



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.2025 Patentblatt 2025/26

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F41H 13/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24219299.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F41H 13/0093

(22) Anmeldetag: **12.12.2024**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

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

(72) Erfinder: **Stark, Robert**
91438 Bad Windsheim (DE)

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

(30) Priorität: **18.12.2023 DE 102023005217**

(54) **BEKÄMPFUNG EINES ZIELS MIT KUMULIERTEN HOCHLEISTUNGSPULSEN**

(57) Eine Steuereinrichtung (10) enthält einen Eingang (34) und / oder einen Speicher (36) für bekannte Pulseigenschaften (22a-c) eines Hochleistungspulses (8a-e) und anzunehmenden Eintrageigenschaften (26a-c) und Dissipationseigenschaften (32a-c) eines Ziels (4), und einen Ausgang (18), und ermittelt eine Pulsfolge (6) der Hochleistungspulse (8a-e) derart, dass basierend auf den Pulseigenschaften (22a-c) und den Eintrageigenschaften (26a-c) ein kumulierter Eintrag (38) in das Ziel (4) durch die eingestrahlten Hochleistungspulse (8a-e) zu erwarten ist, der derart größer ist als die basierend auf den Dissipationseigenschaften (32a-c) zu erwartende kumulierte Dissipation (40) im Ziel, dass sich eine Überschusskumulation (42) im Ziel (4) einstellt,

gemäß der eine gewünschte Störung oder Zerstörung des Ziels (4) zu erwarten ist, und erzeugt eine Pulsfolge (6) repräsentierendes Steuersignal (16) und gibt es am Ausgang (18) aus.

Eine Bestrahlungseinrichtung (2) enthält die Steuereinrichtung (10) und eine Pulsquellenanordnung (12), die die Hochleistungspulse (8a-e) in Form der durch das Steuersignal (16) repräsentierten Pulsfolge (6) erzeugt und auf das Ziel (4) hin abstrahlt.

Bei einem Verfahren wird das Steuersignal mit Hilfe der Steuereinrichtung (10) oder der Bestrahlungseinrichtung (2) erzeugt.

Bei einem Verfahren wird das Ziel mit Hilfe der Bestrahlungseinrichtung (2) mit der Pulsfolge (6) bestrahlt.

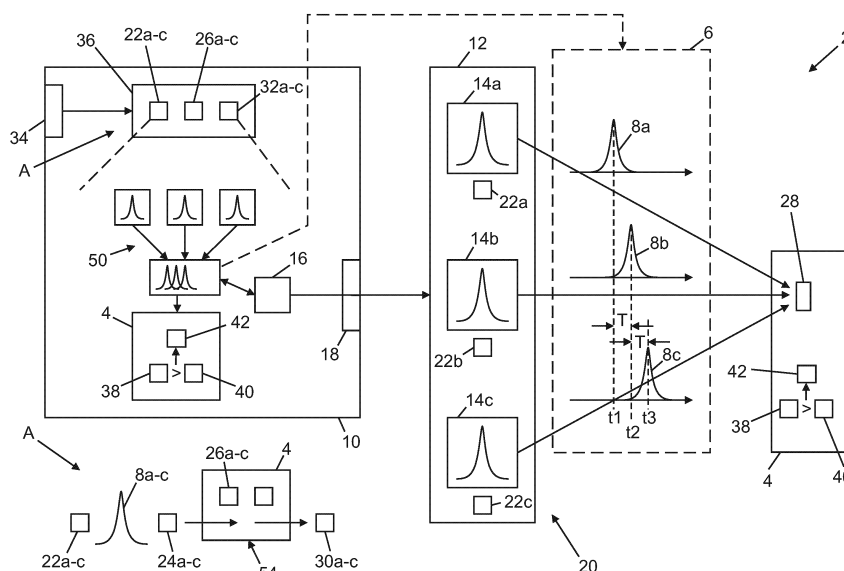


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Bekämpfung eines Ziels mit Hochleistungspulsen wie z.B. HPM- (High Power Microwave) oder HPEM-Pulsen (High Power Electromagnetics).

[0002] Aus der EP 3 641 056 A1 ist eine HPEM-Quelle für HPEM-Pulse in einer gewünschten Abstrahlrichtung bekannt: Diese enthält mindestens drei zueinander fixierte Antennen für Pulsanteile, wobei mindestens zwei Gruppen von Antennen mit einer jeweiligen Hauptrichtung vorhanden sind, und eine Steuereinheit für die Aktivierung und Phasenlage der Pulsanteile zur Überlagerung zum HPEM-Puls, wobei dessen aktuelle Abstrahlrichtung in einem Winkelbereich um die Hauptrichtung wählbar ist.

[0003] Mit Hilfe der bekannten HPEM-Quelle können Ziele bekämpft werden.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Verbesserungen hinsichtlich einer Bekämpfung eines Ziels anzugeben.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Steuereinrichtung gemäß Anspruch 1. Bevorzugte oder vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sowie anderer Erfindungskategorien ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den beigefügten Figuren.

[0006] Die Steuereinrichtung dient bzw. ist eingerichtet zur Erzeugung und Bereitstellung bzw. Ausgabe eines Steuersignals. Das Steuersignal dient bzw. ist eingerichtet zur Ansteuerung einer Pulsquellenanordnung. Die Pulsquellenanordnung dient bzw. ist eingerichtet zur Erzeugung und Ausstrahlung einer Pulsfolge von Hochleistungspulsen. Die Ausstrahlung der Pulsfolge von der Pulsquellenanordnung dient zur Bestrahlung eines potentiell vorhandenen Ziels. Durch die entsprechende Bestrahlung des Ziels wird bzw. soll dieses bekämpft werden.

[0007] Die Erfindung geht dabei von folgenden Annahmen bzw. Voraussetzungen aus:

- Die Pulsquellenanordnung enthält wenigstens eine, insbesondere eine Mehrzahl von Pulsquellen. Die Pulsquellenanordnung ist zur Erzeugung der Pulsfolge anhand des Steuersignals eingerichtet. Das Steuersignal bestimmt also, welche der Pulsquellen der Pulsquellenanordnung wann und ggf. auch welche (Art, Form, Leistung, ...) Hochleistungspulse aussendet. Die Summe aller gemäß dem Steuersignal ausgesendeten Hochleistungspulse bildet dabei die Pulsfolge. Die Ansteuerung der Pulsquellen erfolgt gemäß dem Steuersignal, das heißt entweder durch das Steuersignal direkt oder durch aus diesem abgeleitete Signale.
- Jede der Pulsquellen ist zur Erzeugung jeweiliger Hochleistungspulse eingerichtet. bzw. dient hierzu. Eine Pulsquelle oder auch unterschiedliche Puls-

quellen können hierbei insbesondere unterschiedliche Hochleistungspulse, d.h. Pulse unterschiedlicher Typen aussenden. Die Pulsquellen können hierbei z.B. nach unterschiedlicher Art, Leistungsfähigkeit und Technologie ausgeführt sein. So können z.B. Pulsquellen in Form von HPM-, HPEM-, NB- (narrow band), WB- (wide band) und / oder UWB-Quellen (ultra wide band) innerhalb einer Pulsquellenanordnung vorhanden sein. Somit können zum Beispiel unterschiedliche Hochleistungspulse wie HPM- und / oder HPEM-Pulse verschiedener Bandbreiten (NB, WB, UWB) in einer Pulsfolge vorhanden sein.

- Jeder der Hochleistungspulse weist - gemäß einer Annahme für die bzw. in der Steuereinrichtung - bekannte Pulseigenschaften auf. Diese Eigenschaften des Pulses werden angenommen. Die Pulseigenschaften betreffen z.B. Pulstyp, Pulsdauer, Energieinhalt, Verlaufseigenschaften wie Flankensteilheiten usw. handeln. Insbesondere können die Pulseigenschaften z.B. für die oben genannten Pulstypen oder auch Pulsquellen einheitlich bekannt sein. Die Pulseigenschaften stellen Annahmen über die Pulse dar und gelten somit vor allem für in Zukunft zu erzeugende Pulse.
- Die Pulsfolge der Hochleistungspulse ist also durch das Steuersignal festgelegt bzw. festzulegen. Das Steuersignal bestimmt also, welche Pulse welcher Art in welcher Stärke und zu welchen Zeitpunkten von welchen der Pulsquellen erzeugt und auf das Ziel hin ausgesendet werden sollen. Die Pulsfolge bestimmt also die gesamte Gruppe bzw. Gesamtheit der Pulse, welche durch ein entsprechendes Steuersignal zu erzeugen ist. Mit anderen Worten bestimmt das Steuersignal also die Pulsfolge bzw. enthält eine Vorschrift, wie die Folge von der Pulsquellenanordnung zu erzeugen ist.
- Die Pulsfolge dient also bzw. ist eingerichtet zur Bestrahlung des bzw. eines potentiell vorhandenen Ziels mit den Hochleistungspulsen. Die Bestrahlung des Ziels führt zu einem Eintrag von Leistung / Energie eines jeden der Pulse in das Ziel, zum Beispiel in dessen Elektronikkomponenten usw. Dies führt z.B. zu einer Erhöhung der Temperatur dort oder zu einem Strom- / Spannungsimpuls in einem Leiter oder Bauteil usw.
- Ein jeweiliger der Hochleistungspulse, die potentiell in das Ziel einzustrahlen sind bzw. eingestrahlt werden, leistet im Ziel also einen vermutlich zu erwartenden Eintrag (von Energie / Leistung / Temperatur / ...). Hierfür wird eine Eintrags-eigenschaft des Ziels angenommen. Diese beschreibt also, welche Auswirkungen der eingestrahlte Puls (der die anzunehmenden Pulseigenschaften aufweist) in dem Ziel

erwartungsgemäß bzw. vermutlich verursachen wird.

