der zugeordneten Koppelleitung mit einer Toleranz $< \pm 10\%$, insbesondere $< \pm 5\%$, vorzugsweise $< \pm 1\%$ entspricht. Durch die genaue Anpassung der Abschlusswiderstände auf die Wellenwiderstände können Reflexionen aufgrund von Fehlanpassung an dieser Stelle vermieden werden. Dadurch kann eine sehr viel genauere Messung der Leistungen erfolgen. Die Verwendung von zwei Koppelleitungen hat den Vorteil, dass die Vorwärtsleistung und die reflektierte Leistung entkoppelt voneinander gemessen werden können. An den Koppelleitungen kann die Leistung oder eine diese beschreibende Größe abgegriffen werden. Wenn bei der Beschaltung, beispielsweise der Filterung der abgegriffenen Leistung, Reflexionen entstehen, werden diese im Abschlusswiderstand der jeweiligen Koppelleitung absorbiert und tragen nicht zu einem Messfehler auf der anderen Koppelleitung bei. Vorzugsweise verlaufen die Koppelleitungen zumindest abschnittsweise parallel zur Durchgangsleitung.

[0010] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass ein erstes Massebezugspotential, insbesondere eine erste Massefläche, vorgesehen ist und die erste und zweite Koppelleitung in einem vorgegebenen Abstand zu dem Massepotential angeordnet sind. Durch die Wahl beziehungsweise Vorgabe der Abstände können die Wellenwiderstände der Koppelleitungen sehr genau eingestellt werden. Durch das feste Bezugspotenzial kann ein fester Wellenwiderstand hoch genau und zuverlässig und mit hoher Wiederholgenauigkeit vorgegeben werden. Vorteilhafterweise wird ein in der Industrie gängiger Wellenwiderstand eingestellt. Sehr gängig ist z.B. ein 50 Ohm oder auch 75 Ohm Wellenwiderstand. Um den Wellenwiderstand zu realisieren, kann zusätzlich die Länge und/oder Breite der Koppelleitungen geeignet vorgegeben werden.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform können zwei Massebezugspotentiale vorgesehen sein und die Koppelleitungen können zwischen den Massebezugspotentialen angeordnet sein, wobei der Abstand zu

zumindest einem, vorzugsweise beiden Massebezugspotentialen vorgegeben oder vorgebar ist. Mit dem einen Massebezugspotential lässt sich der vorgegebene Wellenwiderstand präzise einstellen und mit dem zweiten Massebezugspotential lässt sich die elektrische Kopplung zwischen der Durchgangsleitung und den Koppelleitungen genau einstellen.

[0012] Bei einer bevorzugten Weiterbildung können die Koppelleitungen zwischen zwei Masseflächen angeordnet sein. Die Koppelleitungen können zwischen isolierende Materialien, beispielsweise Leiterplatten eingebettet sein, die die Masseflächen tragen. Dadurch lässt sich der Richtkoppler besonders einfach, kostengünstig und mit einer hohen Präzision herstellen.

[0013] Weitere Vorteile ergeben sich, wenn die Durchgangsleitung in derselben Ebene wie eine Massefläche angeordnet, davon jedoch isoliert ist. Bei relativ kurzen Leitungen, insbesondere kürzer als $\lambda/4$, ist die Kopplung gemäß der Leitungstheorie vernachlässigbar. Es findet vielmehr eine Kopplung durch elektrische und magnetische Felder statt. Die elektrische und die magnetische Kopplung müssen ausgewogen sein. Die magnetische Kopplung ergibt sich durch den magnetischen Feldlinienverlauf im Bereich der Strecke, in der die Koppelleitungen in unmittelbarer Nähe zur Durchführungsleitung geführt sind. Kurze Leitungen bedeuten eine geringe magnetische Kopplung. Für die Ausgewogenheit ist auch eine geringe elektrische Kopplung notwendig. Die elektrische Kopplung ergibt sich durch den elektrischen Feldlinienverlauf zwischen der Durchgangsleitung und der jeweiligen Koppelleitung, sowie aus der Fläche der jeweiligen Koppelleitung. Der Feldlinienverlauf kann durch eine Massefläche auf der gleichen Ebene wie die Durchgangsleitung abgelenkt und somit von den Koppelleitungen weg gelenkt werden. Damit kann die elektrische Kopplung der Durchgangsleitung mit den Koppelleitungen verringert werden.

[0014] Auch wenn zwischen der Durchgangsleitung und einem Massepotential, insbesondere einer Massefläche, keine Koppelleitung angeordnet ist, können die Feldlinien des elektrischen Feldes umgelenkt werden, um die elektrische Kopplung zwischen Durchgangsleitung und Koppelleitungen zu verringern.

