(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 397 809 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.12.2011 Patentblatt 2011/51

(51) Int Cl.:
F41H 13/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **11004608.3**

(22) Anmeldetag: **07.06.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **17.06.2010 DE 102010024214**

(71) Anmelder: **Diehl BGT Defence GmbH & Co.KG**
88662 Überlingen (DE)

(72) Erfinder:
- **Stark, Robert, Dr.**
  91438 Bad Windsheim (DE)
- **Ehlen, Thilo, Prof.**
  48155 Münster (DE)

(74) Vertreter: **Diehl Patentabteilung**
c/o Diehl Stiftung & Co. KG
Stephanstrasse 49
90478 Nürnberg (DE)

(54) **Verfahren und Anordnung zur Erzeugung von Mikrowellen-Impulsen hoher Energie**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anordnung zum Erzeugen von Mikrowellen-Impulsen hoher Energie, insbesondere auf Basis der HPEM-Technologie. Zur Lösung der Aufgabe, einerseits die Energiedichte von Impulsen zu erhöhen, andererseits die Kompaktheit der betreffenden Geräte noch zu steigern, schlägt die vorliegende Erfindung vor, im Bereich der Antenne (4) eine großflächige Anordnung einer Vielzahl von vorzugsweise nichtlinearen Halbleiterbauelementen (5) zur Impulsformung einzusetzen.

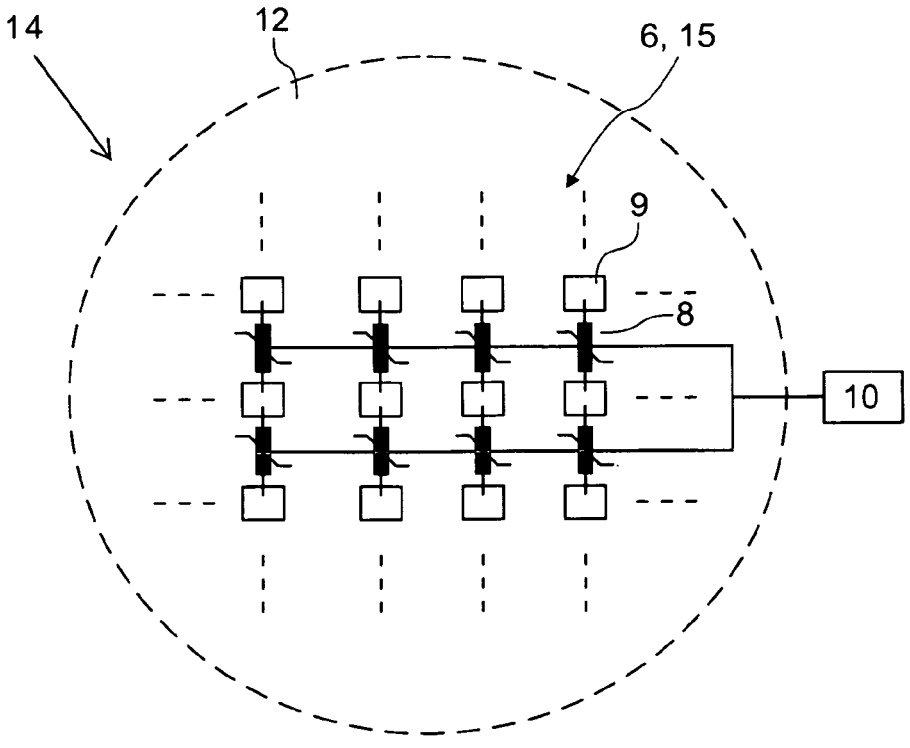

Fig. 6B

EP 2 397 809 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Mikrowellen-Impulsen hoher Energie gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Anordnung zur Erzeugung von Mikrowellen-Impulsen hoher Energie gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