- Jedem dieser Einträge (von Energie / Temperatur / Strom / usw.) in das Ziel ist eine vermutlich im Ziel zu erwartende Dissipation zugeordnet. Dies wird durch eine anzunehmende Dissipationseigenschaft in dem Ziel beschrieben. Mit anderen Worten wird der Eintrag im Ziel aufgenommen, verteilt sich dann in diesem, so dass dessen Wirkung entsprechend der Dissipationseigenschaften abklingt / sich verteilt usw. Auch dies ist eine Annahme, die über das Ziel getroffen wird.

[0008] Die Steuereinrichtung enthält einen Eingang und / oder einen Speicher für die bekannten bzw. als bekannt vorausgesetzten Pulseigenschaften und die anzunehmenden bzw. angenommenen Eintragsseigenschaften und die anzunehmenden bzw. angenommenen Dissipationseigenschaften des Ziels. Dadurch sind die entsprechenden Größen in der Steuereinrichtung vorhanden / bereitgestellt.

[0009] Die Steuereinrichtung enthält einen Ausgang für das Steuersignal, d.h. zur Bereitstellung / Ausgabe des Steuersignals.

[0010] Die Steuereinrichtung ist dazu eingerichtet, bzw. dient dazu, die Pulsfolge der Hochleistungspulse wie folgt zu ermitteln: Zunächst wird (für eine gewählte Pulsfolge) basierend auf den Eintragsseigenschaften ein kumulierter Eintrag (Energie / Leistung / Temperatur / usw.) in das Ziel durch die eingestrahlteten Hochleistungspulse ermittelt, welcher - basierend auf den Annahmen der Pulseigenschaften über die eingestrahlteten Pulse und der Eintragsseigenschaften des Ziels (wie dieses auf den jeweiligen Eintrag reagiert) - anzunehmenderweise bei der (zugrunde gelegten) Pulsfolge zu erwarten ist.

[0011] Dabei wird basierend auf den Dissipationseigenschaften ermittelt, wie die entsprechenden Einträge bzw. der kumulierte Eintrag im Ziel einer Dissipation unterworfen sind / ist. Mit anderen Worten wird auch die kumulierte Dissipation der anhand der Pulsfolge eingestrahlteten Hochleistungspulse ermittelt. Daraus ergibt sich ggf. bzw. soll sich ergeben eine Überschuss-Kumulation der Einträge, die durch die Dissipation nicht aufgefangen / abgeleitet werden kann. Mit anderen Worten ergibt die Dissipation einen "Austrag" aus dem Ziel; im Ziel verbleibt der Überschuss als Differenz von Eintrag in das Ziel minus Austrag aus dem Ziel.

[0012] Die Pulsfolge wird nun so gewählt (also z.B. iterativ wie oben erläutert deren Wirkung im Ziel geprüft und ggf. die Pulsfolge angepasst / optimiert), dass eine gewünschte Störung oder Zerstörung des Ziels durch die Einstrahlung der Pulsfolge zu erwarten ist. Dies wird dadurch erreicht, dass die Dissipation nicht ausreicht, sämtliche Einträge ausreichend schnell abklingen zu lassen, sondern dass sich eine zeitliche Überlagerung bzw. additive Aufsummierung bzw. Aufschaukelung der kumulierten Einträge in Form der Überschuss-Kumula-

tion trotz der kumulierten Dissipation ergibt. Mit anderen Worten ergibt die Summe aller Einträge in der Pulsfolge abzüglich der Summe aller auftretenden Dissipationen eine Überschusskumulation eingetragener Energie / Temperatur / Leistung / ..., welche im Hinblick auf die ebenfalls als bekannt angenommenen Eigenschaften des Ziels einen gewünschten Stör- oder Zerstörungseffekt im Ziel erwarten lassen. Mit anderen Worten wird die Pulsfolge im Hinblick auf das anzunehmende Ziel unter geeigneter Kombination der Hochleistungspulse so gewählt, dass sich eine kumulativ ansteigende Überlagerung von Energie / Temperatur / sonstigen Einträgen ergibt, die das Ziel nachhaltig bzw. für den beabsichtigten Zweck stört oder zerstört.

[0013] Die Steuereinrichtung ist weiterhin dazu eingerichtet, das so ermittelte Steuersignal zu erzeugen und am Ausgang auszugeben / bereitzustellen, welches die ermittelte Pulsfolge repräsentiert. Beim Betrieb der Steuereinrichtung und Ansteuerung einer entsprechenden Pulsquellenanordnung und Aussendung der erzeugten Pulsfolge auf das Ziel anhand des Steuersignals kann somit davon ausgegangen werden, dass das Ziel erwartungsgemäß gestört oder zerstört wird.

[0014] Entsprechende Annahmen über das Ziel und/oder die Pulsquellen / Pulse können zum Beispiel durch empirische Versuche, theoretische Überlegungen usw. ermittelt werden. Zum Beispiel kann eine exponentiell abklingende Dissipation (1/e-Kurve) angenommen werden. Außerdem kann von der Verwendung fachüblicher elektronischer und elektrischer Bauteile, Leitungen usw. ausgegangen werden. Effekte / Wirkungen (Eintrag/Dissipation), welche durch die Einstrahlung einer Pulsfolge in entsprechenden Bauteilen ausgelöst werden, können ausreichend allgemeingültig und fachüblich ermittelt werden, zum Beispiel durch EMV-Untersuchungen usw.

[0015] Die Erfindung beruht auf der Beobachtung, dass in der Praxis HPEM-DS (damped sinusoidal) Breitbandsysteme aktuell mit Pulswiederholrate im Bereich von einigen 10 bis zu einigen 100 Hz arbeiten. Dabei ist die Energie in einem einzelnen HPEM Puls oft nicht ausreichend, um entsprechende Reichweiten realisieren zu können. Durch die geringe Pulswiederholrate und den damit zusammenhängenden sehr großen zeitlichen Abständen zwischen aufeinanderfolgenden Pulsen, verglichen mit einer Pulsdauer von wenigen Nanosekunden, ist die Energie-Dissipation im Ziel zu hoch, um kumulative Effekte zu bewirken.

[0016] HPEM-UWB-Quellen-Systeme können auf der anderen Seite aktuell mit hohen Pulswiederholrate bis in den hohen Kilohertzbereich betrieben werden. UWB Pulse haben typische Pulsbreiten im Bereich weniger 10 bis 100 ps. Damit ist der Energieinhalt des Pulses, trotz enorm hoher realisierbare Leistungen im Gigawattbereich relativ gering. Zudem ist dabei die im Targetsystem (Ziel), respektive der Targetelektronik eingekoppelte Leistung, respektive die Energie im relevanten empfindlichen Spektralbereich aufgrund der sehr hohen Bandbreite (verglichen mit der Peak-Leistung eines

UWB-Pulses) sehr gering. Auch in diesem Fall ist daher die eingekoppelte, wirksame Energie / Leistung trotz höherer Pulswiederholrate des UWB-Systems aufgrund der Energiedissipation in der Zielelektronik nicht ausreichend, um einen kumulativen Effekt der in die Elektronik eingekoppelten Leistung, respektive der Energie derart zu bewirken, dass die Ziel-Elektronik / -Komponenten / -Systeme temporär und / oder nachhaltig in ihrer Funktion beeinträchtigt, gestört oder gar zerstört werden.

[0017] Ziele sind insbesondere elektronische Targetsysteme und Elektroniken, beispielsweise UAV (unmanned aerial vehicle), IED (improvised explosive device), Raketen (Missiles), militärische Waffen und Aufklärungssysteme, Kommunikations- und Kommandoanlagen und -strukturen ebenso wie militärische und zivile hochwertige Targets und Infrastrukturen.

[0018] Grundidee der Erfindung ist die Erhöhung der Energie- und Leistungseinkopplung von Hochleistungspulsen, insbesondere HPEM, in derartige Ziele mit der Absicht, diese temporär und / oder nachhaltig in ihrer Funktion zu stören und / oder die Ziel - Elektronik zu zerstören und damit einen Ausfall des Zielsystems zu bewirken.

[0019] Im Folgenden wird die Erfindung insbesondere anhand von "HPEM" stellvertretend für alle geeigneten Hochleistungspulse erläutert.

[0020] Ziel der Erfindung ist auch die Erhöhung der Wirkreichweite und Effizienz von HPEM Systemen, die Koordination der Wirkung verteilter HPEM-Systeme zur Erhöhung der Wirkeffizienz und Wirkreichweite am Ziel. Als Beispiel sei zu nennen: Abwehr und Schutz eigener Systeme und Anlagen in einem Swarm-Attack-Szenario.