[0015] Wenn die Koppelleitungen an einem Ende ausschließlich einen Abschlusswiderstand aufweisen, der vorzugsweise angepasst ist, kann die Leistung am jeweils anderen Ende ausgekoppelt werden. Mit "angepasster Abschlusswiderstand" ist gemeint, dass der Abschlusswiderstand gleich ist, wie der Wellenwiderstand des Richtkopplers. Reflexionen, die durch die Messung entstehen, landen so im Abschlusswiderstand am anderen Ende der Koppelleitung, führen zu keinen erneuten Reflexionen und tragen nicht zu einem Messfehler auf der jeweils anderen Koppelleitung bei. Der Abschlusswiderstand kann einstellbar ausgeführt sein, dann lassen sich Toleranzen im Richtkoppler ausgleichen.

[0016] Besonders bevorzugt ist es, wenn die parallel verlaufenden Abschnitte der Leitungen eine Länge $< \lambda/$

4, insbesondere $\leq \lambda/8$, vorzugsweise $\leq \lambda/10$ aufweisen. Dadurch können die Abmessungen des Richtkopplers klein gehalten werden.

[0017] Bei einer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Vorwärtsleistung und die reflektierte Leistung oder diese beschreibende Größen mit unterschiedlichen Koppelfaktoren auskoppelbar sind. Die reflektierte Leistung ist üblicherweise kleiner als die Vorwärtsleistung. Wenn sie mit einem größeren Koppelfaktor ausgekoppelt werden kann, erhöht sich der Signal-Rauschabstand am Eingang der die Leistung detektierenden Auswerteeinrichtung, weil die Dynamik der die Leistung detektierenden Auswerteeinrichtung vorteilhaft ausgenutzt wird. Die reflektierte Leistung kann dadurch genauer gemessen werden.

[0018] Auf besonders einfache Art und Weise lassen sich unterschiedliche Koppelfaktoren realisieren, wenn die erste und zweite Koppelleitung in unterschiedlichen Abständen zur Durchgangsleitung angeordnet sind.

[0019] Unterschiedlichen Koppelfaktoren können bei einfacher, präziser und kostengünstiger Herstellung des Richtkopplers realisiert werden, wenn die Durchgangsleitung, die erste und die zweite Koppelleitung in unterschiedlichen Ebenen angeordnet sind.

[0020] Vorteilhafterweise sind die Koppelleitungen versetzt zueinander angeordnet. Dadurch kann eine Kopplung zwischen den Koppelleitungen und damit eine Beeinträchtigung der Messergebnisse vermieden werden.

[0021] Der Abstand zwischen den Leitungen lässt sich präzise und reproduzierbar einstellen, wenn die Leitungen durch ein elektrisch isolierendes Material, insbesondere Leiterplattenmaterial, voneinander beabstandet sind.

[0022] Der Richtkoppler ist insbesondere geeignet für den Betrieb in HF-Plasmaprozessanregungsanordnungen, wenn er für einen Betrieb bei Frequenzen $< 200\text{MHz}$, insbesondere $< 40\text{MHz}$ ausgelegt ist.

[0023] In den Rahmen der Erfindung fällt außerdem eine HF-Plasmaprozessanregungsanordnung mit einem Richtkoppler, wie er im Vorhergehenden beschrieben wurde.

[0024] Besonders bevorzugt ist es, wenn ein Großteil des Rückstroms, insbesondere mehr als 90% des Rückstroms, von einer Plasmalast zu einem HF-Generator über eine Massefläche des Richtkopplers fließt. Auf der Massefläche sollte ein Großteil, möglichst der gesamte Rückstrom fließen. Dadurch wird sichergestellt, dass sich das elektrische Feld, das zur elektrischen Kopplung der Durchgangsleitung mit den Koppelleitungen notwendig ist, aufbaut.

[0025] Vorteile ergeben sich, wenn der HF-Widerstand für den Rückstrom zwischen Ausgangsanschluss der HF-Plasmaprozessanregungsanordnung und einem Massepotential des Richtkopplers kleiner ist als der HF-Widerstand eines Gehäuses zwischen Ausgangsanschluss und Massepotential des Gehäuses. Vorzugsweise ist der Ausgang als koaxialer Stecker ausgebildet, auf

