

(19)



(11)

EP 1 746 381 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

24.01.2007 Patentblatt 2007/04

(51) Int Cl.:

F41H 11/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06116303.6**

(22) Anmeldetag: **29.06.2006**

(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

(30) Priorität: **18.07.2005 DE 102005034613**

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V.
51147 Köln (DE)**

(72) Erfinder:

- **Bohn, Willy
70569, Stuttgart (DE)**
- **Eckel, Hans-Albert
71296, Heimsheim (DE)**

(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner
Patentanwälte
Uhlandstrasse 14 c
70182 Stuttgart (DE)**

(54) **AbwehrrVorrichtung gegen Flugkörper, verfahren zur abwehrr gegen Flugkörper und verwendung einer Laservorrichtung**

(57) Es wird eine abwehrrVorrichtung gegen Flugkörper (12;40) mit auf elektromagnetische Strahlung, insbesondere Infrarot-Strahlung, reagierender Zielerfassung

(14) vorgeschlagen, welche eine Plasmaerzeugungseinrichtung (16) umfasst, mit welcher in Luft in einem Abstand zu der Plasmaerzeugungseinrichtung ein Plasma (30;38) erzeugbar ist.

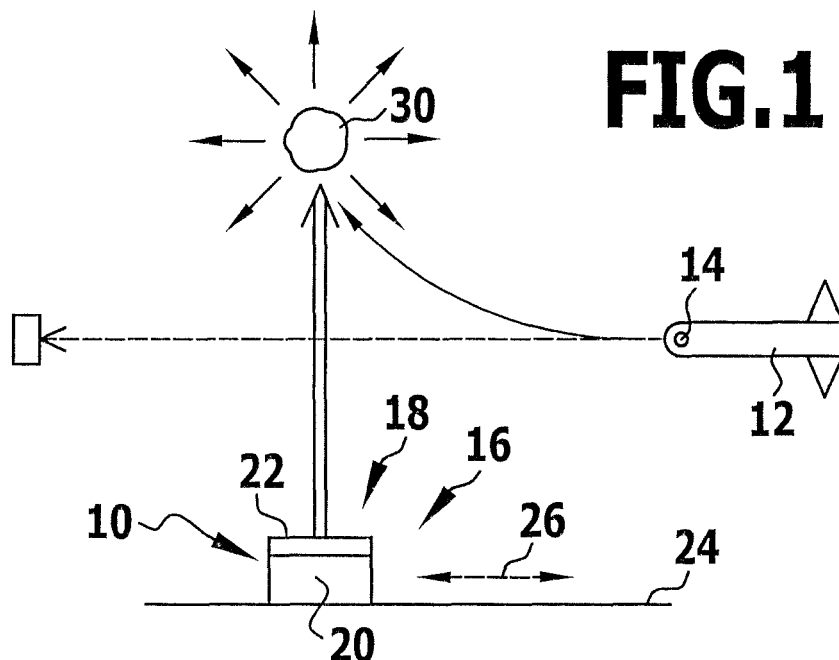


FIG.1

EP 1 746 381 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Abwehrvorrichtung gegen Flugkörper mit auf elektromagnetische Strahlung, insbesondere Infrarot-Strahlung, reagierender Zielerfassung.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Abwehr gegen Flugkörper, welche eine auf elektromagnetische Strahlung, insbesondere Infrarot-Strahlung, reagierende Zielerfassung aufweisen.

[0003] Flugkörper, wie beispielsweise mit einem Sprengkopf versehene Raketen oder intelligente Munition, können eine Zielerfassung aufweisen, welche auf elektromagnetische Strahlung und insbesondere Infrarot-Strahlung reagiert und können dadurch ihr Ziel, wie beispielsweise ein Flugzeug, finden. Die Infrarot-Strahlung, auf die die Zielerfassung reagiert, wird beispielsweise durch Triebwerke des Flugzeugs abgegeben.

[0004] Aus der WO 2004/058566 A1 ist ein Verfahren zur Ablenkung eines Projektils von einer anfänglichen Flugbahn bekannt, wobei das Projektil einen ersten Oberflächenbereich und einen zweiten Oberflächenbereich aufweist und sich durch eine gasförmige Atmosphäre mit umgebender Plasmahülle bewegt. Es wird elektromagnetische Strahlung zu dem Projektil gerichtet, wobei die elektromagnetische Strahlung eine Frequenz hat, die durch die Plasmahülle zu einem signifikanten Maß absorbiert wird aber nicht durch die gasförmige Atmosphäre absorbiert wird.

[0005] Aus der DE 41 07 533 A1 ist ein Verfahren zum Schutz von Luftfahrzeugen vor Flugkörpern mit UV-Zielsuchköpfen bekannt, bei dem die Luftfahrzeuge zumindest zeitweise mit einer UV-emittierenden Strahlungsquelle versehen werden.

[0006] Aus der EP 0 240 819 A2 ist ein Verfahren zur Ablenkung von durch Radar und/oder Infrarotstrahlung gelenkten Flugkörpern bekannt, bei dem im oder vor dem Zielbereich des Flugkörpers Scheinziele erzeugende Wurfkörper gezündet werden.

[0007] Aus der DE 27 44 401 A1 ist ein Laser insbesondere zur Geschoss- und/oder Zielverfolgung sowie zu Beleuchtungszwecken bekannt, bei dem ein pyrotechnischer Leuchtsatz als Pumplichtquelle vorgesehen ist.