[0021] Gemäß der Erfindung werden mit anderen Worten Annahmen zum Beispiel über Transistoren oder integrierte Schaltungen (Chips) in einem potentiellen Ziel getroffen. Der Eintrag in das Ziel erfolgt dann "schnell genug", um die dort anzunehmenden Dissipations-Effekte überzukompensieren. Die Erfindung beruht daher insbesondere auf der Idee, kurze Pulse, d.h. mit schneller Anstiegszeit zu nutzen. Hierdurch erfolgt nahezu keine Ausbreitung von (insbesondere thermischer) Energie im Ziel, es erfolgt eine lokale Aufheizung und dadurch eine Störung oder Zerstörung im Ziel. Voraussetzung ist hier, dass der nächste Puls "schnell genug" eintrifft (also die Zeit zwischen den ansteigenden Flanken der Pulse kurz genug ist), um die lokale Aufheizung nicht abklingen zu lassen, sondern kumulativ pro Puls weiter zu erhöhen.

[0022] Gemäß der Erfindung ergibt sich somit ein (insbesondere HPEM-) Verfahren bzw. System, in dem die Wirkung der Hochleistungspulse auf die zeitliche Energie- / Temperatur- / Leistungsdissipation und / oder das Verhalten / Abklingen von Latenzeffekten zeitlich aufeinander abgestimmt sind. Die zeitliche Überlagerung und Kumulation der eingekoppelten Leistung respektive Energie in der Zielelektronik wird genutzt, um entsprechend Energie zu kumulieren. So kann die Stör- / Zerstörschwelle der Elektronikkomponenten und Bauteile überschritten werden, um den Ausfall und die Zerstörung

der Elektronik bzw. des Systems zu verursachen. Latenzeffekte sind insbesondere Ladungsträgerinjektion in Grenzsichten, pn-Übergängen, Sperrschichten, Veränderung, Schwächung oder Stärkung elektrischer Felder.

[0023] Gemäß der Erfindung ergibt sich somit ein Verfahren und System zur Erhöhung, Verstärkung, Optimierung der Leistung und Energieeinkopplung von Hochleistungspulsen in elektronische Systeme. Es ergibt sich eine zeitliche Abstimmung und Kombination der abgestrahlten und / oder eingekoppelten Hochleistungs-Pulse, Stromimpulse, Spannungsimpulse, Einzelimpulse, Pulswiederholraten und / oder Pulssequenzen mit der zu erwartenden Energie- / Temperatur-Dissipation in der beaufschlagten Elektronik, Elektronikkomponenten, Elektronikbauteilen, Leitungen und Leiterbahnen. Dies ermöglicht die lokale kumulative additive Überlagerung und Aufschaukelung der Energieeinträge und der Temperatur. Diese werden verursacht durch die jeweiligen Einzelimpulse / Pulssequenzen und Pulswiederholraten. Dies führt damit bei ausreichender Anzahl von lokalen Impulsen und Energieeinträgen zu einer nachhaltigen Störung und/oder einer Zerstörung der Elektronikbauteile und Komponenten. Die Einträge müssen schneller sein als die lokale Energie- / Temperaturdissipation im jeweiligen Bauteil / Elektronik / pnÜbergang etc.

[0024] Das Verfahren kann sowohl leitungsgebunden als auch strahlungsgebunden zum Einsatz kommen. Das Verfahren ermöglicht es, die Wirkeffizienz der Hochleistungspulse / -Systeme und deren Wirkreichweite deutlich zu erhöhen. Das Verfahren kann an die Anforderungen aus unterschiedlichen Designs der Zielelektronik und damit eine unterschiedliche schnelle Energie- / Temperaturdissipation, bedingt durch unterschiedliche Systemdesigns angepasst werden. Die Anpassung erfolgt durch die (geänderte) zeitliche Abstimmung und Synchronisation einzelner oder mehrere Pulse, Strompulse, Spannungspulse, die Anzahl, die Länge, die Pulsamplitude und die Pulswiederholrate, Pulssequenz und Länge.

[0025] Zudem können Latenzeffekte in elektronischen Bauteilen durch den sehr schnellen (HPEM-Pulse) wiederholten zeitlich auf diese Effekte abgestimmten Spannungs- / Strom- / Feld- / Energie- und Temperatureintrag in die Bauelemente, Sperrschichten etc. geschickt genutzt werden. Dies geschieht, da diese zu einer kurzzeitigen temporären Schwächung der Schalteigenschaften / Erhöhung des Innenwiderstandes etc. zum Beispiel durch kurzzeitige Erwärmung oder Ladungsträgerinjektion in pn-Übergängen und damit zu einer zeitlichen Schwächung und Änderung der charakteristischen Eigenschaften des Bauelements, der Komponenten bzw. der Elektronik führen. Bauteileigenschaften werden zum Beispiel geändert in pn-Übergängen, Grenzsichten, Sperrschichten, Feldverteilungen, Ladungsträgerbeweglichkeit, dem Temperaturverhalten, Änderungen in der Ladungsträgerbeweglichkeit und der Feldverteilung

in elektronischen Bauteilen. Durch sehr schnellen zeitlich aufeinander und die Energiedissipation in der Elektronik / Bauteil abgestimmten kumulativen Energie- und oder Temperatureintrag / Erhöhung und Wiederholung respektive kumulative Verstärkung dieser Effekte führen diese schließlich zu einer temporären und / oder nachhaltigen Störung und / oder Zerstörung der entsprechenden Bauteile, Bauelemente, Komponenten und Systeme.

[0026] Zur Realisierung der schnellen zeitlich aufeinander abgestimmten Pulsfolge und / oder Pulssequenzen, zum Beispiel im Nanosekunden- / Picosekundenbereich zur Erzielung der erwünschten kumulativen Effekte ist eine sehr genaue zeitliche Synchronisation und Abstimmung der Einzelimpulse, der Impulsreihenfolge, Pulssequenz und / oder deren Überlagerungen in Bezug auf den zu erwartenden zeitlichen Verlauf der Energie/ Temperatur-Dissipation und / oder der Latenzeffekte auf Schaltungs- / Bauteil und / oder Dotierungsebene der Zielelektronik bzw. der elektronischen Bauteile und Komponenten der Zielelektronik erforderlich.

[0027] Die Realisierung eines solchen Verfahrens kann mit allen HPM, HPEM, UWB, WB und NB-(HPEM-)Quellensystemen erfolgen. Wesentlich dabei ist die sehr genaue, auf die zu erwartende Energie- / Temperatur-Dissipation und / oder den zeitlichen Verlauf von Latenzeffekten in der Zielelektronik / -bauteil abgestimmte zeitlich synchrone genaue Abstimmung der einzelnen in der Elektronik eintreffenden / wirkenden Pulse, Pulsfolge, Pulssequenzen und Puls-Folgesequenzen. Zudem kann die Optimierung der Pulsform, Amplitude, Anstiegszeit, Dauer, Energie und Frequenzinhalt sich positiv auf diesen gewünschten Effekt auswirken.

[0028] Es ergibt sich eine Erhöhung der Wirkreichweite durch Beaufschlagung des Targets mit Impulsen, Impulsreihenfolgen und Sequenzen, die auf die zeitliche Energie- und Temperaturempfindlichkeit sowie die Empfindlichkeit der Targetelektronik bezüglich zeitlicher Latenzeffekte abgestimmt sind.

[0029] Gemäß der Erfindung ergeben sich folgende Vorteile:

Es ergibt sich die Verteilung der erforderlichen Gesamtenergie und Leistung auf mehrere einzelne und / oder kombinierte und / oder identische und / oder auch unterschiedliche (HPEM-) Technologien (NB, WB, UWB etc.), Quellen, Komponenten und Systeme.

[0030] Weiterhin ergibt sich die Erzeugung und Bereitstellung von auf die Energie- / Temperatur-Dissipation / Latenzeffekte zeitlich abgestimmten und / oder synchronisierten HPEM- / Hochspannungs- / Hochstrom / elektromagnetischen / hochenergetischen Hochleistungspulse (Amplitude, Dauer, Pulswiederholrate, Energie, Leistung), Pulsfolgen, Pulssequenz und Pulsfolge Sequenzen, Pulswiederholraten.

[0031] Es ergibt sich die Erzeugung eines temporären Energie- / Temperatur- und Latenzverhaltens / Effekte in der Zielelektronik, elektronischen Bauteilen, Komponenten und Systemen derart, dass diese temporär, nach-

haltig, permanent eine Funktionsstörung bzw. Ausfall und / oder Zerstörung der Zielelektronik und Systeme bewirken.

[0032] Es ergibt sich eine Abstimmung der Pulse (Amplitude, Dauer, Pulswiederholrate, Energie, Leistung), Pulsfolgen, Pulssequenz und Pulsfolge-Sequenzen auf die spezifischen Eigenschaften der Temperatur- und Energie-Dissipations-Funktion und latenter Effekte in der Zielelektronik, Komponenten, Bauteile und Systeme, um einen (lokalen) additiven Energie- / Temperatureffekt / Energie- / Temperaturüberhöhung bis zum Überschreiten der Stör- / Zerstörschwelle des Bauteils zu bewirken. Das Verfahren / die Einrichtung kann sowohl leitungsgebundenen sowie strahlungsgebunden eingesetzt werden. Bei entsprechend geringen Verzugszeiten ist auch die Nutzung von statistischen Effekten wie Jitter zur Erzeugung der gewünschten Effekte nutzbar.