dessen Außenleiter der Rückstrom fließt. Bei bekannten HF-Plasmaprozessanregungsanordnungen ist der Außenleiter mechanisch und elektrisch in der Regel mit der Masse des Gehäuses verbunden. Auch die Masse des HF-Generators ist in der Regel an mehreren Stellen oder großflächig mit der Masse des Gehäuses verbunden. In der Regel wird also auch dann, wenn ein Massebezugspotential am Richtkoppler vorgesehen ist, hier gar nicht der vollständige Strom fließen, sondern ein Großteil des Stromes wird über das Gehäuse direkt zur Masse des HF-Generators fließen. Der Strom wird sich dazu entsprechend den Widerständen der unterschiedlichen Strompfade zu Masse aufteilen. Erfindungsgemäß wird nun sichergestellt, dass möglichst der ganze Strom über die Massebezugsfläche des Richtkopplers fließt. Ein sehr geringer Widerstand für Gleichstrom, wie es ein herkömmliches Gehäuse auf jeden Fall darstellt, kann beispielsweise erhöht werden, wenn Induktivitäten in den Strompfad eingebracht werden. Alternativ oder zusätzlich kann der Strompfad über das Massebezugspotential des Richtkopplers zur Masse des HF-Generators besonders induktivitätsarm aufgebaut werden. Dazu kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Befestigungsschrauben des Ausgangsanschlusses eine direkte, kurze und großflächige Verbindung zu der Massefläche des Richtkopplers aufweisen. Zusätzlich oder alternativ kann die Verbindung von der Massebezugsfläche des Richtkopplers zur Masse des Generators ebenso kurz, und induktivitätsarm aufgebaut sein.

[0026] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten zeigen, und aus den Ansprüchen. Die einzelnen Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination bei einer Variante der Erfindung verwirklicht sein.

[0027] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung schematisch dargestellt und werden nachfolgend mit Bezug zu den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1** eine schematische Darstellung einer HF-Plasmaprozessanregungsanordnung;
- Fig. 2** eine Schnittdarstellung durch einen erfindungsgemäßen Richtkoppler;
- Fig. 3a - 3c** eine Draufsicht auf die unterschiedlichen Ebenen des Richtkopplers der Fig. 2; und
- Fig. 4** eine schematische Darstellung der Anordnung eines Richtkopplers in einem Gehäuse einer HF-Plasmaprozessanregungsanordnung.

[0028] In der Figur 1 ist eine HF-Plasmaprozessanregungsanordnung 1 schematisch dargestellt. Die HF-

Plasmaprozessanregungsanordnung 1 umfasst einen HF-Generator 2, der über einen Richtkoppler 3 mit einer Plasmalast 4 verbunden ist. Der Richtkoppler 3 dient zur Auskopplung von Signalen oder Größen, die mit der von dem HF-Generator 2 abgegebenen Vorwärtsleistung und der von der Plasmalast 4 reflektierten Leistung in Beziehung stehen. Zu diesem Zweck ist eine erste Messeinrichtung 5 (Beschaltung) zur Messung der Vorwärtsleistung und eine zweite Messeinrichtung 6 (Beschaltung) zur Messung der reflektierten Leistung vorgesehen. Die Messeinrichtungen 5, 6 sind wiederum mit einer Auswerteeinrichtung 7 verbunden, die aufgrund der gemessenen Leistungen den HF-Generator 2 und damit die abgegebenen Vorwärtsleistung steuern kann.

[0029] In der Figur 2 ist ein Querschnitt durch den Richtkoppler 3 gezeigt. In derselben Ebene wie eine Massefläche 10 ist eine Durchgangsleitung 11 elektrisch isoliert angeordnet. Über die Durchgangsleitung 11 wird die Vorwärtsleistung von dem HF-Generator zu der Last übertragen. Die Massefläche 10 und die Durchgangsleitung 11 liegen gemäß diesem Ausführungsbeispiel in einer Ebene. Sie sind auf einem als Leiterplatte ausgebildeten elektrischen Isolator 12 angeordnet. In der Ebene darunter ist eine erste Koppelleitung 13 zur Auskopplung der reflektierten Leistung angeordnet. Auch die erste Koppelleitung 13 ist auf einem als Leiterplatte ausgebildeten elektrischen Isolator 14 aufgebracht. Die erste Koppelleitung 13 ist in einem vorgegebenen vertikalen Abstand und leicht versetzt zur Durchgangsleitung 11 angeordnet.

[0030] Die zweite Koppelleitung 15 zur Auskopplung der Vorwärtsleistung ist in einem größeren Abstand zur Durchgangsleitung 11 angeordnet. Auch die zweite Koppelleitung 15 ist auf einem als Leiterplatte ausgebildeten Isolator 16 angeordnet. Aufgrund des größeren Abstands der zweiten Koppelleitung 15 zur Durchgangsleitung 11 wird durch die zweite Koppelleitung 15 Leistung mit einem geringeren Koppelfaktor ausgekoppelt. Der Abstand zwischen der zweiten Koppelleitung 15 und der Durchgangsleitung 11 ist ebenfalls vorgegeben. Die Koppelleitung 15 ist versetzt zur Durchgangsleitung 11 angeordnet und überlappt die erste Koppelleitung 13 nicht. Dadurch wird eine Entkoppelung der beiden Koppelleitungen 13, 15 sichergestellt.