[0002] Mikrowellen-Impulse hoher Energie bzw. hoher Energiedichte, insbesondere solcher auf der Basis der HPEM (High Power Electromagnetics) Technologie werden heutzutage dazu eingesetzt, elektronische Komponenten bedrohlicher Gegenstände, beispielsweise solche von zeitgezündeten oder handygesteuerten Sprengsätzen wie z. B. Sprengfallen oder dgl. zu zerstören oder zumindest funktionsuntüchtig zu machen. Entsprechende Mikrowellen-Impulse generierende Systeme werden vorzugsweise in Form von tragbaren Systemen verwendet oder an Fahrzeugen mitgeführt. Sie sollen daher möglichst kompakt sein. Die Möglichkeit des Einsatzes derartiger Systeme ist aber nicht nur auf den Nahbereich beschränkt, sondern kann auch auf größere Reichweiten ausgedehnt werden, beispielsweise mit dem Ziel der Beeinträchtigung der Flugbahn von elektronisch gesteuerten Objekten wie z. B. Raketen oder dgl. Man ist für die beschriebenen Einsatzmöglichkeiten bestrebt, Impulse mit möglichst hoher Energiedichte und Leistung zu erzeugen.

[0003] Aus der US 3,748,528 ist ein Mikrowellen-Impuls-Generator bekannt, bei dem an einer ersten Funkenstrecke ein Impuls mit einem Flankenanstieg in der Größenordnung einer Nanosekunde und einer Amplitude im Bereich von 12-20 kV erzeugt wird. Dieser Impuls wird anschließend über eine weitere, in Serie geschaltete Funkenstrecke, die als Schalter fungiert, in eine gedämpfte Sinusschwingung (DS-Impuls) konvertiert und über einen Reflektor bzw. eine Antenne abgestrahlt. Mit derartigen Anordnungen ist die Flankensteilheit des abgestrahlten Impulses in der Regel begrenzt.

[0004] Zur Erhöhung der Energiedichte derartiger Impulse ist man zusätzlich dazu übergegangen, wie dies in der DE 10 2006 014 230 A1 oder in der DE 103 13 286 B3 aufgezeigt ist, Anordnungen aus einer Mehrzahl von parallel geschalteter Mikrowellengeneratoren vorzusehen. Solche Anordnungen haben allerdings den Nachteil, dass sie einen gewissen Platzbedarf benötigen und daher für Anordnungen mit reduzierten Dimensionen nur bedingt geeignet sind.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein gattungsgemäßes Verfahren sowie eine gattungsgemäße Anordnung zur Verfügung zu stellen, das bzw. die einerseits eine hohe Energiedichte des abzustrahlenden Mikrowellen-Impulses, eine einfache Bauweise sowie eine Reduzierung der Dimension im Vergleich zu bisherigen Anordnungen ermöglicht und andererseits eine erhöhte Flexibilität im Bereich der Pulsformung erlaubt.

[0006] Die vorstehende Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 sowie bei der gattungsgemäßen Anordnung durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 7 gelöst.

[0007] Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung werden mit den Unteransprüchen beansprucht.

[0008] Die Idee der vorliegenden Erfindung besteht darin, im Bereich der Antenne eine großflächige, Array-artige Anordnung beststehend aus einer Vielzahl flächig verteilter, vorzugsweise parallel und/oder seriell zueinander geschalteten Leiterbauelementen vorzusehen. Der vom Impulsgenerator stammende Impuls erzeugt bzw. induziert in der flächigen Anordnung der Leiterbauelemente einen Oberflächenstrom, der seinerseits das abzustrahlende Feld generiert. Die Idee bietet den Vorteil, mittels der Leiterbauelemente gezielte Maßnahmen betreffend die Formung des abzustrahlenden Impulses vornehmen zu können. So kann beispielsweise durch Verwendung nichtlinearer Leiterbauelemente also Leiterbauelemente mit einer nichtlinearen Kennlinie eine wirksame Erhöhung der Flankensteilheit des von der großflächigen Anordnung erzeugten, resultierenden Impulses erreicht werden. Ein solcher Impuls besitzt eine sehr hohe Energiedichte. Zum anderen wird jedes Leiterbauelement umgekehrt proportional zur Gesamtzahl der Leiterbauelemente durch den eintreffenden Impuls geringer belastet. Daraus wiederum resultiert der Vorteil, Leiterbauelemente, vor allem auch Halbleiter-Bauelemente als Leiterbauelemente einzusetzen, die für sich betrachtet physikalischen Begrenzungen ausgesetzt wären und daher nicht einsetzbar wären.