[0033] Eine Anwendung der Erfindung ergibt sich insbesondere für

- 1.) HPEM Systeme, stationär oder auf mobilen Plattformen für verschiedene Anwendungen (zum Beispiel Counter-UAS als Fahrzeugschutz, Counter-UAS Feldlagerschutz, C-IED etc.)
- 2.) HPEM System, mobil für Landanwendungen integriert auf einem Fahrzeug zum Eigenschutz im Rahmen NNbS (Nah- und Nächstbereichsschutz) und MGCS (Main Ground Combat System) für verschiedene Anwendungen (zum Beispiel Counter-UAS, C-IED, Konvoi-Schutz etc.)
- 3.) HPEM System, mobil für Luft- und Seeanwendung, integriert auf einem Flugzeug, Drohne oder Schiff zum Eigenschutz im Rahmen NNbS für verschiedene Anwendungen (zum Beispiel Counter-UAS, C-IED, BootStop etc.)
- 4.) Verteilte HPEM Systeme mit Schwarmfähigkeit für koordinierte Aktion zum Schutz oder für Attack. Integration auf mobilen und / oder fliegenden Plattformen (zum Beispiel FCAS, RC, LW, UAV, UAS, Mini-UAS etc.).

[0034] Eine Anwendung ergibt sich somit für (HPEM-) Wirksysteme zum Eigenschutz im Bereich NNbS, Feldlagerschutz, MGCS für den Nächstbereich und FCAS zum Selbstschutz zum Beispiel Counter-UAS, C-IED, Konvoischutz, Schutz von Feldlagern, BootStop, Schutz von Schiffen, Flugzeugen, Drohnen etc. Einsatz für Attack mit Drohnenschwärmen gegen militärische Waffen und Aufklärungssysteme, Kommunikations- und Kommando-Anlagen und -Strukturen ebenso wie militärische und zivile hochwertige Targets und Infrastrukturen.

[0035] Als Grundprinzip der Erfindung ergibt sich ein Verfahren zur HPEM Leistungseinkopplung und Reichweitensteigerung.

[0036] (HPEM-) Pulse / Impulse sind in der Lage hohe Energien und Leistungen in Leitungen / Elektronik / Elektronikkomponenten und -Systeme einzukoppeln. Leistungsstarke Impulse induzieren hohe Spannungs-

und Stromimpulse in einer Zielelektronik. Aufgrund der sehr kurzen Impulse sind die eingekoppelten Leistungen, Spannungen, Energien und die dadurch verursachte lokale Energieeinkopplung / Spannungserhöhung / Überhöhung und / oder Erwärmung und temporäre Latenzeffekte (zum Beispiel Ladungsträgerinjektion, Feldüberhöhung / Schwächung in der Halbleiterstruktur / pn-Übergängen / Zonen) nicht stark genug, um das elektronische System, Bauteil, Komponenten in der Funktion temporär und / oder nachhaltig zu stören und / oder zu zerstören.

[0037] Leitungen, Platinen und elektronische Systeme haben eine gewisse, definierte Energie-Dissipation die stark von der Art der Bauteile / Komponenten und von dem Layout / Aufbau (Platinen, Multi-Layer, Kühlkörper, Energiesenken, Leistungsdicken / breiten / -materialien etc.) abhängt.

[0038] Durch Abstimmung der zeitlichen Abfolge und Anzahl und / oder Form der HPEM-Impulse auf das lokale Abklingverhalten der Temperatur / Energie / Energiedissipation / Ausheilen von Latenzeffekten erfolgt das Nachliefern der Energie durch die abgestimmte zeitliche Abfolge der HPEM-Impulse schneller als das lokale Abklingen der Temperatur / Energie / Latenzeffekte durch die spezifische Energie-Dissipationsfunktion.

[0039] Aufgrund der zeitlichen Synchronisation / Abfolge der Energie- / Spannungs- / Strom- / Feld-Einkopplung / Latenzereignisse auf das lokale Abklingen / Verhalten der Energie / Temperatur und / oder latenter Effekte (Latenzen), kommt es zu einem additiven lokalen Aufschaukeln der Energie und / oder Temperatur und / oder von Latenzeffekten, die bei Überschreiten einer Stör- oder Zerstörungsschwelle zu einem temporären und / oder nachhaltigen und / oder völligen Ausfall bis hin zur Zerstörung der Elektronik und deren Funktionalität führt.

[0040] Es erfolgt ein lokales Aufschaukeln der deponierten Energie / Temperatur von Latenzeffekten durch zeitlich auf das Abklingverhalten (Dissipationsfunktion) abgestimmte Energieeinträge durch HPEM Pulse bis zur temporären / dauerhaften Störung und / oder Zerstörung der Elektronik. Beeinflussende Parameter und Variablen sind zum Beispiel (nicht exklusiv) zeitlicher Abstand zwischen zwei Pulsen, zum Beispiel eines durch die Pulse induzierten Strom- / Temperaturverlaufs in der Zielelektronik, Maximale Amplitude von induziertem Strom / Temperatur, Anstiegs- und Abfallzeit des Stromes di/dt , Anstiegs- und Abfallzeit der Temperatur (dT/dt).

[0041] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Steuereinrichtung dazu eingerichtet, die Pulsfolge bzw. die Steuervorschrift gemäß wenigstens einer Abstimmungsvorschrift für die Hochleistungspulse zu ermitteln. Die Abstimmungsvorschrift ist insbesondere eine zeitliche (Zeitfolge der Pulse / Zeitdauern usw.) bzw. Leistungsvorschrift (Pulsleistung) und kann auch eine Kombinationsvorschrift enthalten oder sein (wie welche Pulse miteinander zu kombinieren sind). Mit anderen Worten werden innerhalb der Pulsfolge insbesondere die Pulse zeitlich und nach ihrer Art aufeinander

der abgestimmt, um die oben genannten Kumulationseffekte zu erreichen und die Dissipation zu überwinden.

[0042] Die bevorzugten Ausführungsformen (auch die folgenden) wurden oben zusammen mit ihren Vorteilen bereits erläutert.

[0043] Gemäß einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform beinhaltet wenigstens eine der Abstimmungsvorschriften die Vorgabe einer Pulswiederholrate und / oder einer Pulsanzahl und / oder einer Pulslänge und / oder eines maximalen zeitlichen Abstandes zwischen zweien der Hochleistungspulse. Bei kleinen zeitlichen Abständen, welche zu realisieren sind, kann auch, wie oben erläutert, der Jitter bei mehreren Quellen genutzt werden: Zum Beispiel werden 3 Quellen über ein Triggersignal zeitgleich getriggert. Aufgrund eines bekannten Jitterphänomens im Triggersignal können die 3 Pulse über den Jitterzeitraum verteilt ausgesendet werden und zu der gewünschten Kumulation führen.

[0044] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beinhaltet wenigstens eine der Abstimmungsvorschriften die Vorgabe einer Pulsform und oder einer Pulssequenz von Hochleistungspulsen. "Pulssequenz" ist insbesondere eine Abfolge und / oder eine Kombination von Pulsen, insbesondere die zeitliche Abfolge der Pulse.

[0045] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält wenigstens eine der Dissipationseigenschaften eine anzunehmende Eigenschaft über das Verhalten von Strom- und / oder Spannungsimpulsen, die von Hochleistungsimpulsen im Ziel bewirkt werden.

[0046] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält wenigstens eine der Dissipationseigenschaften eine Eigenschaft über das anzunehmende Verhalten und / oder das Abklingen von Latenzeffekten im Ziel.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform bezieht sich wenigstens eine der Dissipationseigenschaften auf eine anzunehmende Elektronikkomponente (auch "Elektronik") des Ziels. Hierbei handelt es sich insbesondere um ein Elektronikbauteil, eine Leitung, eine Leiterbahn, einen Transistor, eine integrierte Schaltung (Chip) und insbesondere deren jeweilige Stör- oder Zerstörungsschwellen. Insbesondere wird die lokale Kumulation von Leistung / Energie und Temperatur dort beschrieben.

[0048] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch eine Bestrahlungseinrichtung gemäß Patentanspruch 8. Diese dient bzw. ist eingerichtet zur Bestrahlung des oben genannten Ziels mit der genannten Pulsfolge von Hochleistungspulsen. Die Bestrahlungseinrichtung enthält die oben genannte Steuereinrichtung. Die Bestrahlungseinrichtung enthält auch die oben genannte Pulsquellenanordnung, die die wenigstens eine Pulsquelle enthält und die durch das von der Steuereinrichtung am Ausgang ausgegebene Steuersignal angesteuert ist. Die Pulsquellenanordnung ist dazu eingerichtet, die Hochleistungspulse in Form der durch das Steuersignal repräsentierten Pulsfolge zu erzeugen und auf das Ziel (potentiell, sofern vorhanden) hin abzustrahlen. Hierbei handelt es sich um ein potentielles Ziel, sofern vorhanden.

[0049] Die Bestrahlungseinrichtung und zumindest ein Teil deren möglicher Ausführungsformen sowie die jeweiligen Vorteile wurden sinngemäß bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Steuereinrichtung erläutert.

[0050] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens eine der Pulsquellen eine HPM- oder HPEM-Quelle und / oder eine Quelle in Form einer NB-, WB- oder UWB-Quelle.

[0051] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Pulsquellenanordnung wenigstens zwei unterschiedliche Pulsquellen. Damit können von jeder der Pulsquellen aus zeitgleich oder zeitversetzt Hochleistungspulse ausgesendet werden.