[0008] In dem Artikel "Hochenergie-Petawattlaser - die Erzeugung ultraintensiver Pulse" von Stefan Borneis, Photonik 3/2005, Seiten 76 - 79 ist ein Nd:Glas Hochenergie-Petawattlaser beschrieben.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Abwehrvorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, mittels welcher ein Schutz gegen solche Flugkörper erreichbar ist.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Plasmaerzeugungseinrichtung vorgesehen ist, mit welcher in Luft in einem Abstand zu der Plasmaerzeugungseinrichtung ein Plasma erzeugbar ist.

[0011] In Luft lässt sich lokal ein Plasma erzeugen,

wenn die Plasmadurchbruchschwelle von Luft überschritten wird, das heißt wenn an einem Ort in der Luft so hohe Feldstärken herrschen, dass der Plasmadurchbruch erfolgt. Die Plasmabildung ist begleitet von der Abstrahlung elektromagnetischer Wellen. Insbesondere die Plasmarekombination führt zu Strahlung unter anderem im Infrarot-Bereich. Der Flugkörper mit Zielerfassung, welche auf elektromagnetische Wellen reagiert, kann auf die Abstrahlung reagieren und durch die Zielerfassung wird der Flugkörper in Richtung des Ortes der Plasmabildung gelenkt. Dadurch wiederum kann er von einem zu schützenden Objekt wie einem Flugzeug abgelenkt werden. Durch die Plasmabildung in Luft lässt sich eine Zieltäuschung in der Zielerfassung des Flugkörpers durchführen. Dadurch lassen sich beispielsweise Flugobjekte wie Flugzeuge oder auch Raumbereiche um einen Flughafen schützen. Den Flugkörpern mit elektrooptischer Zielerfassung werden definierte "Ziele" bereitgestellt, um zu schützende Objekte zu sichern.

[0012] Plasmen in Luft lassen sich beispielsweise laserinduziert bilden. Durch Ultrakurz-Lichtpulse kann die Plasmadurchbruchschwelle in Luft erreicht werden. Aufgrund der nicht-linearen Propagation von Ultrakurz-Lichtpulsen in der Atmosphäre kommt es durch induzierten Kerr-Effekt zu einer Selbstfokussierung eines Laserstrahls. Für diese Selbstfokussierung ist kein Teleskop notwendig, sondern es genügt eine "normale" Optik. Es ist dadurch möglich, die entsprechende Laservorrichtung in einem großen Abstand (der 10 km oder mehr betragen kann) vom Ort des Plasmadurchbruchs zu positionieren, das heißt der Plasmadurchbruch lässt sich in einem großen Abstand zu der Laservorrichtung durch die Selbstfokussierung bewirken.

[0013] Insbesondere sind durch die Plasmaerzeugungseinrichtung ein oder mehrere Plasmawolken (Plasmakugeln) in Luft durch Plasmadurchbruch erzeugbar. Diese erzeugten Plasmawolken sind begleitet mit der Abstrahlung von elektromagnetischer Strahlung, auf die die Zielerfassung eines Flugkörpers reagieren kann. Die Plasmabildung hat Defokussierungswirkung auf den Laserstrahl. Durch weitere Propagation der Lichtpulse in Luft kann wieder eine Selbstfokussierung stattfinden. Es kann sich dann eine Serie von Plasmawolken bilden. Es kann dabei auch eine Filamentierung auftreten, bei der ein Plasmadurchbruch in Filamenten zwischen Plasmawolken erfolgt.

[0014] Insbesondere umfasst die Plasmaerzeugungseinrichtung mindestens eine Laservorrichtung, durch die Lichtpulse emittierbar sind. In Lichtpulsen lässt sich eine hohe Intensität (Feldstärke) erreichen, die zum Plasmadurchbruch führen kann. Ferner lassen sich Lichtpulse bezüglich ihrer Pulsformung so steuern, dass der Plasmadurchbruch in einem Abstand zu der Laservorrichtung erfolgt.

[0015] Insbesondere sind durch die mindestens eine Laservorrichtung Lichtpulse im Subpikosekunden-Bereich emittierbar und insbesondere im Femtosekunden-Bereich emittierbar. Bei solchen kurzen Lichtpulsen tritt

eine Selbstfokussierung in Luft aufgrund induziertem Kerr-Effekt auf und es lässt sich eine hohe Feldstärke erreichen, die zum Plasmadurchbruch führen kann. Es ist dabei kein Teleskop zur Fokussierung an den Ort des Plasmadurchbruchs notwendig.

[0016] Insbesondere erfolgt eine Selbstfokussierung der Laseremission in Luft. Aufgrund der nicht-linearen Propagation ultrakurzer Lichtpulse beim Durchgang durch die Atmosphäre kommt es zum induzierten Kerr-Effekt. Dadurch wiederum kommt es zu einer Selbstfokussierung der Laseremission, ohne dass ein Teleskop zur Fokussierung notwendig ist. In einer Zone der Selbstfokussierung kann es, wenn die Lichtpulse eine entsprechend hohe Intensität aufweisen, zum Plasmadurchbruch kommen. Das Plasma wiederum führt zu einer Defokussierung des Laserstrahls. Das Licht kann sich weiter ausbreiten und es kann dann wiederum eine Selbstfokussierung auftreten. Dadurch kann eine Serie von Plasmawolken (Plasmakugeln) gebildet werden bis die Energie des propagierenden Lichts nicht mehr ausreicht, einen Plasmadurchbruch zu erzeugen. Mindestens der Ort des ersten Plasmadurchbruchs ist näherungsweise einstellbar. Es kann auch vorkommen, dass sich Filamente (die einen Durchmesser in der Größenordnung von 100 μm haben) bilden. Diese bilden sich insbesondere entlang des Laserstrahls zwischen Plasmawolken.