[0009] Dadurch, dass die Leiterbauelemente in einer Kaskade angeordnet sind, wird eine gerichtete Hintereinanderschaltung (Kaskadierung) erreicht, so dass sich die physikalischen Effekte der einzelnen Leiterbauelemente insgesamt summieren, obgleich sie jeweils nur im anteiligen Bruchteil durch den entsprechenden Impuls belastet werden. Der gesamte Energiefluss teilt sich auf, er muss nicht über ein einziges Leiterbauelement geleitet werden.

[0010] Die Kaskadierung kann seriell, parallel oder vorzugsweiße parallel und seriell sein. Der durch den eintreffenden Impuls sich ergebenden Energiefluss verteilt sich in letzterem Fall optimal.

[0011] Die Nichtlinearität, also das vorliegen einer nichtlinearen Kennlinie kann eine Eigenschaft der einzelnen Leiterbauelemente sein.

[0012] Alternativ oder zusätzlich hierzu kann aber auch die Kaskade der Leiterbauelemente insgesamt eine Nichtlinearität besitzen.

[0013] Die Erfindung macht es möglich, neben passiven d. h. nicht ansteuerbaren auch aktive Leiterbauelemente einzusetzen. Sofern es sich bei den Leiterbauelementen um aktive Bauelementen handelt, kann im Bereich der Antenne eine gezielte Ansteuerung und damit eine gezielte Formung des Impulses erfolgen. Insbesondere können dem Impuls zusätzliche Muster aufmodelliert werden. Eine Aufmodulation des Impulses kann vor

allem bei der Steuerung von gerichteten Impulsen (Beam Steering) ein wichtiges Zusatzkriterium sein.

[0014] Auch ist es möglich, einen Teil der großflächigen Anordnung der Vielzahl von Leiterbauelementen mit aktiven Leiterbauelementen einen weiteren Teil mit passiven Leiterbauelementen zu versehen. Hierdurch erreicht man große Freiheitsgrade in der Beeinflussung d. h. Kontrolle und Steuerung der Impulscharakteristik.

[0015] Die aktive Beeinflussung kann insbesondere durch Anlegen einer Spannung an die Leiterbauelemente oder durch Veränderung der angelegten Spannung oder der Stromstärke vorgenommen werden.

[0016] Was die auch nebengeordnet beanspruchte Anordnung zur Erzeugung von Mikrowellen-Impulsen hoher Energie anbelangt, ist die Verwendung einer Reflektorantenne z. B. einer sogenannten IRA-Antenne (impulse radiating antenna) besonders geeignet, da die Leiterbauelemente auf dem großflächigen Reflektor der Antenne gut angebracht werden können.

[0017] Die Erfindung ist aber hierauf nicht beschränkt. Auch eine sogenannte Hornantenne eignet sich, da die flächige Anordnung der Leiterbauelemente sich in diesem Fall auf der das sich erweiternde Horn verschließenden Wand befinden kann. Diese wird von dem Impuls beim Austritt durchstrahlt. Auch sonstige flächige Antennen können zum Einsatz kommen.

[0018] Zur Realisierung nichtlinearer Leiterbauelemente eigenen sich vor allem Halbleiterbauelemente, wie etwa Dioden. Eine Diode ermöglicht bei Beaufschlagung eines Impulses eine Erhöhung der Flankensteilheit des ausgehenden Impulses im Vergleich zu dem in die Diode einlaufenden Impuls.

[0019] Anstelle einer Diode kann als Leiterbauelement auch eine Induktivität vor allem eine nichtlineare Induktivität zum Einsatz kommen.

[0020] Besonders vorteilhaft sind einzelne, leitende Patchfelder, die in Summe die Antenne bilden und den Impuls generieren (Patchantenne). Zur Erzielung eines geeigneten Stromflusses durch die einzelnen Leiterbauelemente sind die Patchfelder gegeneinander isoliert.