[0052] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Pulsquellenanordnung wenigstens zwei Pulsquellen in Form eines verteilten Quellsystems. Die zwei Quellen sind insbesondere auf verschiedene Plattformen verteilt, jede der Plattformen kann stationär (zum Beispiel ein Lager) oder beweglich (zum Beispiel ein Fahrzeug, eine Drohne) sein. Insbesondere handelt es sich um einen Schwarm, zum Beispiel Drohnenschwarm, die mit jeweiligen Pulsquellen bestückt sind.

[0053] In einer alternativen Ausführungsform kann es sich jedoch auch um ein konzentriertes System, zum Beispiel auf einem Fahrzeug oder einem Gebäude handeln, bei dem alle Pulsquellen auf dem betreffenden System installiert sind.

[0054] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 12. Das Verfahren geht von den oben erläuterten Voraussetzungen aus. Insbesondere von der Pulsquellenanordnung mit den Pulsquellen, die in der Lage sind, die Hochleistungspulse gemäß Vorschrift durch das Steuersignal zu erzeugen, und von den Annahmen über die Puls-, Eintrags- und Dissipationseigenschaften.

[0055] Das Verfahren und zumindest ein Teil dessen möglicher Ausführungsformen sowie die jeweiligen Vorteile wurden sinngemäß bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Steuer- und Bestrahlungseinrichtung erläutert.

[0056] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 13 zur Bestrahlung des oben erläuterten Ziels mit der Pulsfolge von Hochleistungspulsen. Hierbei wird das oben genannte Verfahren zur Erzeugung und Bereitstellung bzw. Ausgabe des Steuersignals ausgeführt sowie die Pulsquellenanordnung von diesem wie erläuterten angesteuert, um die Hochleistungspulse zum Ziel hin abzusenden.

[0057] Das Verfahren und zumindest ein Teil dessen möglicher Ausführungsformen sowie die jeweiligen Vorteile wurden sinngemäß bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Erzeugung des Steuersignals sowie der erfindungsgemäßen Steuer- und Bestrahlungseinrichtung erläutert.

[0058] Weitere Merkmale, Wirkungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Be-

schreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung sowie der beigefügten Figuren. Dabei zeigen, jeweils in einer schematischen Prinzipskizze:

- 5 Figur 1 eine Bestrahlungsanordnung beim Bestrahlen eines Ziels,
- Figur 2 die Aussendung sukzessiver Hochleistungspulse ohne Überschusskumulation,
- 10 Figur 3 sukzessive Hochleistungspulse mit Überschusskumulation zur Störung des Ziels,
- Figur 4 sukzessive Hochleistungspulse mit Überschusskumulation zur Zerstörung des Ziels.
- 15

[0059] Figur 1 zeigt eine Bestrahlungseinrichtung 2. Diese dient zur Bestrahlung eines Ziels 4 mit einer Pulsfolge 6 von hier drei Hochleistungspulsen 8a-c. Dies dient der exemplarischen Darstellung. In der Praxis handelt es sich um Zig oder Hunderte von Hochleistungspulsen. Die Bestrahlungseinrichtung 2 enthält eine Steuereinrichtung 10 sowie eine Pulsquellenanordnung 12. Die Pulsquellenanordnung 12 enthält im Beispiel (ebenfalls exemplarisch) drei Pulsquellen 14a-c. Die Pulsquellenanordnung 12 ist durch ein Steuersignal 16 angesteuert, welches von der Steuereinrichtung 10 erzeugt und an einem Ausgang 18 der Steuereinrichtung 10 ausgegeben bzw. bereitgestellt wird. Die Pulsquellenanordnung 12 erzeugt die Hochleistungspulse 8a-c in Form der Pulsfolge 6. Die Pulsfolge 6 ist dabei durch das Steuersignal 16 repräsentiert bzw. definiert bzw. bestimmt. Die Pulsquellenanordnung 12 strahlt die Hochleistungspulse 8a-c in Form der Pulsfolge 6 auf das Ziel 4 hin ab, bestrahlt also das Ziel 4 mit der Pulsfolge 6.

[0060] Die Pulsquelle 14a ist eine HPEM-UWB-Quelle. Die Pulsquelle 14b eine HPM-Quelle und die Pulsquelle 14c eine HPEM-NB-Quelle. Die Hochleistungspulse 8a und 8c sind daher elektromagnetische HPEM-Pulse mit UWB und NB-Charakteristik. Der Hochleistungspuls 8b ein Hochleistungs-Mikrowellenpuls. Die Pulsquellenanordnung 12 enthält also hier drei unterschiedliche Pulsquellen 14a-c. Die Pulsquellen 14a-c sind hier als verteiltes Quellsystem 20 ausgeführt, d.h. jede Pulsquelle 14a-c ist jeweils für sich an einer jeweiligen, in der Figur nicht dargestellten Drohne montiert. Die Drohnen agieren als Schwarm, um koordiniert das Ziel 4 zu bekämpfen.

[0061] Gemäß der Pulsfolge 6 werden die Hochleistungspulse 8a-c in zeitlicher Folge hintereinander zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3 ausgesendet und treffen entsprechend mit dem jeweiligen zeitlichen Abstand T im Ziel 4 ein.

[0062] Die Steuereinrichtung 10 dient zur Erzeugung des Steuersignals 16 um wie oben erläutert die Pulsquellenanordnung 12 zur Erzeugung der Pulsfolge 6 anzusteuern, wodurch die Pulsquellenanordnung 12 das Ziel 4 mit der Pulsfolge 6 bestrahlen kann bzw. be-

strahlt. Die Pulsquellenanordnung 12 erzeugt also die Pulsfolge 6 anhand des Steuersignals 16. Die Pulsquellen 14a-c dienen zur Erzeugung der Hochleistungspulse 8a-c.

[0063] In der Steuereinrichtung 10 ist eine jeweilige Pulseigenschaft 22a-c eines jeden der Hochleistungspulse 8a-c vorab bekannt bzw. wird entsprechend vorausgesetzt / angenommen. Im Beispiel ist dies bezogen auf den jeweiligen Pulstyp (HPEM-UWB / - NB, HPM). Die Pulseigenschaft 22a-c kennzeichnet also nicht jeden einzelnen individuellen Puls, sondern die allgemeine Pulscharakteristik der hier immer gleich erzeugten Hochleistungspulse 8a-c. Die Pulsfolge 6 ist durch das Steuersignal 16 festgelegt bzw. bestimmt.

[0064] Die Steuereinrichtung 10 geht nun davon aus bzw. trifft die Annahme, dass ein jeweiliger der in das Ziel eingestrahlten Hochleistungspulse 8a-c in dem Ziel 4 einen vermutlich zu erwartenden Eintrag 24a-c in Form einer Leistungs- bzw. Energieeinkopplung bewirkt, was durch eine entsprechende Eintrags-eigenschaft 26a-c beschrieben ist. Mit anderen Worten wird Energie bzw. Leistung in das Ziel 4, zum Beispiel eine Elektronikkomponente 28 dessen, durch jeden der Hochleistungspulse 8a-c eingebracht, was von deren jeweiliger Pulseigenschaft 22a-c und der jeweiligen Eintrags-eigenschaft 26a-c des Ziels 4 abhängt. Die entsprechende Eintrags-eigenschaft 26a-c wird in der Steuereinrichtung 10 angenommen, stellt also eine (in der Regel nicht exakt bekannte) Annahme innerhalb der Steuereinrichtung 10 dar.

[0065] Die Steuereinrichtung 10 geht weiterhin davon aus, dass ein entsprechender Eintrag 24a-c in dem Ziel 4 einer vermutlich zu erwartenden Dissipation 30a-c unterliegt bzw. unterworfen ist, was durch entsprechende Dissipationseigenschaften 32a-c des Ziels 4 charakterisiert ist. Mit anderen Worten wird durch einen Hochleistungspuls 8a-c potentiell für das Ziel 4 schädliche Leistung / Temperatur / Energie als Eintrag 24a-c in das Ziel 4 eingebracht, welche jedoch im Ziel 4 einer (der schädlichen Wirkung entgegenstehenden) Dissipation 30a-c unterworfen ist.

[0066] Diese beschriebenen (Teil-)Annahmen (Puls-, Eintrags- Dissipationseigenschaften) sind als (zusammenfassende) Annahme A für die Steuereinrichtung 10 in der Figur 1 symbolisch angedeutet. Diese Annahme A besteht also in der Steuereinrichtung 10 bzw. wird von dieser genutzt. Die entsprechenden Verhältnisse am Ziel 4 sind daher in Figur 1 unter der Steuereinrichtung 10 nochmals symbolisch dargestellt.

[0067] Die Steuereinrichtung 10 enthält daher einen Eingang 34 und einen Speicher 36, mit der die Annahme A in die Steuereinrichtung 10 Eingang findet, nämlich in Form der Pulseigenschaften 22a-c, Eintrags-eigenschaften 26a-c und Dissipationseigenschaften 32a-c. Die Steuereinrichtung 10 verfügt damit über die entsprechenden Annahmen A. Diese werden nun wie folgt in der Steuereinrichtung 10 genutzt:

Die Steuereinrichtung 10 ermittelt iterativ / sukzessive /

nach Vorgaben usw. (fachüblich, hier nicht näher erläutert) die Pulsfolge 6 der Hochleistungspulse 8a-c derart, dass in Kenntnis der Pulseigenschaften 22a-c und basierend auf den Eintrags-eigenschaften 26a-c ein vermutlicher kumulierter Eintrag 38 in das Ziel 4 angenommen werden kann. Die Steuereinrichtung berücksichtigt dabei die mit den Einträgen 24a-c vermutlich einhergehende jeweilige Dissipation 30a-c, die sich zu einer kumulierten Dissipation 40 addiert, die somit ebenfalls angenommen wird. Die Pulsfolge 6 wird nun so ausgestaltet / angepasst, ermittelt, optimiert, dass der kumulierte Eintrag 38 die kumulierte Dissipation 40 übersteigt, sodass sich eine Überschuskkumulation 42 von eingetragener Energie / Leistung / Temperatur / Strom / Spannung etc. im Ziel 4 ergibt, die eine gewünschte Störung oder Zerstörung des Ziels 4 erwarten bzw. vermuten lässt.