[0031] In einer weiteren Ebene ist eine zweite Massefläche 17 vorgesehen. Die Masseflächen 10, 17 können mit mehreren Durchkontaktierungen (nicht gezeigt) verbunden sein, um die Homogenität des Stroms in den Masseflächen 10, 17 sicherzustellen. Die Koppelleitungen 13, 15 haben einen definierten Abstand zur Massefläche 17. Auf diese Weise wird der Wellenwiderstand der Koppelleitungen 13, 15 genau festgelegt. Der Wellenwiderstand wird weiterhin durch die Länge und Breite der Koppelleitungen 13, 15 festgelegt. Die Länge, Breite der Koppelleitungen und der Abstand zu der Massefläche 17 werden somit aufeinander abgestimmt, um einen definierten, vorgegebenen Wellenwiderstand für jede Koppelleitung 13, 15 zu erzielen.

[0032] Die Koppelfaktoren werden ebenfalls durch die Länge und Breite der Koppelleitungen 13, 15 beeinflusst. Einen weiteren Einfluss auf den Koppelfaktor hat die Position der Koppelleitungen 13, 15 in Bezug zur Durchgangsleitung 11 sowie die Breite und Länge der Durchgangsleitung 11.

[0033] Durch die erste Massefläche 10, die in einem anderen, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel auch oberhalb der Durchgangsleitung 11 angeordnet sein könnte, wird das elektrische Feld in der Umgebung der Durchgangsleitung 11 beeinflusst. Durch diese Maßnahme kann die elektrische Kopplung zwischen der Durchgangsleitung 11 und den Koppelleitungen 13, 15 beeinflusst und eingestellt werden.

[0034] In der Figur 3a ist eine Draufsicht auf die Massefläche 10 und die Durchgangsleitung 11 gezeigt. Hier wird deutlich, dass die Durchgangsleitung 11 vollständig in die Massefläche 10 eingebettet ist und somit von dieser auch abgeschirmt wird. Gezeigt sind auch ein Eingangsanschluss 21 zur Verbindung mit dem HF-Generator sowie ein Ausgangsanschluss 20 zu Verbindung mit der Plasmalast.

[0035] Die Figur 3b zeigt eine Draufsicht auf den Isolator 14, auf dem die erste Koppelleitung 13 angeordnet ist. Außerhalb des Koppelbereichs 22, in dem die erste Koppelleitung 13 parallel zur Durchgangsleitung 11 verläuft, ist die Koppelleitung 13 abgewinkelt, so dass die Anschlüsse 23, 24 von der Durchgangsleitung 11 entfernt liegen. An dem Anschluss 23 ist ausschließlich ein Widerstand 25 angeschlossen, dessen Widerstandswert dem Wellenwiderstand der ersten Koppelleitung 13 entspricht. Der Anschluss 24 kann an eine Messeinrichtung angeschlossen werden, an die eine die reflektierte Leistung P_r beschreibende Größe ausgegeben wird.

[0036] Die Figur 3c zeigt eine Draufsicht auf den Isolator 16, auf dem die zweite Koppelleitung 15 angeordnet ist. Außerhalb des Koppelbereichs 22, in dem die zweite Koppelleitung 15 parallel zur Durchgangsleitung 11 verläuft, ist die Koppelleitung 15 abgewinkelt, so dass die Anschlüsse 26, 27 von der Durchgangsleitung 11 und den Anschlüssen 23, 24 der ersten Koppelleitung 13 entfernt liegen. An dem Anschluss 26 ist ausschließlich ein Widerstand 28 angeschlossen, dessen Widerstandswert dem Wellenwiderstand der zweiten Koppelleitung 15 entspricht. Der Anschluss 27 kann an eine Messeinrichtung angeschlossen werden, an die eine die Vorwärtsleistung P_f beschreibende Größe ausgegeben wird.

[0037] In der Figur 4 ist gezeigt, dass der HF-Generator 2 und der Richtkoppler 3 in einem Gehäuse 30 angeordnet sind, wobei das Gehäuse 30 mit einem Massepotential verbunden ist. Ein Ausgangsanschluss 31 des HF-Generators 2 ist über eine Leitung 32 mit der Durchgangsleitung 11 des Richtkopplers 3 verbunden. Die Durchgangsleitung 11 des Richtkopplers 3 ist wiederum mit dem Innenleiter 33 eines als Stecker, insbesondere Koax-Stecker, ausgebildeten Ausgangsanschlusses 34 verbunden. Der Außenleiter 35 des Ausgangsanschlusses 34 ist großflächig über Befestigungsmittel 36 mit dem

Gehäuse 30 verbunden. Insbesondere gelangt der auf dem Außenleiter 35 von der Plasmalast zurückgeführte Strom über den Außenleiter 35 an das Gehäuse 30. Um sicherzustellen, dass ein wesentlicher Anteil des Rückstroms über die Massefläche 17 und nicht über das Gehäuse 30 verläuft, ist eine kurze Verbindungsleitung 37 zwischen der Massefläche 17 und dem Ausgangsanschluss 34 vorgesehen. Die Massefläche 17 ist weiterhin über eine kurze Leitung 38 mit dem HF-Generator 2, insbesondere mit dessen Massepotential, verbunden. Die Verbindungsleitungen 37, 38 sind vorzugsweise aus Kupfer oder Silber hergestellt. Diese Metalle weisen eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf. Vorzugsweise ist die Länge der Verbindungsleitungen 37, 38 ≤ 10 mm und die Breite ≥ 5 mm insbesondere ≥ 10 mm. Durch die flächige, kurze Ausgestaltung der Verbindungsleitungen 37, 38 wird eine induktionsarme Verbindung zwischen dem Außenleiter 35 und der Masse des HF-Generators 2 über die Massefläche 17 realisiert.