[0021] Alternativ können die Patchfelder auch voneinander, z. B. resistiv oder induktiv, entkoppelt oder verschaltet sein. Dies ermöglicht eine erhöhte Flexibilität im Bereich der Impulsformung und Auslegung des Reflektors.

[0022] Zweckmäßige Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden anhand von Zeichnungsfiguren näher erläutert. Sich wiederholende Merkmale werden der Übersichtlichkeit halber lediglich einmal mit einem betreffenden Bezugszeichen versehen.

[0023] Es zeigen:

Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung der Impulsform eines von einem Impulsgenerators direkt erzeugten Impulses;

Fig. 2 eine vereinfachte Darstellung der Impulsform nach Konvertierung des Impulses nach Fig. 1 in einen DS-Impuls;

Fig. 3 eine stark vereinfachte schematische Darstellung einer Anordnung zur Erzeugung sowie Abstrahlung eines Mikrowellen-Impulses;

Fig. 4 eine stark vereinfachte schematische Darstellung des Bereichs der Antenne einer ersten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen flächigen Anordnung von Leiterbauelementen;

Fig. 5A eine stark vereinfachte schematische Darstellung des Bereichs der Antenne einer zweiten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen flächigen Anordnung von Leiterbauelementen;

Fig. 5B eine stark vereinfachte schematische Darstellung des Bereichs der Antenne einer dritten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen flächigen Anordnung von Leiterbauelementen;

Fig. 6A eine stark vereinfachte schematische Darstellung eines Teils der flächigen Anordnung von Dioden als nichtlineare Leiterbauelementen im Bereich des Reflektors der Ausgestaltung nach Fig. 4 oder im Bereich der Wand der Ausgestaltung nach Fig. 5A bzw. 5B; sowie

Fig. 6B eine stark vereinfachte schematische Darstellung eines Teils der flächigen Anordnung von Induktivitäten als nichtlineare Leiterbauelementen im Bereich des Reflektors der Ausgestaltung nach Fig. 4 oder im Bereich der Wand der Ausgestaltung nach Fig. 5A bzw. 5B.

[0024] Fig. 3 zeigt eine stark vereinfachte Anordnung zur Erzeugung eines Mikrowellen-Impulses hoher Energie, z. B. eines DS (damped sinusoid) Impulses. Die Anordnung umfasst eine Energiequelle 1, z. B. eine Batterie mit einer sehr hohen Spannung. Die Energiequelle 1 speist den Impulsgenerator 2 beispielsweise einen sogenannte Marx-Generator, welcher einen Spannungsimpuls der Größeneinheit von z. B. 0,3 bis 3,0 MV und gemäß der Form nach Fig. 1 erzeugt. Über eine geeignete Impulsformungseinheit 3 wird der vorgenannte Impuls in eine gedämpfte Sinusschwingung (DS) konvertiert, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist. Über die Antenne 4 wird der DS-Impuls anschließend an die Umgebung abgegeben.

[0025] Gemäß der Erfindung ist, vgl. Fig. 4, vorzugsweise im Bereich der Antenne 4 eine großflächige Anordnung 6, 15 von Leiterbauelementen 5, insbesondere Halbleiterbauelementen, vorgesehen. Die Leiterbauelemente 5 sind sowohl parallel als auch seriell kaskadiert. Die Anordnung 6, 15 ist unmittelbar dem elektrischen und magnetischen Feld des Impulses des Impulsgenerators 2 bzw. des DS-Impulses der Impulsformungseinheit 3 ausgesetzt. In Folge dessen wird der gesamte Energiefluss über die flächige Anordnung 6, 15 der einzel-

nen Leiterbauelemente 5 geleitet und nicht nur über ein einziges Element. Das Feld des eintreffenden Impulses erzeugt einen Oberflächenstrom, der seinerseits wiederum das Feld des resultierenden, abzustrahlenden Impulses generiert.