[0068] Die Ermittlung der Pulsfolge 6 wird insbesondere so lange interaktiv angepasst, z.B. durch Variation von Anzahl / Art / Abfolge / zeitlichem Abstand usw. der Einzelpulse, bis sich die gewünschte Überschuskkumulation 42 ergibt. Mit anderen Worten werden geeignete Hochleistungspulse 8a-c in geeigneter zeitlicher Folge und Kombination so gesucht, dass die bewirkten Einträge 24a-c durch die entsprechenden Dissipationen 30a-c "nicht schnell genug" aus dem Ziel 4 wieder ausgeglichen werden können, um die Überschuskkumulation 42 zu verhindern.

[0069] Sobald die Pulsfolge 6 ermittelt wurde, gibt die Steuereinrichtung 10 das Steuersignal 16 aus, das die entsprechende Pulsfolge 6 repräsentiert, so dass die Pulsquellenanordnung 12 anhand des Steuersignals 16 informiert ist, eben jene Pulsfolge 6 nach der betreffenden Vorschrift im Steuersignal 16 zu erzeugen und auf das Ziel 4 hin auszusenden.

[0070] Figur 2 zeigt über der Zeit t symbolisch Annahmen A über die Einstrahlung der jeweils einzelnen Hochleistungspulse 8a-c in das Ziel 4 nach einer versuchten Pulsfolge 6. Dargestellt ist ein jeweiliger Stromverlauf 44 und ein Temperaturverlauf 46, der in der Elektronikkomponente 28 des Ziels 4 angenommen wird. Hierbei werden zeitliche Abstände T_a und T_b zwischen den Hochleistungspulsen 8a-c angenommen. Es ergeben sich hieraus anzunehmende Spitzenwerte der Stromamplitude S_I und der Temperaturamplitude S_T für Stromverlauf 44 und Temperaturverlauf 46 sowie entsprechende Anstiegszeiten und Abfallzeiten dI/dt und dT/dt . In Figur 2 ist zu erkennen, dass hier keinerlei kumulative Effekte zu erreichen sind. Jeder der Einträge 24a-c wird durch eine entsprechende jeweilige Dissipation 30a-c kompensiert.

[0071] Die Pulsfolge 6 wird daher von der Steuereinrichtung 10 angepasst.

[0072] Figur 3 zeigt eine so angepasste Pulsfolge 6, bei der unter den gleichen Annahmen A eine zeitlich dichtere Pulsfolge 6, das heißt mit kürzeren zeitlichen Abständen T betrachtet wird. Außerdem ist hier noch ein vierter Puls 8d angehängt. Hier reichen die Dissipation 30a-d nicht aus, um die Einträge 24a-d vollständig zu kompensieren, es verbleibt eine mit der Zeit ansteigende

Überschussskumulation 42, hier angedeutet durch eine gestrichelte Linie, im Ziel 4 bzw. der Elektronikkomponente 28, die letztlich zu einer Störung deren führt, nämlich der Temperaturverlauf 46 zum Zeitpunkt t4 eine Störschwelle SS des Ziels 4 überschreitet. Bei der realen Anwendung dieser Pulsfolge 6 auf das Ziel 4 ist also zu erwarten, dass die von der Steuereinrichtung 10 vermutete Überschussskumulation 42 im Ziel 4 tatsächlich auftritt und das Ziel 4 daher tatsächlich stört (in Figur 1 ist daher die Überschussskumulation 42 im Ziel 4 nochmals angedeutet).

[0073] Gewünscht ist jedoch eine Zerstörung des Ziels 4. Daher wird die Pulsfolge 6 in der Steuereinrichtung 10 weiter optimiert.

[0074] Figur 4 schließlich zeigt eine weitere Pulsfolge 6. Hier sind alternative Hochleistungspulse 8a-e (Hochleistungspulse 8d,e sind HPEM-WB-Pulse einer weiteren, nicht dargestellten Pulsquelle in der Pulsquellenanordnung 12) zeitlich alternativ noch dichter (kleinerer Abstand T) aneinandergereiht. Der Temperaturverlauf 46 kumuliert hier noch stärker und erreicht zum Zeitpunkt t5 wie gewünscht eine Zerstörungsschwelle SZ im Ziel 4.

[0075] Die entsprechende Kombination der Hochleistungspulse 8a-e in den Pulsfolgen 6 geschieht anhand einer Abstimmungsvorschrift bzw. Kombinationsvorschrift 50, welche in Figur 1 symbolisch angedeutet ist und in den Figuren 2 bis 4 als entsprechende Aneinanderreihung von geeigneten Hochleistungspulsen 8a-e illustriert ist. Diese Abstimmungsvorschrift 50 wird, wie oben erläutert, in der Steuereinrichtung 10 iterativ ermittelt und enthält die Vorgabe einer Pulswiederholrate (zeitliche Abstände T) einer Pulsanzahl (3 bis 5 gemäß den Figuren 2 bis 4) einer Pulslänge usw. hier eines maximalen zeitlichen Abstandes T (Figur 4) zwischen zweien der Hochleistungspulse 8a-e usw.

[0076] Auch kann im iterativen Prozess entsprechend eine Pulsform (nicht dargestellt) oder eine Pulssequenz der Hochleistungspulse 8a-e variiert werden (Pulsform zum Beispiel durch unterschiedliche Ansteuerung der Pulsquellen 14a-c, Pulssequenz durch unterschiedliche Reihenfolge der Ansteuerung der unterschiedlichen Pulsquellen 14a-c (Mischung von elektromagnetischen, Mikrowellen-, NB-, WB oder UWB-Pulsen / Quelle in unterschiedlicher Reihenfolge).

[0077] Der Stromverlauf 44 stellt somit einen (Strom-) Impuls 52 dar (hier stellvertretend auch für einen Spannungs-Impuls), der von dem Hochleistungspuls 8a-e im Ziel 4 bewirkt wird. Die Dissipationseigenschaften 32a-e können daher auch als anzunehmende Eigenschaften über das Verhalten der Impulse 52 angesehen werden. Insbesondere sind daher auch Latenzeffekte 54 bzw. deren Verhalten / Abklingen im Ziel 4 in den Dissipationseigenschaften 32a-e enthalten bzw. berücksichtigt.

[0078] Zusammenfassend wird also folgendes Verfahren durchgeführt: Es wird zur Erzeugung des Steuersignals 10 anhand der Annahmen A angenommen, dass im Ziel 4 die Hochleistungspulse 8a-e anzunehmende Einträge 24a-e anhand ihrer Eintragungseigenschaften 26a-

e verursachen, diese einer jeweiligen Dissipation 30a-e entsprechend der Dissipationseigenschaften 32a-e unterworfen sind, die Pulseigenschaften 22a-e, Eintragungseigenschaften 26a-e und Dissipationseigenschaften 32a-e der Steuereinrichtung 10 bereitgestellt, und die Steuereinrichtung 10 ermittelt die Pulsfolge 6 wie oben erläutert iterativ basierend auf diesen Annahmen A so, dass der kumulierte Eintrag 38 die kumulierte Dissipation 40 übersteigt und eine Überschussskumulation 42 stattfindet, die eine Störung oder Zerstörung des Ziels 4 erwarten lässt. **[0079]** Bei dem Verfahren zur Bestrahlung des Ziels 4 wird das obige Verfahren durchgeführt und die Pulsquellenanordnung 12 mit dem ermittelten Steuersignal 16 angesteuert, woraufhin diese die Hochleistungspulse 8a-e gemäß dem Steuersignal 16 als Pulsfolge 6 auf das Ziel 4 hin abstrahlt, was eine Zerstörung des Ziels 4 erwarten lässt.