[0017] Günstig ist es, wenn die Laservorrichtung nach dem Verfahren der Chirped-Pulse-Amplification (CPA) betrieben wird. Bei diesem Verfahren (siehe beispielsweise D. Meschede, Optik, Licht und Laser, B.G. Teubner Stuttgart, Leipzig, 1999, Seiten 291, 292 und weiteres Zitat dort) wird ein kurzer Puls gestreckt, um die Spitzenleistung zu senken. Der gestreckte Puls wird verstärkt und die Streckung wird durch einen Kompressor rückgängig gemacht. Die Streckung und Kompression kann beispielsweise über optische Gitter erfolgen. Es ist dabei möglich, den Ort einer Selbstfokussierung im Abstand zu der Laservorrichtung einzustellen. Dies kann durch Phasenabgleich insbesondere an dem Kompressor erfolgen.

[0018] Beispielsweise ist der Wellenlängenbereich der von der Laservorrichtung emittierten elektromagnetischen Strahlung unterschiedlich (er liegt beispielsweise bei höheren Wellenlängen) zu dem Wellenlängenbereich der elektromagnetischen Strahlung, auf den die Zielerfassung reagiert. Die Zieltäuschung erfolgt über die Abstrahlung als Begleitprozess der Plasmabildung. Insbesondere durch eine Laservorrichtung lassen sich gezielt Plasmawolken setzen, die mit der Abstrahlung von elektromagnetischer Strahlung begleitet sind. Auf die abgestrahlten elektromagnetischen Wellen, insbesondere im Infrarot-Bereich, kann die Zielerfassung eines Flugkörpers reagieren. (Durch das Plasma wird auch UV-Licht abgestrahlt, so dass auch eine "Täuschung" von UV-Sensoren prinzipiell möglich ist.)

[0019] Es ist grundsätzlich möglich, dass die Laservorrichtung zur Erzeugung von Lichtpulsen in einem Single-Mode-Modus arbeitet oder in einem Repetitionsmo-

us, bei dem eine Pulsfolge mit einer Mehrzahl von Pulsen (zwei Pulse, drei Pulse oder mehr) mit kurzem Abstand, die beispielsweise in der Größenordnung von 100 μs liegen kann, gebildet wird. Durch einen Betrieb im Repetitionsmodus lässt sich in der Atmosphäre unter Umständen der Plasmadurchbruch erleichtern.

[0020] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn der Ort der Plasmaerzeugung mindestens näherungsweise einstellbar ist. Beispielsweise ist der Abstand des Ortes des Plasmaerzeugung von einer Laservorrichtung einstellbar. Durch Einstellung der Ausrichtung der Laservorrichtung im Raum lässt sich dann der Ort der Plasmaerzeugung im Raum mindestens näherungsweise einstellen und dadurch wiederum lässt sich ein bestimmter Raumbereich schützen.

[0021] Es kann vorgesehen sein, dass die Abwehrvorrichtung stationär positioniert ist. Beispielsweise ist sie am Boden angeordnet. Sie kann dazu dienen, einen Flughafen zu schützen.

[0022] Es ist auch eine mobile Positionierung möglich. Durch die mobile Positionierung kann beispielsweise ein mobiles Objekt (an welchem die Positionierung vorgesehen ist) wie ein Flugobjekt geschützt werden. Es ist auch eine mobile Positionierung beispielsweise am Boden möglich, um einen Raumbereich, in welchem Plasmawolken erzeugt werden, variieren zu können.

[0023] Beispielsweise ist die Abwehrvorrichtung an einem Flugobjekt wie einem Flugzeug angeordnet (außen oder innen am Flugobjekt), um dieses gegen angreifende Flugkörper schützen zu können.

[0024] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Abwehr gegen Flugkörper, welche eine auf elektromagnetische Strahlung, insbesondere Infrarot-Strahlung, reagierende Zielerfassung aufweisen, welches auf einfache Weise durchführbar ist.

[0025] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine oder mehrere Plasmawolken in Luft erzeugt werden.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren weist die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Abwehrvorrichtung erläuterten Vorteile auf.

[0027] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsformen wurden ebenfalls bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Abwehrvorrichtung erläutert.

[0028] Insbesondere werden die Plasmawolke oder Plasmawolken beabstandet zu einer Plasmaerzeugungseinrichtung erzeugt. Dadurch lässt sich ein effektiver Schutz gegenüber Flugkörpern erreichen.

[0029] Insbesondere wird die Plasmaerzeugung in einem Abstand von mindestens 50 m zu der Plasmaerzeugungseinrichtung durchgeführt. Dadurch lässt sich ein entsprechendes Gebiet und auch die Plasmaerzeugungseinrichtung selber auf effektive Weise schützen.

[0030] Günstigerweise werden die Plasmawolke oder Plasmawolken entfernt von einem zu schützenden Bereich erzeugt. Durch die Plasmaerzeugung wird üblicherweise ein anfliegender Flugkörper nicht direkt ausgeschaltet, sondern nur umgelenkt (da er über sein Ziel

getäuscht wird). Die Umlenkung kann dabei so erfolgen, dass er nicht in einen zu schützenden Bereich gelangt bzw. den zu schützenden Bereich ohne Kollisionsgefahr durchquert.

[0031] Insbesondere werden die Plasmawolke oder Plasmawolken in einem Bereich gebildet, in dem eine Selbstfokussierung der Lichtpulse stattfindet. Eine solche Selbstfokussierung lässt sich für Subpikosekunden-Lichtpulse aufgrund deren nicht-linearen Propagation in der Atmosphäre erreichen. Aufgrund der Selbstfokussierung wird kein Teleskop oder dergleichen benötigt, um in einem Abstand zu der Plasmaerzeugungseinrichtung einen Plasmadurchbruch in der Atmosphäre zu erreichen.