[0026] Eine Erhöhung der Flankensteilheit des abzustrahlenden Impulses gegenüber dem eintreffenden Impuls wird durch eine nichtlineare Kennlinie erreicht. Hierzu werden vorzugsweise Leiterbauelemente 5 mit nichtlinearer Kennlinie eingesetzt.

[0027] Gemäß Fig. 6 kann es sich bei den nichtlinearen Leiterbauelementen 5 um Dioden 7 (vgl. Fig. 6A) oder um Induktivitäten 8 (Fig. 6B) handeln. Wie aus Fig. 6A und 6B ersichtlich sind eine Vielzahl von einzelnen gegenseitig zueinander isolierten Patchfelder 9 auf einem Reflektorträger 12 vorgesehen. Die einzelnen Patchfelder 9 sind in Richtung der Kaskadierung über die nichtlinearen Leiterbauelemente insbesondere die Dioden 7 bzw. Induktivitäten 8 miteinander verbunden.

[0028] Alternativ können die Patchfelder auch voneinander, z. B. resistiv oder induktiv, entkoppelt oder verschaltet sein. Dies ermöglicht eine erhöhte Flexibilität im Bereich der Impulsformung und Auslegung des Reflektors.

[0029] Die flächige Anordnung 6 befindet sich zweckmäßigerweise im Bereich des Reflektors 14 einer IRA-Antenne, wie sie in Fig. 4 dargestellt ist. Die flächige Anordnung 6 der einzeln verteilten Leiterbauelemente 5 bewirkt insgesamt eine nichtlineare Reflektionskennlinie, die zu einer wirksamen Erhöhung der Flankensteilheit des vom Reflektor 14 abzustrahlenden Impulses und damit zu einer höheren Energiedichte führt.

[0030] Alternativ kann die flächige Anordnung 15 auch Bestandteil einer Wand 13 einer Hornantenne sein, wie sie in Fig. 5A dargestellt ist. Hierbei wird der Impuls geformt, während er die Wand 13 einschließlich der darauf befindlichen flächigen Anordnung 15 von nichtlinearen Leiterbauelementen 5 durchstrahlt. Die flächige Anordnung 15 von nichtlinearen Leiterbauelementen 5 ist bei der Ausgestaltung nach Fig. 5A in einer Ebene senkrecht zur Längsachse angeordnet. Die Orientierung kann jedoch auch anders vorgesehen sein, beispielsweise schräg zur Längsachse o. dgl.

[0031] Wie in Fig. 5B dargestellt ist es z. B. möglich, eine flächige Anordnung von Leiterbauelementen vorzusehen, die zueinander in einem Winkel angeordneter Teilflächen umfasst. Dementsprechend verläuft ein Teil der Leiterbauelemente 5 entlang der Wand 13 der andere Teil entlang des divergierenden Teils der Antenne.

[0032] Weiterhin ist es zur aktive Kontrolle und Steuerung der Impulscharakteristik möglich, die Leiterbauelemente 5 insgesamt oder auch nur bereichsweise aktiv anzusteuern, um die Ausbildung des Impulses hierdurch gezielt zu beeinflussen. So können beispielsweise Leiterbauelemente 5 entlang der Wand 13 passiv d. h. nicht angesteuert diejenigen entlang des divergierenden Teils der Antenne 4 aktiv d. h. angesteuert sein.

[0033] Bei den Leiterbauelementen kann es sich, wie bereits erwähnt, um passive aber auch um aktive Leiterbauelemente handeln. Im Falle von aktiven Leiterbauelementen kann mittels einer Steuereinrichtung 10 (wie in Fig. 6B angedeutet) durch Anlegen einer geeigneten Spannung oder eines Stroms zusätzlich Einfluss auf die Form des abzustrahlenden Impulses genommen werden. Vor allem kann eine Modulation des Impulses vorgenommen werden, was bei dem sogenannten Beam Steering von Vorteil sein kann.