[0038] Weiterhin können Maßnahmen am Gehäuse 30 ergriffen werden, um den Widerstand für den zurückgeführten HF-Strom zu erhöhen und auf diese Weise sicher zu stellen, dass der Rückstrom im Wesentlichen über die Massefläche 17 fließt. Solche Maßnahmen können beispielsweise sein: Verbindungselemente zwischen Gehäuse und Masse des HF-Generators mit Ferritringen versehen, oder Verbindungselemente aus Materialien mit einem hohen μ_r verwenden da ein hohes μ_r den Skin-Effekt erhöht und so zu einer verschlechterten HF-Stromleitung führt. Durch diese Maßnahme können sich die elektrischen und magnetischen Felder ausbilden, die für eine gute Kopplung der Koppelleitungen 13, 15 mit der Durchgangsleitung 11 notwendig sind.

Patentansprüche

1. Richtkoppler (3), insbesondere für eine HF-Plasma-prozessanregungsanordnung (1), umfassend:

- a. Eine Durchgangsleitung (11) mit einem Eingangsanschluss (20) und einem Ausgangsanschluss (21);
- b. Eine von der Durchgangsleitung (11) beabstandete erste Koppelleitung (13) zur Erfassung von reflektierter Leistung (P_r), die zumindest an einem Ende mit einem Abschlusswiderstand (25) abgeschlossen ist;
- c. Eine von der Durchgangsleitung (11) beabstandete zweite Koppelleitung (15) zur Erfassung von Vorwärtsleistung (P_f), die zumindest an einem Ende mit einem Abschlusswiderstand (28) abgeschlossen ist,

dadurch gekennzeichnet, dass jede Koppelleitung (13, 15) einen vorgegebenen und eingestellten Wellenwiderstand aufweist und die Abschlusswiderstände (25, 28) einen Widerstandswert aufweisen,

- der dem Wellenwiderstand der zugeordneten Koppelleitung (13, 15) mit einer Toleranz $< \pm 10\%$, insbesondere $< \pm 5\%$, vorzugsweise $< \pm 1\%$ entspricht.
2. Richtkoppler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erstes Massebezugspotential, insbesondere eine erste Massefläche (10, 17), vorgesehen ist und die erste und zweite Koppelleitung (13, 15) in einem vorgegebene Abstand zu dem Massepotential angeordnet sind. 5
 3. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Massebezugspotentiale vorgesehen sind und die Koppelleitungen (13, 15) zwischen den Massebezugspotentialen angeordnet sind, wobei der Abstand zu zumindest einem, vorzugsweise beiden Massebezugspotentialen vorgegeben oder vorgebar ist. 10
 4. Richtkoppler nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelleitungen (13, 15) zwischen zwei Masseflächen (10, 17) angeordnet sind. 15
 5. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchgangsleitung (11) in derselben Ebene wie eine Massefläche (10) angeordnet, davon jedoch isoliert ist. 20
 6. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Durchgangsleitung (11) und einem Massepotential, insbesondere einer Massefläche, keine Koppelleitung (13, 15) angeordnet ist. 25
 7. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelleitungen (13, 15) an einem Ende ausschließlich einen Abschlusswiderstand (25, 28) aufweisen. 30
 8. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die parallel verlaufenden Abschnitte der Leitungen (11, 13, 15) eine Länge $< \lambda/4$, insbesondere $\leq \lambda/8$, vorzugsweise $\leq \lambda/10$ aufweisen. 35
 9. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorwärtsleistung (P_i) und die reflektierte Leistung (P_r) oder diese beschreibende Größen mit unterschiedlichen Koppelfaktoren auskoppelbar sind. 40
 10. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite Koppelleitung (13, 15) in unterschiedlichen Abständen zur Durchgangsleitung (11) angeordnet sind. 45
 11. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchgangsleitung (11), die erste und die zweite Koppelleitung (13, 15) in unterschiedlichen Ebenen angeordnet sind. 50
 12. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelleitungen (13, 15) versetzt zueinander angeordnet sind. 55
 13. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitungen (11, 13, 15) durch ein elektrisch isolierendes Material, insbesondere Leiterplattenmaterial, voneinander beabstandet sind.
 14. Richtkoppler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er für einen Betrieb bei Frequenzen $< 200\text{MHz}$, insbesondere $< 40\text{MHz}$, ausgelegt ist.
 15. HF-Plasmaprozessanregungsanordnung (1) mit einem Richtkoppler (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
 16. HF-Plasmaanregungsanordnung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Großteil des Rückstroms, insbesondere mehr als 90% des Rückstroms von einer Plasmalast (4) zu einem HF-Generator (2) über eine Massefläche (10, 17) des Richtkopplers (3) fließt.
 17. HF-Plasmaanregungsanordnung nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der HF-Widerstand für den Rückstrom zwischen Ausgangsanschluss (34) der HF-Plasmaanregungsanordnung und einem Massepotential des Richtkopplers (3) kleiner ist als der HF-Widerstand eines Gehäuses (30) zwischen Ausgangsanschluss (34) und Massepotential des Gehäuses (30).