Bezugszeichenliste

[0080]

2	Bestrahlungseinrichtung
4	Ziel
6	Pulsfolge
8a-e	Hochleistungspuls
10	Steuereinrichtung
12	Pulsquellenanordnung
14a-c	Pulsquelle
16	Steuersignal
18	Ausgang
20	Quellensystem (verteilt)
22a-e	Pulseigenschaft
24a-e	Eintrag
26a-e	Eintragungseigenschaft
28	Elektronikkomponente
30a-e	Dissipation
32a-e	Dissipationseigenschaft
34	Eingang
36	Speicher
38	Eintrag (kumuliert)
40	Dissipation (kumuliert)
42	Überschussskumulation
44	Stromverlauf
46	Temperaturverlauf
50	Abstimmungsvorschrift
52	Impuls
54	Latenzeffekt
t1-5	Zeitpunkt
T, Ta, b	Abstand (zeitlich)
A	Annahmen
SI	Stromamplitude
ST	Temperaturamplitude
SS	Störschwelle
SZ	Zerstörungsschwelle

Patentansprüche

1. Steuereinrichtung (10) zur Erzeugung eines Steuersignals (16) zur Ansteuerung einer Pulsquellenanordnung (12) zur Erzeugung einer Pulsfolge (6) von Hochleistungspulsen (8a-e) zur Bestrahlung eines Ziels (4),

- wobei die Pulsquellenanordnung (12) wenigstens eine Pulsquelle (14a-c) enthält und zur Erzeugung der Pulsfolge (6) anhand des Steuersignals (16) eingerichtet ist,

- wobei jede der Pulsquellen (14a-c) zur Erzeugung der Hochleistungspulse (8a-e) eingerichtet ist,

- wobei jeder der Hochleistungspulse (8a-e) jeweils bekannte Pulseigenschaften (22a-c) aufweist,

- wobei die Pulsfolge (6) der Hochleistungspulse (8a-e) durch das Steuersignal (16) festgelegt ist

- wobei ein jeweiliger der potentiell in das Ziel (4) eingestrahlten Hochleistungspulse (8a-e) mit seinen Pulseigenschaften (22a-c) in diesem einen vermutlich zu erwartenden Eintrag (24a-c) anhand einer anzunehmenden Eintrageigenschaft (26a-c) des Ziels (4) verursacht,

- wobei jedem der Einträge (24a-c) in dem Ziel (4) eine vermutlich zu erwartende Dissipation (30a-c) anhand einer anzunehmenden Dissipationseigenschaft (32a-c) des Ziels (4) zugeordnet ist,

- mit einem Eingang (34) und / oder einem Speicher (36) für die bekannten Pulseigenschaften (22a-c) und die anzunehmenden Eintrageigenschaften (26a-c) und die anzunehmenden Dissipationseigenschaften (32a-c),

- mit einem Ausgang (18) für das Steuersignal (16),

- wobei die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, die Pulsfolge (6) der Hochleistungspulse (8a-e) derart zu ermitteln, dass basierend auf den Pulseigenschaften (22a-c) und den Eintrageigenschaften (26a-c) ein kumulierter Eintrag (38) in das Ziel (4) durch die eingestrahlten Hochleistungspulse (8a-e) zu erwarten ist, der derart größer ist als die basierend auf den Dissipationseigenschaften (32a-c) zu erwartende kumulierte Dissipation (40) im Ziel, dass sich eine Überschussskumulation (42) im Ziel (4) einstellt, gemäß der eine gewünschte Störung oder Zerstörung des Ziels (4) zu erwarten ist,

- wobei die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, das die ermittelte Pulsfolge (6) repräsentierende Steuersignal (16) zu erzeugen und am Ausgang (18) auszugeben.

2. Steuereinrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, die Pulsfolge (6) gemäß wenigstens einer Abstimmungsvorschrift (50) für die Hochleistungspulse (8a-e) zu ermitteln.

3. Steuereinrichtung (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** wenigstens eine der Abstimmungsvorschriften (50) die Vorgabe einer Pulswiederholrate und/oder einer Pulsanzahl und/oder einer Pulslänge und/oder eines maximalen zeitlichen Abstandes (T) zwischen zweien der Hochleistungspulse (8a-e) beinhaltet.

4. Steuereinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** wenigstens eine der Abstimmungsvorschriften (50) die Vorgabe einer Pulsform und/oder einer Pulssequenz von Hochleistungspulsen beinhaltet.

5. Steuereinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** wenigstens eine der Dissipationseigenschaften (32a-c) eine anzunehmende Eigenschaft über das Verhalten von Strom- und/oder Spannungsimpulsen (52) enthält, die von den Hochleistungspulsen (8a-e) im Ziel (4) bewirkt werden.

6. Steuereinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** wenigstens eine der Dissipationseigenschaften (32a-e) eine Eigenschaft über das anzunehmende Verhalten und/oder das Abklingen von Latenzeffekten (54) im Ziel (4) enthält.

7. Steuereinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** wenigstens eine der Dissipationseigenschaften (32a-e) sich auf eine anzunehmende Elektronikkomponente (28) des Ziels (4) bezieht.

8. Bestrahlungseinrichtung (2) zur Bestrahlung eines Ziels (4) mit einer Pulsfolge (6) von Hochleistungspulsen (8a-e),

- mit der Steuereinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- mit der Pulsquellenanordnung (12), die die wenigstens eine Pulsquelle (14a-c) enthält und die durch das von der Steuereinrichtung (10) am Ausgang (18) ausgegebene Steuersignal (16) angesteuert ist,

- wobei die Pulsquellenanordnung (12) dazu eingerichtet ist, die Hochleistungspulse (8a-e) in Form der durch das Steuersignal (16) reprä-

sentierten Pulsfolge (6) zu erzeugen und auf das Ziel (4) hin abzustrahlen.

9. Bestrahlungseinrichtung (2) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, 5
dass wenigstens eine der Pulsquellen (14a-c) eine HPM- oder HPEM-Quelle in Form einer NB- oder WB- oder UWB-Quelle ist.
10. Bestrahlungseinrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, 10
dass die Pulsquellenanordnung (12) wenigstens zwei unterschiedliche Pulsquellen (14a-c) enthält. 15
11. Bestrahlungseinrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Pulsquellenanordnung (12) wenigstens zwei Pulsquellen (14a-c) in Form eines verteilten Quellensystems (20) enthält. 20
12. Verfahren zur Erzeugung eines Steuersignals (16) zur Ansteuerung einer Pulsquellenanordnung (12) zur Erzeugung einer Pulsfolge (6) von Hochleistungspulsen (8a-e) zur Bestrahlung eines Ziels (4), mit Hilfe der Steuereinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder mit Hilfe der Bestrahlungseinrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem, 25
30
 - die Pulsquellenanordnung (12) wenigstens eine Pulsquelle (14a-c) enthält und die Pulsfolge (6) anhand des Steuersignals (16) erzeugen kann, 35
 - jede der Pulsquellen (14a-c) die Hochleistungspulse (8a-e) erzeugen kann,
 - wobei jeder der Hochleistungspulse (8a-e) jeweils bekannte Pulseigenschaften (22a-c) aufweist, 40
 - wobei die Pulsfolge (6) der Hochleistungspulse (8a-e) durch das Steuersignal (16) festgelegt wird,
 - wobei ein jeweiliger der potentiell in das Ziel (4) eingestrahlten Hochleistungspulse (8a-e) mit seinen Pulseigenschaften (22a-c) in diesem einen vermutlich zu erwartenden Eintrag (24a-c) anhand einer anzunehmenden Eintrageigenschaft (26a-c) des Ziels (4) verursacht, 45
 - wobei jedem der Einträge (24a-c) in dem Ziel (4) eine vermutlich zu erwartende Dissipation (30a-c) anhand einer anzunehmenden Dissipationseigenschaft (32a-c) des Ziels (4) zugeordnet wird, 50
 - die bekannten Pulseigenschaften (22a-c) und die anzunehmenden Eintrageigenschaften (26a-c) und die anzunehmenden Dissipationseigenschaften (32a-c) am Eingang (34) und / 55

oder dem Speicher (36) bereitgestellt werden,
- die Steuereinrichtung (10) die Pulsfolge (6) der Hochleistungspulse (8a-e) derart ermittelt, dass basierend auf den Pulseigenschaften (22a-c) und den Eintrageigenschaften (26a-c) ein kumulierter Eintrag (38) in das Ziel (4) durch die eingestrahlten Hochleistungspulse (8a-e) zu erwarten ist, der derart größer ist als die basierend auf den Dissipationseigenschaften (32a-c) zu erwartende kumulierte Dissipation (40) im Ziel, dass sich eine Überschusskumulation (42) im Ziel (4) einstellt, gemäß der eine gewünschte Störung oder Zerstörung des Ziels (4) zu erwarten ist,
- die Steuereinrichtung (10) das die ermittelte Pulsfolge (6) repräsentierende Steuersignal (16) erzeugt und am Ausgang (18) ausgibt.

13. Verfahren zur Bestrahlung eines Ziels (4) mit einer Pulsfolge (6) von Hochleistungspulsen (8a-e) mit Hilfe der Bestrahlungseinrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem,

- das Verfahren nach Anspruch 12 durchgeführt wird,
- die Pulsquellenanordnung (12), die die wenigstens eine Pulsquelle (14a-c) enthält, durch das von der Steuereinrichtung (10) am Ausgang (18) ausgegebene Steuersignal (16) angesteuert wird,
- die Pulsquellenanordnung (12) die Hochleistungspulse (8a-e) in Form der durch das Steuersignal (16) repräsentierten Pulsfolge (6) erzeugt und auf das Ziel (4) hin abstrahlt.