[0034] Alles in allem ermöglicht die vorliegende Erfindung die Erzeugung von Impulsen erhöhter Energiedichte ohne Einbußen an Kompaktheit der betreffenden Einrichtungen. Zudem ermöglicht die Erfindung eine aktive Kontrolle und Steuerung der Impulscharakteristik durch den Reflektor. Die vorliegende Erfindung stellt daher einen ganz besonderen Beitrag auf dem einschlägigen Gebiet der Technik dar.

Bezugszeichenliste

[0035]

1	Energiequelle
2	Impulsgenerator
3	Impulsformungseinheit
4	Antenne
5	Leiterbauelement
6	flächige Anordnung (Reflektor)
7	Diode
8	Induktivität
9	Patchfeld
10	Steuereinrichtung
11	Patchfeldbereich
12	Reflektorträger
13	Wand
14	Reflektor
15	flächige Anordnung (Transmitter)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Mikrowellen-Impulsen hoher Energie, insbesondere solcher auf Basis der HPEM-Technologie, wobei mittels eines von einer

Energiequelle (1) gespeisten Impulsgenerators (2) ein Impuls, vorzugsweise ein sog. DS-Impuls, erzeugt wird,
der anschließend über eine Antenne (4) abgestrahlt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Bereich der Antenne (4) eine flächige Anordnung (6, 15), welche eine Vielzahl von flächig verteilten Leiterbauelementen (5) umfasst, dem elektromagnetischen Feld des vom Impulsgenerator (2) erzeugten Impulses ausgesetzt wird,
wobei aufgrund der Einwirkung des Impulses auf die Anordnung (6) der Leiterbauelemente (5) seinerseits in diesen ein resultierender Impuls erzeugt wird, der über die Antenne (4) abgestrahlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich aufgrund der Einwirkung des Impulses auf die Anordnung (6, 15) der Leiterbauelemente (5) eine im Vergleich zum eingehenden Impuls erhöhte Flankensteilheit des resultierenden Impulses einstellt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Leiterbauelemente (5) in einer Kaskade angeordnet sind.

4. Verfahren nach mindestens einem der Anspruch 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Anordnung (6, 15) der Leiterbauelemente (5) insgesamt einen nichtlinearen Leiter bildet und/oder es sich bei den Leiterbauelementen (5) um einzelne nichtlineare Bauelemente handelt.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei den Leiterbauelementen (5) um aktive, ansteuerbare Leiterbauelemente handelt, wobei durch entsprechende Ansteuerung die Form des ausgehenden Impulses aktiv beeinflusst wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Ansteuerung die elektrische Vorspannung der aktiven, ansteuerbaren Leiterbauelemente verändert wird.

7. Anordnung zur Erzeugung von Mikrowellen-Impulsen hoher Energie, insbesondere solcher auf Basis der HPEM-Technologie, wobei die Anordnung insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6 eingerichtet ist und folgendes umfasst:
eine Energiequelle (1),
einen von der Energiequelle (1) gespeisten Impulsgenerator (2) zur Erzeugung
eines Impulses, vorzugsweise eines sog. DS-Impulses, sowie
eine Antenne (4), die dazu vorgesehen ist, den Impuls abzustrahlen,
gekennzeichnet durch
eine großflächige Anordnung (6, 15) einer Vielzahl von Leiterbauelementen (5),
insbesondere Halbleiterbauelementen, die im Bereich der Antenne (4) angeordnet sind.

8. Anordnung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Antenne (4) ein Reflektorantenne (IRA Antenne) vorgesehen ist und sich die Anordnung (6) der Leiterbauelemente (5) auf dem Reflektor (14) befindet.

9. Anordnung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Antenne eine Hornantenne vorgesehen ist und sich die Anordnung (15) der Leiterbauelemente (5) auf einer vom Impuls durchstrahlten, senkrecht zur Längsachse des Horns verlaufenden Wand (13) befindet.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Leiterbauelemente (5) insgesamt eine nichtlineare Kennlinie begründen.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei den Leiterbauelementen (5) um nichtlineare Leiterbauelementen handelt.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei den Leiterbauelementen (5) um aktive Leiterbauelemente handelt.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die großflächige Anordnung (6, 15) der Vielzahl von Leiterbauelementen (5) aktive sowie passive Leiterbauelemente umfasst.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei den Leiterbauelementen (5) um Dioden (7) oder Induktivitäten (8) handelt.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Reflektor (14) in einzelne Patchfelder (9) aufgeteilt ist,

die einzelnen Patchfelder (9) gegenseitig isoliert oder voneinander elektrisch entkoppelt sein sind, und
die Leiterbauelemente (5) die einzelnen Patchfelder (9) überbrücken.