[0032] Insbesondere werden durch die Plasmaerzeugungseinrichtung Subpikosekunden-Lichtpulse emittiert, die zur Plasmabildung in Luft führen. Über Subpikosekunden-Lichtpulse lassen sich Feldstärken erreichen, die in Luft zum Plasmadurchbruch führen.

[0033] Insbesondere werden die Subpikosekunden-Lichtpulse durch eine Laservorrichtung erzeugt. Durch entsprechende Einstellung bzw. Steuerung der Laservorrichtung lassen sich Lichtpulse mit einer derart hohen Intensität erzeugen, dass es zum Plasmadurchbruch in der Atmosphäre kommt. Ferner lässt sich der Ort des Plasmadurchbruchs mindestens näherungsweise einstellen.

[0034] Insbesondere wird ein solcher Phasenabgleich in der Laservorrichtung durchgeführt, dass in einem vorgegebenen Abstand zu der Laservorrichtung ein Plasmadurchbruch in der Luft erfolgt. Durch Phasenabgleich in der Laservorrichtung (beispielsweise an einem Kompressor einer Pulsformungseinrichtung) lassen sich unterschiedliche Laufzeiten von Licht unterschiedlicher Wellenlänge dazu nutzen, dass eine Selbstfokussierung in einem bestimmten Abstand zu der Laservorrichtung erfolgt.

[0035] Insbesondere wird die Laservorrichtung gemäß dem Verfahren der Chirped-Pulse-Amplification betrieben.

[0036] Es kann vorgesehen sein, dass Mehrfach-Lichtpulse emittiert werden, das heißt, dass eine Laservorrichtung in einem Repetitionsmodus betrieben wird. Dadurch lässt sich auf eine relativ begrenzte Stelle in der Atmosphäre mit einer Mehrzahl von Lichtpulsen (beispielsweise Doppelpulsen, Dreifachpulsen usw.) einwirken, um den Plasmadurchbruch zu bewirken. Pulse in einer Mehrfachpuls-Gruppe haben beispielsweise einen Abstand in der Größenordnung von 100 µs.

[0037] Erfindungsgemäß wird eine Laservorrichtung mit einem Subpikosekunden-Laser zur Plasmaerzeugung in Luft zur Abwehr gegen Flugkörper mit auf elektromagnetische Strahlung reagierender Zielerfassung verwendet.

[0038] Die entsprechenden Vorteile sowie weitere Ausführungsformen dieser Verwendung wurden bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

[0039] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Abwehrvorrichtung mit Stationierung am Boden;

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Abwehrvorrichtung mit Anordnung an einem Flugzeug; und

Figur 3 eine schematische Darstellung des Verfahrens der Chirped-Pulse-Amplification (CPA).

[0040] Ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Abwehrvorrichtung ist in Figur 1 gezeigt und dort mit 10 bezeichnet. Sie dient zur Abwehr gegen Flugkörper 12 wie beispielsweise Raketen (mit Sprengkopf) oder auch intelligente Munition, die eine Zielerfassungseinrichtung 14 aufweist, welche auf elektromagnetische Strahlung reagiert. Eine solche Zielerfassungseinrichtung 14 umfasst beispielsweise einen oder mehrere optoelektronische Sensoren, welche elektromagnetische Strahlung wie beispielsweise Infrarot-Strahlung detektieren. Die Flugbahn des Flugkörpers 12 wird während des Fluges über die Zielerfassungseinrichtung 14 so gesteuert, dass sie der Quelle der elektromagnetischen Strahlung folgt. Beispielsweise ist eine Quelle für Infrarot-Strahlung ein Flugzeugtriebwerk.

[0041] Die Abwehrvorrichtung 10 umfasst eine Plasmaerzeugungseinrichtung 16 mit einer Laservorrichtung 18. Die Laservorrichtung 18 ist eine Ultrakurzpuls-Laservorrichtung; durch sie sind Lichtpulse im Subpikosekunden-Bereich und insbesondere im Femtosekunden-Bereich emittierbar.

[0042] Beispielsweise umfasst die Laservorrichtung 18 einen Oszillator 20 und eine Pulsformungseinrichtung 22.

[0043] Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Laservorrichtung 18 stationär am Boden 24 angeordnet. Es kann auch vorgesehen sein, dass sie mobil am Boden 24 positionierbar ist (dies ist durch den Pfeil mit dem Bezugszeichen 26 angedeutet).

[0044] Die Laservorrichtung 18 gibt Subpikosekunden-Pulse ab, wobei sich an einem oder mehreren Orten beabstandet zu der Plasmaerzeugungseinrichtung 16 Lichtpulse 28 (Figur 3) mit derart hoher Intensität erreichen lassen, dass es zum Plasmadurchbruch in der Luft kommt und sich eine oder mehrere Plasmawolken 30 (Figur 1) bilden. Insbesondere ist der Ort, an dem sich die Plasmawolke oder Plasmawolken 30 bilden, einstellbar. Diese Einstellung kann über einen Phasenabgleich unter Berücksichtigung der nicht-linearen Propagation der Lichtpulse der Laservorrichtung 18 in Luft erfolgen.

[0045] Es hat sich beispielsweise gezeigt, dass sich

durch einen Subpikosekunden-Laser Lichtpulse 28 mit einer Intensität, die zum Plasmadurchbruch in Luft führt, in einer Entfernung von ca. 10 km von der Laservorrichtung 18 erzeugen lassen.

[0046] Der Plasmadurchbruch lässt sich beispielsweise in einem Abstand von ca. 10 m bis in einem Abstandsbereich von mehreren Kilometern erzeugen. Dieser Bereich ist einstellbar.