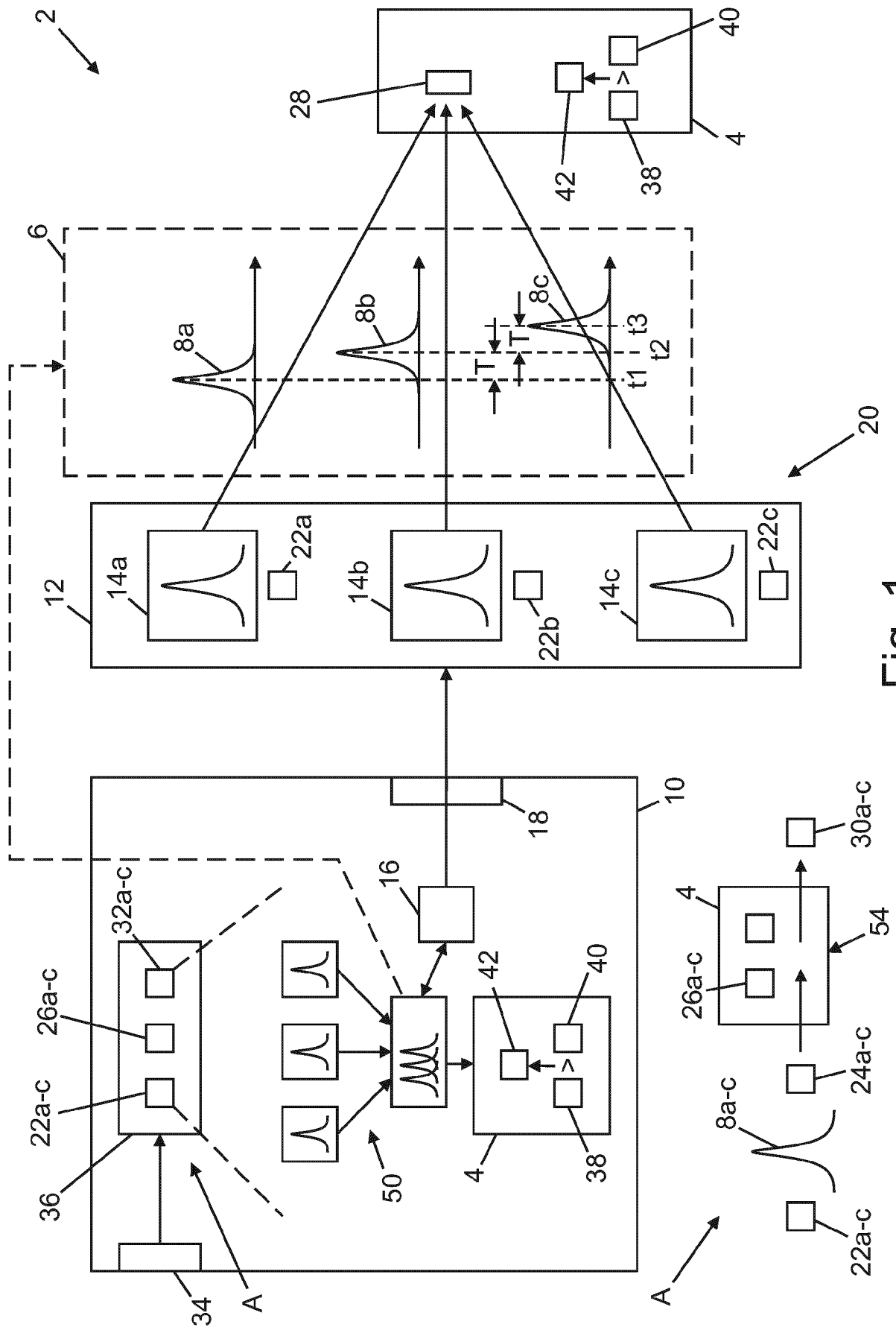


Fig. 1

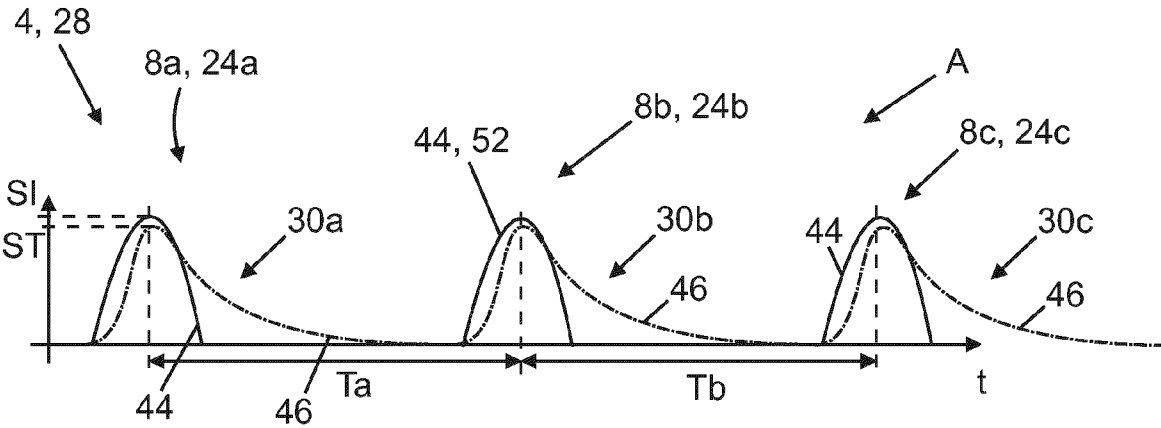


Fig. 2

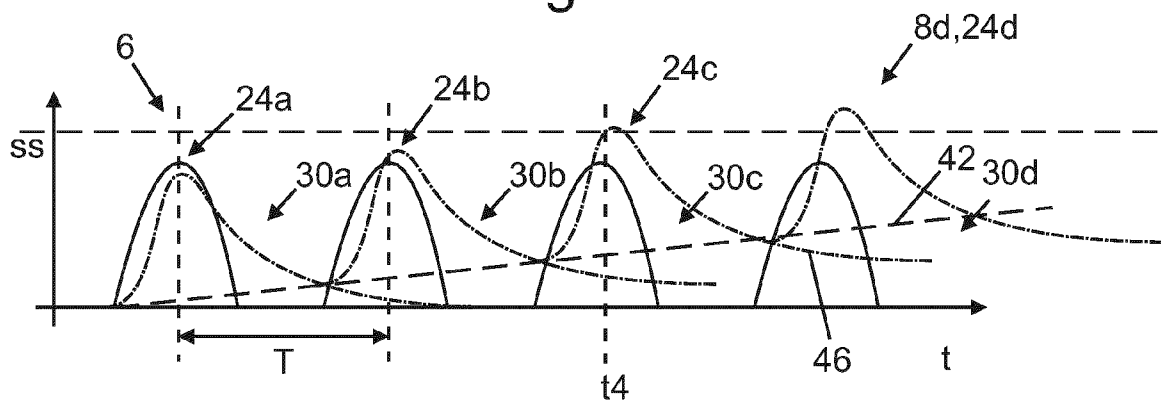


Fig. 3

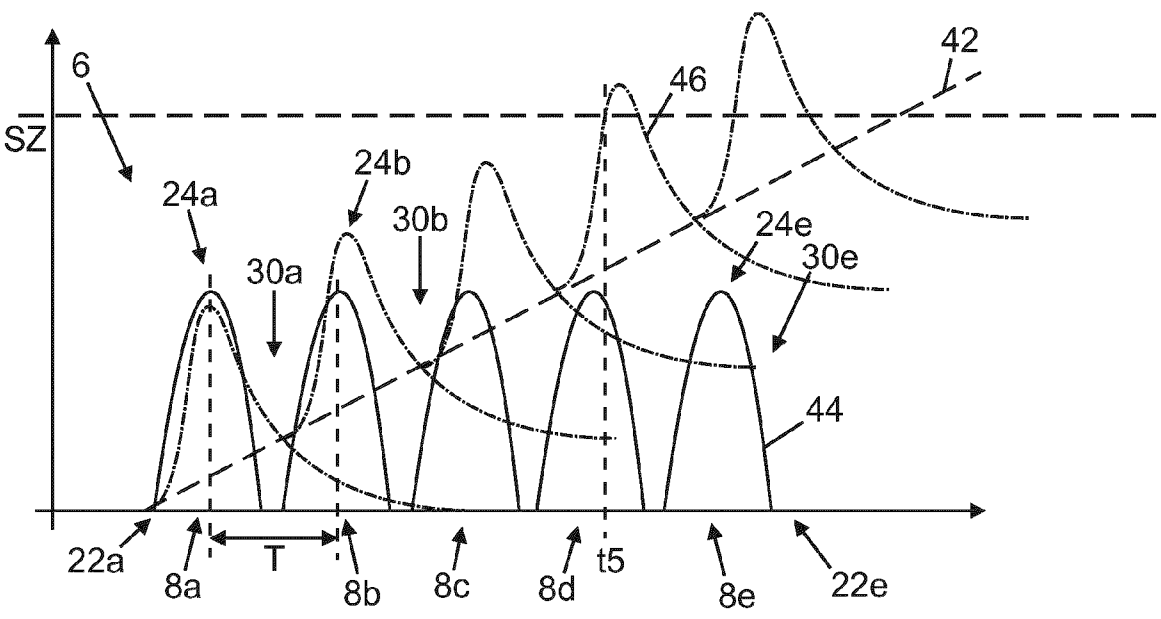


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 21 9299

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2006 041225 A1 (DIEHL BGT DEFENCE GMBH & CO KG [DE]) 20. März 2008 (2008-03-20) * Absätze [0018] - [0026], [0044], [0050], [0051]; Abbildungen 6, 8 * -----	1-13	INV. F41H13/00
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F41H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		30. April 2025	
Prüfer		Kasten, Klaus	
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	

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

EP 24 21 9299

5 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.

30-04-2025

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006041225 A1	20-03-2008	DE 102006041225 A1	20-03-2008
		EP 1895262 A2	05-03-2008
		US 2008174469 A1	24-07-2008

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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

- EP 3641056 A1 [0002]