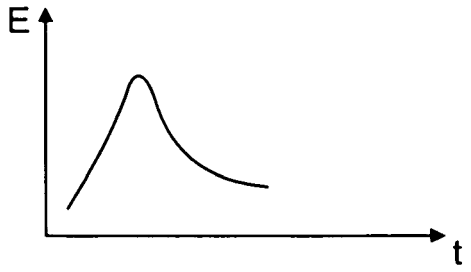

Fig. 1

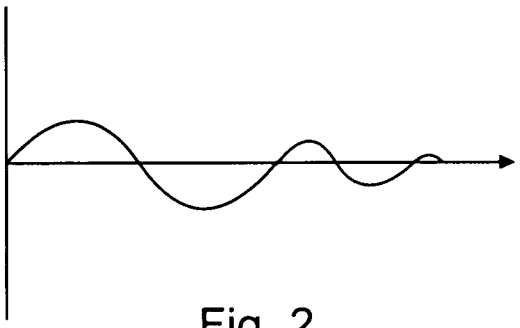

Fig. 2

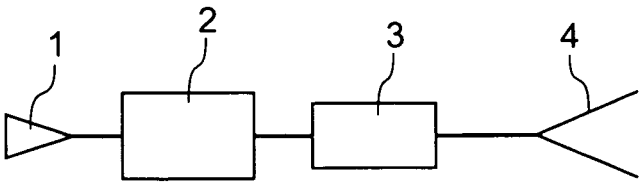

Fig. 3

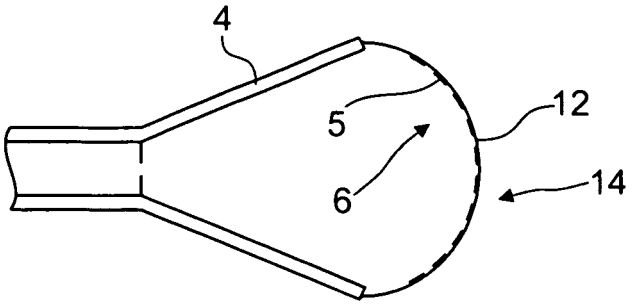

Fig. 4

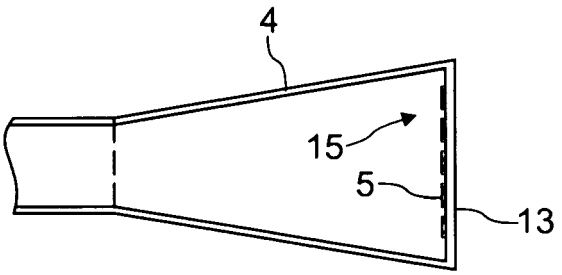

Fig. 5A