[0047] Aufgrund der nicht-linearen Propagation der erzeugten ultrakurzen Lichtpulse kommt es beim Durchgang durch die Atmosphäre zu einer Selbstfokussierung der Laseremission aufgrund induzierten Kerr-Effekts. Durch die Selbstfokussierung kann in einen Bereich (mit einem vorzugsweise einstellbaren Abstand zu der Laservorrichtung 18) die Plasmadurchbruchschwelle in der Atmosphäre überschritten werden. Aufgrund dieser (Selbst-)Fokussierung ist keine besondere Abbildungsoptik wie beispielsweise ein Teleskop notwendig.

[0048] An dem Ort des Plasmadurchbruchs bildet sich eine Plasmawolke (Plasmakugel). Das Plasma hat einen Defokussierungseffekt auf das Licht. Bei der weiteren Lichtpropagation kann der Selbstfokussierungseffekt wieder wirksam werden und in einem Abstand zu der erstgebildeten Plasmawolke kann sich eine weitere Plasmawolke bilden usw. Es kann sich dadurch eine Serie von Plasmawolken bilden, so lange, bis die Intensität des propagierenden Lichtpulses nicht mehr ausreicht, die Plasmadurchbruchschwelle in Luft zu überschreiten.

[0049] Es ist auch möglich, dass eine Filamentierung auftritt. Insbesondere zwischen benachbarten Plasmawolken können sich entlang der Lichtstrecke Plasmafilamente mit einem Durchmesser von ca. 100 µm ausbilden.

[0050] Es ist möglich, dass die Laservorrichtung 18 in einem Single-Puls-Modus betrieben wird oder in einem Repetitionsmodus. In dem Repetitionsmodus wird eine Pulsgruppe mit beispielsweise zwei, drei oder mehr Pulsen abgesandt, wobei der Abstand der Pulse in einer Pulsgruppe kleiner ist als der Abstand von Pulsen unterschiedlicher Pulsgruppen, die nacheinander ausgesandt werden. Beispielsweise liegt der Abstand von Pulsen innerhalb einer Pulsgruppe bei ca. 100 µs. Dadurch lässt sich unter Umständen der Plasmadurchbruch erleichtern.

[0051] Das erzeugte Plasma führt zur Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen, insbesondere aufgrund von Rekombinationsprozessen des Plasmas. Unter anderem erfolgt eine Abstrahlung im Infrarot-Bereich.

[0052] Auf diese elektromagnetischen Strahlen kann die Zielerfassungseinrichtung 14 des Flugkörpers 12 reagieren; die Strahlungsemission der Plasmawolke 30 (insbesondere des zusammenbrechenden Plasmas) täuscht der Zielerfassungseinrichtung 14 des Flugkörpers 12 das Vorliegen eines abstrahlenden Gegenstandes vor und der Flugkörper 12 wird durch die Zielerfassungseinrichtung 14 zu der Plasmawolke 30 gelenkt. Es erfolgt also über die durch die Plasmaerzeugungseinrichtung 16 erzeugte Plasmawolke 30 eine Zieltäu-

schung für den Flugkörper 12.

[0053] Der Wellenlängenbereich der Lichtpulse, welche durch die Laservorrichtung 18 emittiert werden, kann außerhalb des Wellenlängenbereichs, auf welchen die Zielerfassungseinrichtung 14 des Flugkörpers 12 reagiert, liegen. Beispielsweise werden Laserpulse in einem Wellenlängenbereich um 800 nm abgegeben, das heißt im kurzwelligen Infrarot-Bereich.

[0054] Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel, welches in Figur 2 gezeigt ist, ist eine Abwehrvorrichtung 32 an einem Flugobjekt wie beispielsweise einem Flugzeug 34 mit Triebwerken 35 montiert. Die Abwehrvorrichtung 32 weist eine Plasmaerzeugungseinrichtung 36 auf, welche grundsätzlich so aufgebaut ist wie anhand des ersten Ausführungsbeispiels beschrieben. Durch die Plasmaerzeugungseinrichtung 36 lassen sich in einem Abstand zu dem Flugobjekt 34 eine oder mehrere Plasmawolken erzeugen, wobei ein Flugkörper 40 (wie beispielsweise eine Rakete oder intelligente Munition) mit Zielerfassung auf die elektromagnetische Strahlung, welche von der Plasmawolke 38 ausgeht, reagieren können und dadurch von dem Flugobjekt 34 abgelenkt werden können.

[0055] Zur Herstellung von Lichtpulsen 28 von derart hoher Intensität, dass es in Luft zum Plasmadurchbruch kommt und damit eine Plasmawolke 30 bzw. 38 ausbildbar ist, wobei diese Plasmawolke 28 bzw. 30 in einem Abstand (und insbesondere großen Abstand) zu der Abwehrvorrichtung 10 bzw. 32 stattfindet, kann beispielsweise das Verfahren der Chirped-Pulse-Amplification (CPA) eingesetzt werden. Dieses Verfahren ist beispielsweise in D. Meschede, Optik, Licht und Laser, B.G. Teubner Stuttgart, Leipzig, 1999 im Kapitel 8.5.5 mit Zitatangabe beschrieben.

[0056] Ein Oszillator 42 gibt einen kurzen Puls 44 ab. Durch einen Strecker 45 der Pulsformungseinrichtung 22 wird dieser kurze Puls zeitlich gestreckt, um die Spitzenleistung zu erniedrigen (Puls 46). Durch einen Verstärker 48 wird der gestreckte Puls 46 verstärkt. Der resultierende Puls 50 ist im Vergleich zu dem Puls 44 lang.