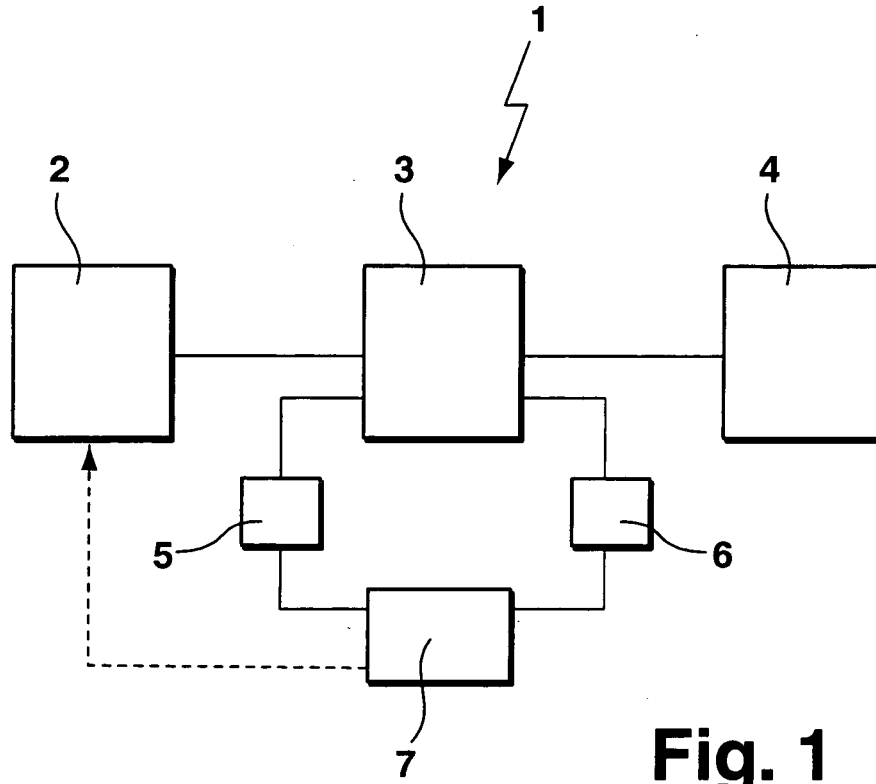


Fig. 1

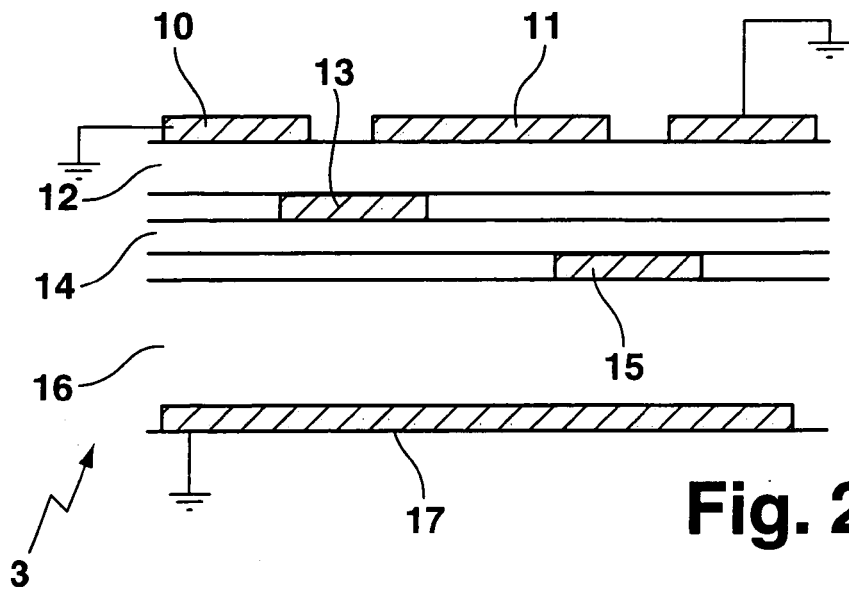


Fig. 2

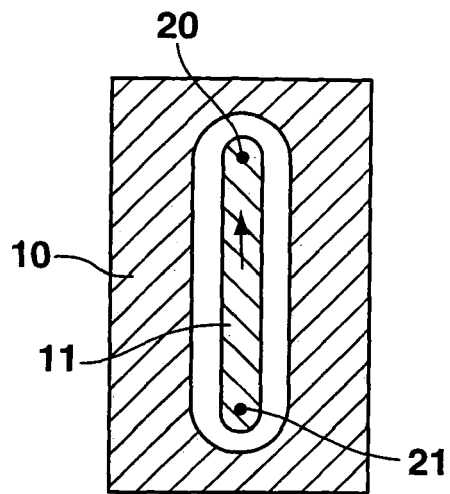


Fig. 3a

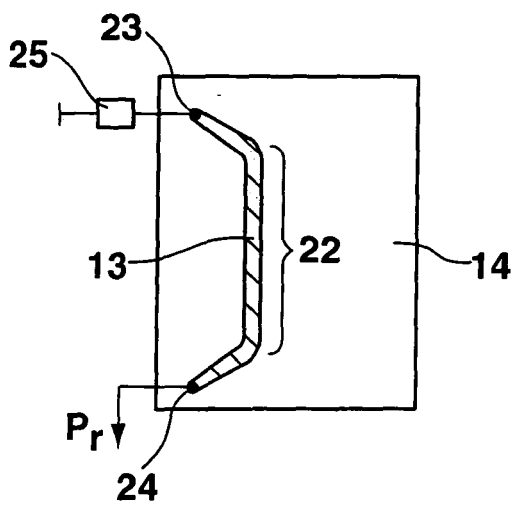


Fig. 3b

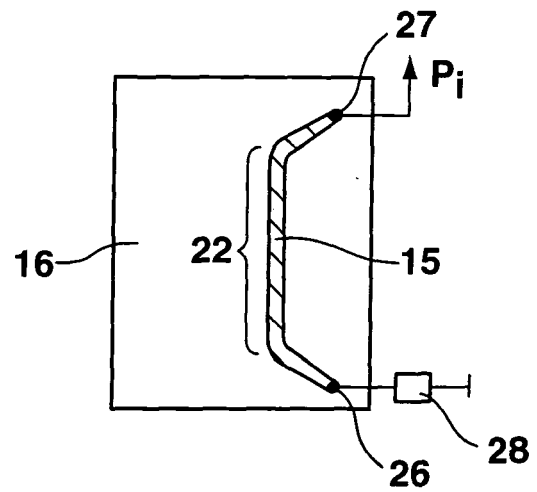


Fig. 3c

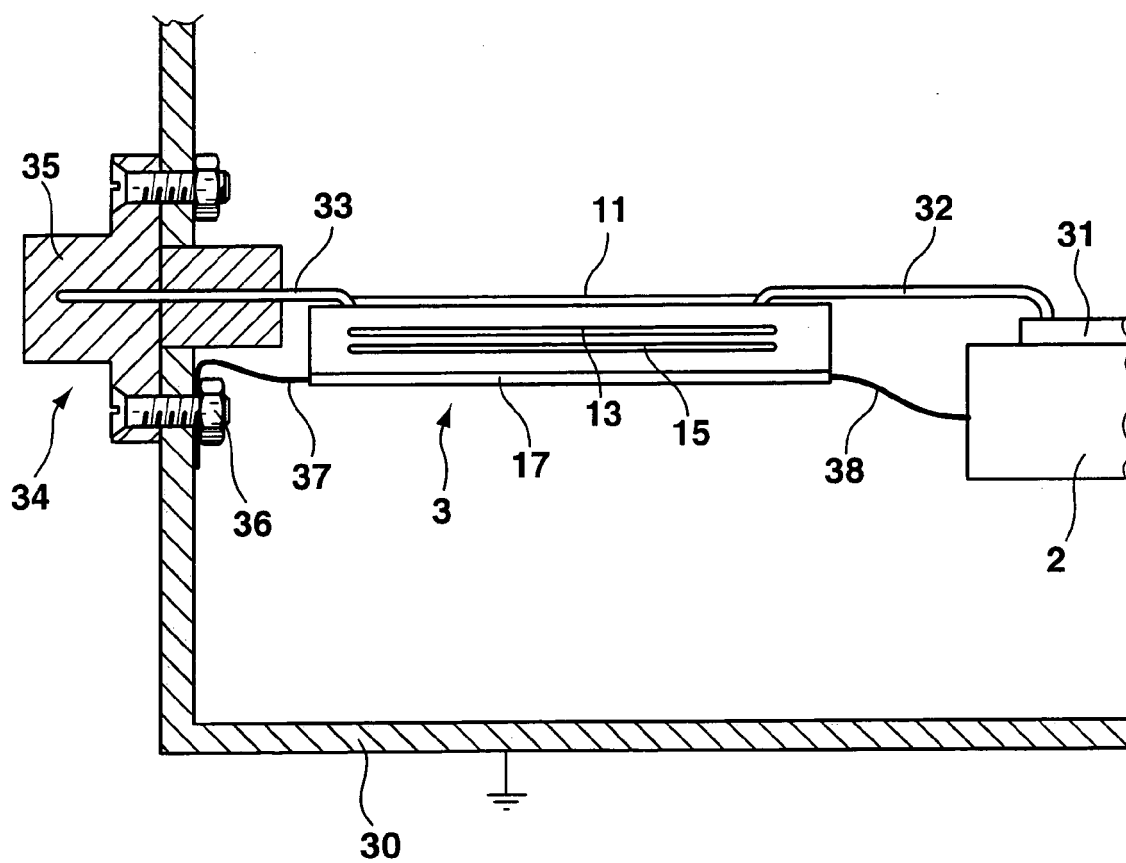


Fig. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 6202

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 424 694 A (MALORATSKY ET AL) 13. Juni 1995 (1995-06-13)	1-4,6,7, 12-14	INV. H01P5/18
Y	* Spalte 1, Zeilen 39,40,65-68; Abbildungen 2,4,5 * * Spalte 2, Zeilen 2-10,40-60 *	15-17	

X	US 5 767 753 A (RUELKE ET AL) 16. Juni 1998 (1998-06-16)	1-4,6-14	
	* Spalte 2, Zeilen 31-47; Abbildungen 4,5,8 * * Spalte 4, Zeile 3 - Spalte 5, Zeile 20 * * Spalte 5, Zeilen 35,36 * * Spalte 6, Zeilen 30-33 *		

X	JP 05 014019 A (TAISEE:KK) 22. Januar 1993 (1993-01-22)	1-4,6,7, 11-14	
	* Zusammenfassung; Abbildungen 2,5,7,11,12 *		

X	US 3 601 716 A (MURRAY H. BOLT ET AL) 24. August 1971 (1971-08-24)	1-4,6-8, 12-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Zusammenfassung; Abbildung 3 * * Spalte 2, Zeile 73 - Spalte 3, Zeile 26 * * Spalte 3, Zeile 75 - Spalte 4, Zeile 22 *		H01P

X	US 5 625 328 A (COLEMAN, JR. ET AL) 29. April 1997 (1997-04-29)	1-4,6,7, 12-14	
	* Zusammenfassung; Abbildungen 5A-5C * * Spalte 1, Zeilen 10-14 * * Spalte 3, Zeilen 25-31 * * Spalte 8, Zeilen 7-37 *		