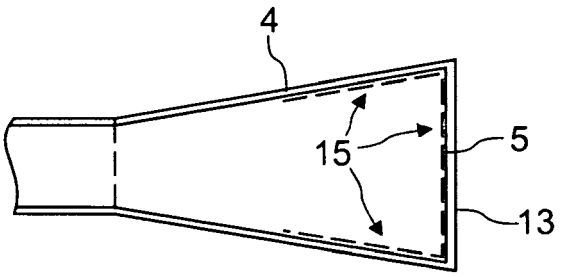

Fig. 5B

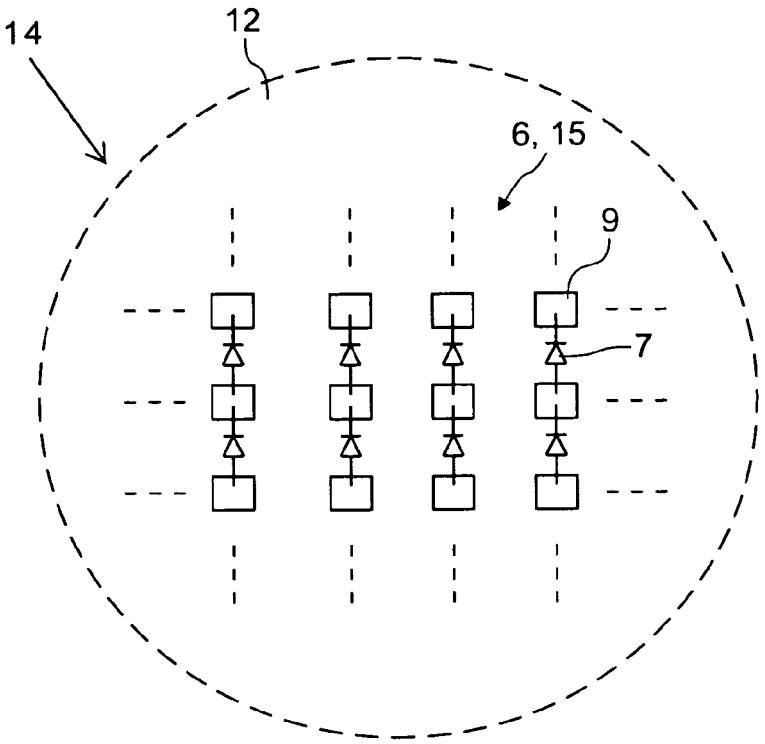

Fig. 6A

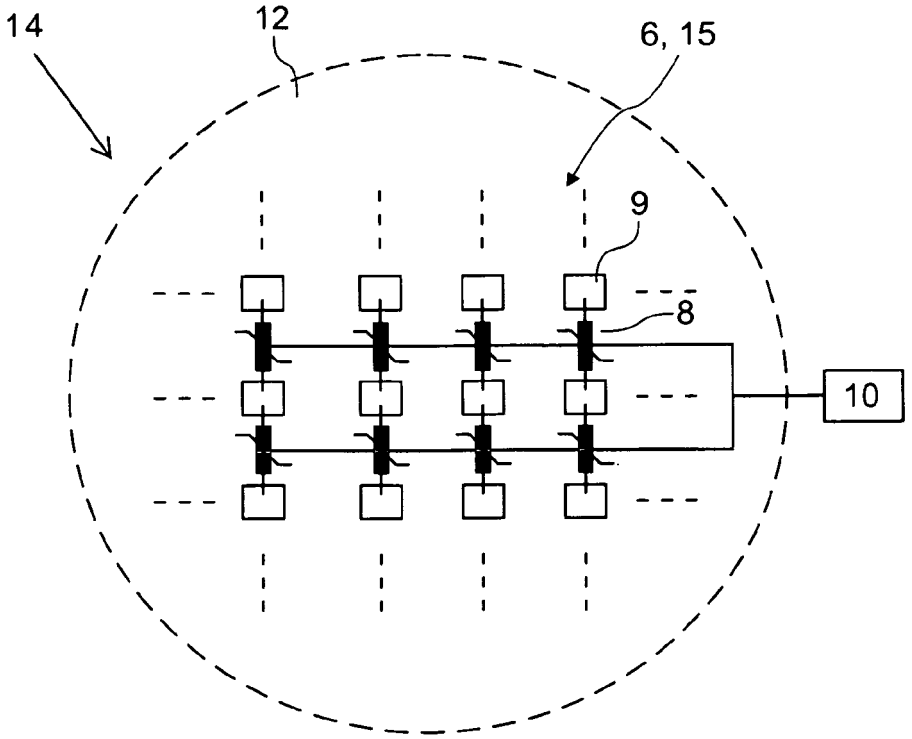

Fig. 6B

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

- US 3748528 A **[0003]**
- DE 102006014230 A1 **[0004]**
- DE 10313286 B3 **[0004]**