[0057] Die Streckung wird dann durch einen Kompressor 52 rückgängig gemacht, und zwar derart, dass der entstehende Lichtpuls 28 mit hoher Intensität (die in der Größenordnung von 10^{13} W/cm^2 liegen kann) außerhalb der Plasmaerzeugungseinrichtung 16 bereitgestellt wird. Durch den Kompressor 52 wird die ursprüngliche Form des kurzen Pulses 44 wieder hergestellt.

[0058] In Zusammenwirkung mit der nicht-linearen Propagation in Luft lässt sich durch einen Phasenabgleich in der Laservorrichtung 18 in einer mindestens näherungsweise definiert eingestellten Entfernung von der Laservorrichtung 18 eine Selbstfokussierung bewirken.

[0059] Der Strecker 45 kann beispielsweise über ein optisches Gitter realisiert werden. Ebenfalls lässt sich der Kompressor 52 über ein optisches Gitter realisieren. Durch ein optisches Gitter lassen sich rote und blaue Anteile eines einlaufenden Pulses 44 bzw. 50 in unterschiedliche Richtungen beugen.

[0060] Beispielsweise ist der Kompressor 52 so aus-

gebildet, dass über die optischen Gitter ein solcher Phasenabgleich erfolgt, dass die Selbstfokussierung, welche zum Plasmadurchbruch in Luft führt, an einem definierten Ort beabstandet zu der Laservorrichtung 18 entsteht.

[0061] Erfindungsgemäß wird eine Laservorrichtung 18 mit einem Subpikosekunden-Laser dazu verwendet, Flugkörper 12 bzw. 40 mit opto-elektronischer Zielerfassung zu täuschen, indem in Luft ein Plasma erzeugt wird, welches mit der Abstrahlung von elektromagnetischer Strahlung, insbesondere Rekombinationsstrahlung, begleitet ist.

[0062] Die erfindungsgemäße Abwehrvorrichtung lässt sich stationär oder mobil einsetzen. Über sie lässt sich in einem definierten Raumbereich Plasma erzeugen. Dadurch lässt sich ein definierter Raumbereich auch schützen. Insbesondere wird der Raumbereich, in dem das Plasma erzeugt wird, in einer genügend großer Entfernung von einem zu schützenden Bereich gewählt.

[0063] Durch die Abwehrvorrichtung 10 lässt sich beispielsweise ein Bereich um einen Flughafen schützen.

Patentansprüche

1. Abwehrvorrichtung gegen Flugkörper (12; 40) mit auf elektromagnetische Strahlung, insbesondere Infrarot-Strahlung, reagierender Zielerfassung (14), umfassend eine Plasmaerzeugungseinrichtung (16), mit welcher in Luft in einem Abstand zu der Plasmaerzeugungseinrichtung (16) ein Plasma erzeugbar ist.
2. Abwehrvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Plasmaerzeugungseinrichtung (16) in Luft in einem Abstand zu der Plasmaerzeugungseinrichtung (16) ein Plasmadurchbruch erzeugbar ist.
3. Abwehrvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Plasmaerzeugungseinrichtung (16) eine oder mehrere Plasmawolken (30) in Luft erzeugbar sind.
4. Abwehrvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Plasmaerzeugungseinrichtung (16) mindestens eine Laservorrichtung (18) umfasst, durch die Lichtpulse emittierbar sind.
5. Abwehrvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die mindestens eine Laservorrichtung (18) Lichtpulse im Subpikosekunden-Bereich emittierbar sind.
6. Abwehrvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Selbstfokussierung der Laseremission in der Atmosphäre erfolgt.
7. Abwehrvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laservorrichtung (18) nach dem Verfahren der Chirped-Pulse-Amplification betrieben ist.
8. Abwehrvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenlängenbereich der von der Laservorrichtung (18) emittierten elektromagnetischen Strahlung unterschiedlich zu dem Wellenlängenbereich der elektromagnetischen Strahlung ist, auf den die Zielerfassung (14) reagiert.
9. Abwehrvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenlängenbereich der von der Laservorrichtung (18) emittierten elektromagnetischen Strahlung bei größeren Wellenlängen liegt als der Wellenlängenbereich, auf den die Zielerfassung (14) reagiert.
10. Abwehrvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Lichtpulse in einem Repetitionsmodus emittierbar sind.
11. Abwehrvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ort der Plasmaerzeugung mindestens näherungsweise einstellbar ist.
12. Abwehrvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine stationäre Positionierung.
13. Abwehrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **gekennzeichnet durch** eine mobile Positionierung.
14. Abwehrvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Positionierung am Boden.
15. Abwehrvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **gekennzeichnet durch** eine Positionierung an einem Flugobjekt (34).
16. Verfahren zur Abwehr gegen Flugkörper, welche eine auf elektromagnetische Strahlung, insbesondere Infrarot-Strahlung, reagierende Zielerfassung aufweisen, bei dem eine oder mehrere Plasmawolken in Luft erzeugt werden.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Plasmawolke oder Plasmawolken beabstandet zu einer Plasmaerzeugungseinrichtung erzeugt werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** beabstandet zu der Plasmaerzeugungseinrichtung

gungseinrichtung ein Plasmadurchbruch in Luft bewirkt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Plasmaerzeugung in einem Abstand von mindestens 50 m zu der Plasmaerzeugungseinrichtung erfolgt. 5
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Plasmawolke oder Plasmawolken entfernt von einem zu schützenden Bereich erzeugt werden. 10
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch eine Plasmaerzeugungseinrichtung Subpikosekunden-Lichtpulse emittiert werden, die zur Plasmabildung in der Atmosphäre führen. 15
22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Plasmawolke oder Plasmawolken in einem Bereich gebildet werden, in dem eine Selbstfokussierung der Lichtpulse stattfindet. 20
23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Subpikosekunden-Lichtpulse durch eine Laservorrichtung emittiert werden. 25
24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein solcher Phasenabgleich an der Laservorrichtung durchgeführt wird, dass in einem vorgegebenen Abstandsbereich zu der Laservorrichtung ein Plasmadurchbruch in Luft stattfindet. 30
25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laservorrichtung gemäß dem Verfahren der Chirped-Pulse-Amplification betrieben wird. 35
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mehrfach-Lichtpulse emittiert werden. 40
27. Verwendung einer Laservorrichtung mit einem Subpikosekundenpuls-Laser zur Plasmaerzeugung in Luft zur Abwehr gegen Flugkörper mit auf elektromagnetische Strahlung reagierender Zielerfassung. 45