Y	JP 08 203692 A (HITACHI LTD) 9. August 1996 (1996-08-09)	15-17	
	* Zusammenfassung; Abbildung 1 *		

	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		17. Oktober 2006	
		Prüfer	
		Jäschke, Holger	
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	

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 6202

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2002/050486 A1 (ISHII NOBUO [JP] ET AL) 2. Mai 2002 (2002-05-02) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-7 * * Absätze [0065] - [0068], [0075] *	15-17	
A	JP 07 153599 A (NISSHIN DENKI) 16. Juni 1995 (1995-06-16) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	15-17	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. Oktober 2006	Prüfer Jäschke, Holger
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 : nichtschriftliche 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	

3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE**

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung mehr als zehn Patentansprüche.

- ☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn sowie für jene Patentansprüche erstellt, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:
- ☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn Patentansprüche erstellt.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

- ☒ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
- ☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:
- ☐ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:



Europäisches
Patentamt

**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 6202

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-14

Richtkoppler mit einer Durchgangsleitung und zwei Koppelleitungen zum erfassen von reflektierter und durchgehender Leistung, die Koppelleitungen besitzen jeweils einen Abschlusswiderstand und weitere Ausführungsdetails des Richtkopplers.

2. Ansprüche: 15-17

Verwendung und Beschaltung eines Richtkopplers in einer Plasmaanregungsanordnung.

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

EP 06 00 6202

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.

17-10-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5424694	A	13-06-1995	KEINE	
US 5767753	A	16-06-1998	US 5576669 A	19-11-1996
JP 5014019	A	22-01-1993	KEINE	
US 3601716	A	24-08-1971	KEINE	
US 5625328	A	29-04-1997	AU 705726 B2	27-05-1999
			AU 7108696 A	01-04-1997
			CA 2231847 A1	20-03-1997
			DE 69628928 D1	07-08-2003
			DE 69628928 T2	22-04-2004
			EP 0850495 A1	01-07-1998
			WO 9710622 A1	20-03-1997
JP 8203692	A	09-08-1996	KEINE	
US 2002050486	A1	02-05-2002	KEINE	
JP 7153599	A	16-06-1995	JP 2779479 B2	23-07-1998

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004021535 A1 [0005]
- US 20050212617 A1 [0005]