50

55

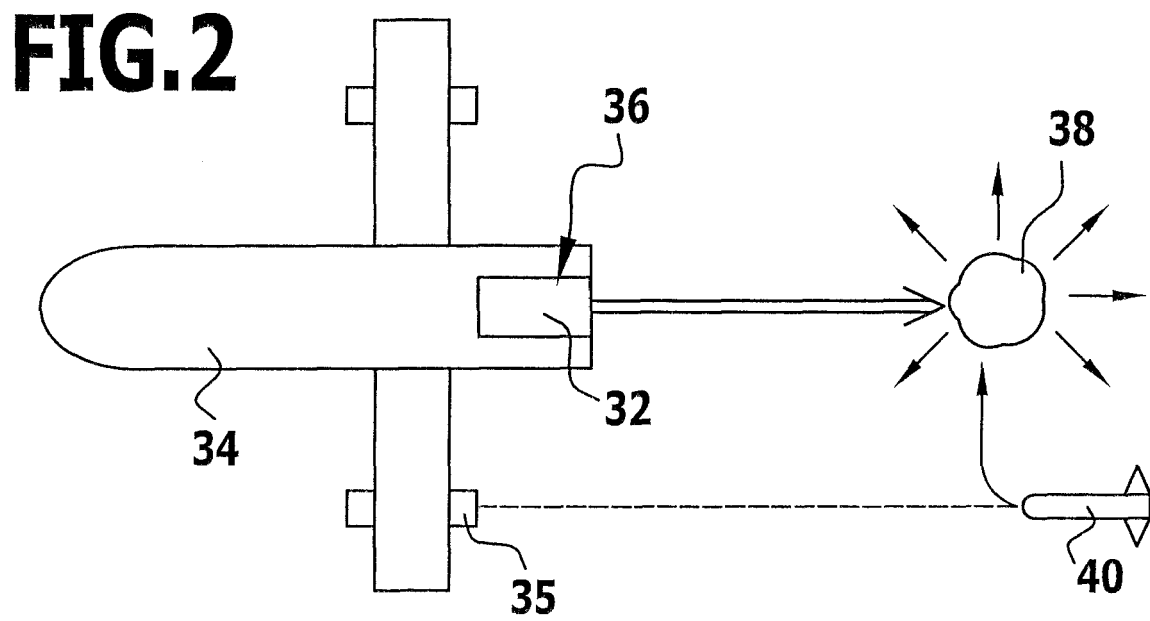
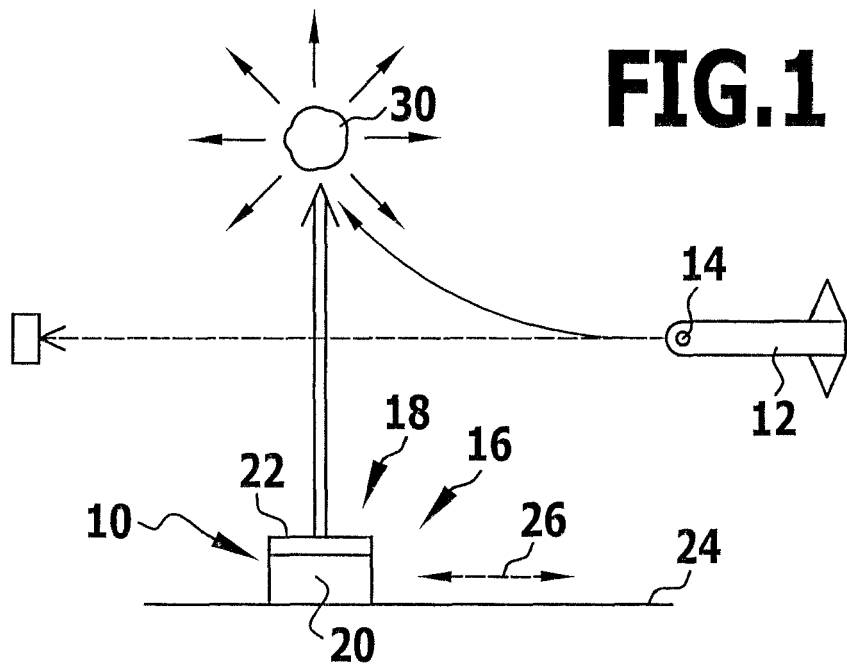
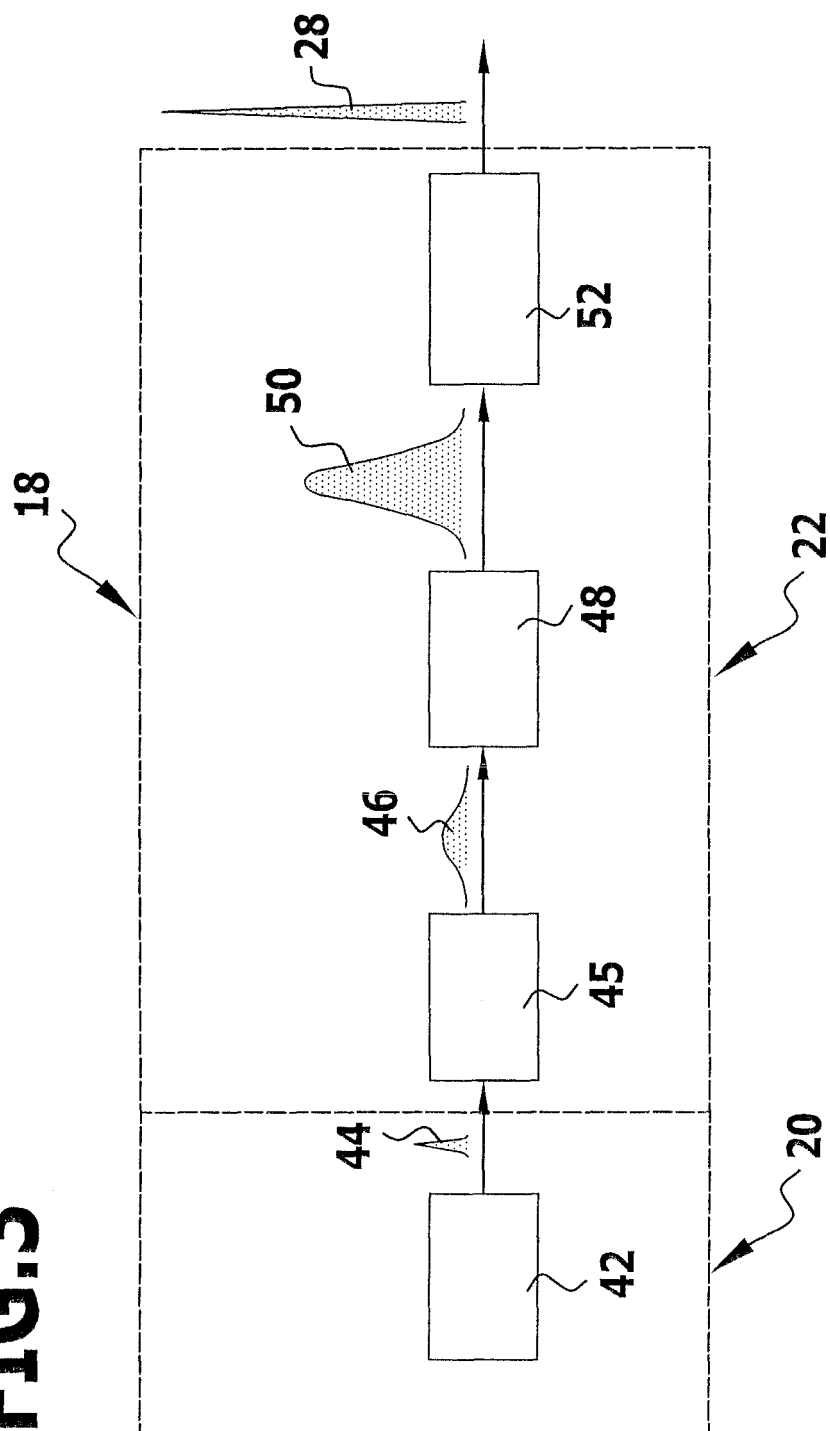


FIG.3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 11 6303

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2005/026650 A2 (GAMMA RECH S ET TECHNOLOGIES P [CH]; JEBSEN JAN HENRIK [CH]; AKNINE GE) 24. März 2005 (2005-03-24) * Zusammenfassung * * Seite 2, Zeile 12 - Seite 3, Zeile 2 * * Abbildungen 1,2 *	16	INV. F41H11/02
Y	-----	1-15, 17-27	
Y	US 5 726 855 A (MOUROU GERARD [US] ET AL) 10. März 1998 (1998-03-10) * Spalte 1, Zeile 20 - Zeile 32 * * Spalte 3, Zeile 27 - Spalte 6, Zeile 13 * * Abbildungen *	1-15, 17-27	
A	----- US 5 175 664 A (DIELS JEAN-CLAUDE [US] ET AL) 29. Dezember 1992 (1992-12-29) * Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 14 * * Spalte 1, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 2 * * Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 5, Zeile 60 * * Abbildungen 1-4 *	1-27	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F41H H05H
A	----- DE 10 2004 007405 A1 (APPLIED PHOTONICS WORLDWIDE IN [US]) 7. Oktober 2004 (2004-10-07) * das ganze Dokument *	1-27	
A	----- EP 1 455 199 A (LOCKHEED CORP [US]) 8. September 2004 (2004-09-08) * das ganze Dokument *	1,16,27	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. Oktober 2006	Prüfer GEX-COLLET, A
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			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 06 11 6303

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.

26-10-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005026650 A2	24-03-2005	EP 1673585 A2	28-06-2006
US 5726855 A	10-03-1998	KEINE	
US 5175664 A	29-12-1992	AT 179840 T	15-05-1999
		DE 69229123 D1	10-06-1999
		DE 69229123 T2	25-11-1999
		EP 0612443 A1	31-08-1994
		JP 8501406 T	13-02-1996
		WO 9311594 A1	10-06-1993
DE 102004007405 A1	07-10-2004	KEINE	
EP 1455199 A	08-09-2004	US 2004174290 A1	09-09-2004

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

- WO 2004058566 A1 [0004]
- DE 4107533 A1 [0005]
- EP 0240819 A2 [0006]
- DE 2744401 A1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **STEFAN BORNEIS.** Hochenergie-Petawattlaser - die Erzeugung ultraintensiver Pulse. *Photonik*, Marz 2005, 76-79 [0008]
- **D. MESCHEDE.** Optik, Licht und Laser. B.G. Teubner, 1999 [0055]