



(11) **EP 2 530 064 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.12.2012 Patentblatt 2012/49

(51) Int Cl.:
C06C 15/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12004096.9**

(22) Anmeldetag: **26.05.2012**

(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: **03.06.2011 DE 102011103483**

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

(72) Erfinder: **Hahma, Arno, Dr.
91239 Henfenfeld (DE)**

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

(54) **Wirkmasse für ein beim Abbrand spektral strahlendes Infrarotscheinziel mit Raumwirkung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Wirkmasse für ein beim Abbrand spektral strahlendes pyrotechnisches Infrarotscheinziel mit Raumwirkung, umfassend einen Brennstoff, ein Oxidationsmittel, ein Bindemittel und einen Kohlenstoff enthaltenden Stoff, wobei der Brennstoff und das Oxidationsmittel so gewählt sind, dass das Oxidationsmittel den Brennstoff nach dessen Zündung in

einer exothermen Primärreaktion unter Entstehung einer Temperatur von mindestens 1000 K oxidieren kann, wobei der Stoff so gewählt ist, dass der Stoff durch die bei der Primärreaktion freiwerdende Wärme endotherm pyrolysiert wird.

EP 2 530 064 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wirkmasse für ein beim Abbrand spektral strahlendes pyrotechnisches Infrarotscheinziel mit Raumwirkung. Ein beim Abbrand spektral strahlendes pyrotechnisches Infrarotscheinziel emittiert beim Abbrand überwiegend Strahlung einer Wellenlänge von 3,5 bis 4,6 μm , d. h. eine Strahlung im sogenannten B-Band, und nur zu einem geringeren Teil Strahlung im Bereich einer Wellenlänge von 1,8 bis 2,6 μm , dem sogenannten A-Band. Das A-Band und das B-Band sind die Wellenlängen, die von herkömmlichen Suchköpfen erfasst werden. Bekannte spektral strahlende Wirkmassen für Schwarzkörperstrahler enthalten Nitrozellulose oder Ammoniumperchlorat oder Kaliumperchlorat und ein Bindemittel, wie Hydroxyl-terminiertes Polybutadien.

[0002] Wirkmassen mit Ammoniumperchlorat sind mechanisch und thermisch sehr empfindlich und erfüllen damit nicht die Kriterien einer insensitiven Munition. Splitterschlag, Brand und langsames Erhitzen können bei diesen Wirkmassen eine heftige Explosion auslösen. Die praktisch erreichbare Dichte dieser Wirkmassen beträgt maximal ca. 1500 kg/m^3 , so dass verhältnismäßig wenig davon in einem Scheinziel eines gegebenen Kalibers untergebracht werden kann. Ein weiterer Nachteil derartiger Wirkmassen besteht darin, dass Ammoniumperchlorat nur sehr eingeschränkt mit anderen Chemikalien und/oder Materialien verträglich ist. Dies führt einerseits zu Sicherheitsproblemen und andererseits dazu, dass eine Vielzahl wirksamer Anfeuerungssätze, z. B. auf Basis von Schwarzpulver, Magnesium oder Zirkonium, nicht verwendet werden können, weil diese in Kombination mit Ammoniumperchlorat, zu empfindlich wären. Ein weiterer Nachteil Ammoniumperchlorat enthaltender Wirkmassen besteht darin, dass deren Strahlungsleistung beim Abbrand verhältnismäßig gering ist und darüber hinaus sehr viel Strahlungsleistung als Funktion der Luftgeschwindigkeit verloren geht. Dadurch muss für die Simulation eines mit mehr als 150 m/s fliegenden Flugzeugs eine große Menge der Wirkmasse eingesetzt werden, um eine ausreichende Strahlungsleistung zu erzeugen. In der Praxis bedeutet dies, dass derartige Scheinziele ein verhältnismäßig großes Kaliber haben müssen und dadurch die in einem gegebenen Munitionsraum transportierbare Menge auf Grund des Platzbedarfs der Munition gering ist.

[0003] Nitrozellulose enthaltende Wirkmassen sind ebenfalls nicht insensitiv und können leicht explodieren. Weiterhin ist es nachteilig, dass solche Wirkmassen an sich nur bei geringer Windgeschwindigkeit brennen und zur Sicherstellung des Abbrands im Wind aufwändige Vorrichtungen erforderlich sind, die auf Grund ihres Platzbedarfs die effektiv in einem Scheinziel zu transportierende Wirkmasse verringern. Die Dichte einer Nitrozellulose enthaltenden Wirkmasse beträgt ebenfalls maximal etwa 1500 kg/m^3 . Ein wesentlicher Nachteil einer derartigen Wirkmasse besteht darin, dass deren Zündung einen starken Zündimpuls erfordert, der einen starken, oft nicht spektralen Blitz verursacht. Dieser Blitz kann einem Suchkopf verraten, dass es sich bei der abbrennenden Wirkmasse nur um ein Scheinziel handelt.

[0004] Keine der genannten Wirkmassen weist eine Raumwirkung auf, d. h. beim Abbrand einer sich bewegenden Wirkmasse erscheint diese für einen im B-Band sensitiven IR-Sensor als punktförmige Strahlenquelle und nicht wie ein Düsentriebwerk eines Flugzeugs mit Abgasfahne als punktförmige Strahlenquelle mit einem langen Schweif. Ein Raumeffekt kann zwar durch den Einsatz von rotem Phosphor in Wirkmassen erreicht werden, dieser Effekt ist jedoch stationär und ermöglicht es nicht, einem bildauflösenden Suchkopf ein fliegendes Düsenflugzeug vorzutauschen, wenn sich das Scheinziel in der Luft so schnell wie ein Düsenflugzeug bewegt.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Wirkmasse bereitzustellen, die beim Abbrand mit hoher Strahlungsleistung spektral strahlt, d. h. Strahlung im B-Band emittiert, die weit intensiver ist, als die beim Abbrand im A-Band emittierte Strahlung. Weiterhin soll die abbrennende Wirkmasse bei schneller Bewegung in der Luft eine starke Raumwirkung aufweisen, die den Abgasstrahl eines sich schnell bewegenden Flugzeugs nachbildet.

[0006] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 13.

[0007] Erfindungsgemäß ist eine Wirkmasse für ein beim Abbrand spektral strahlendes pyrotechnisches Infrarotscheinziel mit Raumwirkung vorgesehen. Die Wirkmasse umfasst einen Brennstoff, ein Oxidationsmittel, ein Bindemittel und einen Kohlenstoff enthaltenden Stoff. Dabei sind der Brennstoff und das Oxidationsmittel so gewählt, dass das Oxidationsmittel den Brennstoff nach dessen Zündung in einer exothermen Primärreaktion unter Entstehung einer Temperatur von mindestens 1000 K oxidieren kann. Für eine große Zahl bekannter Kombinationen aus einem Brennstoff und einem Oxidationsmittel sind Verbrennungstemperaturen bekannt. Soweit die entstehende Temperatur nicht bekannt ist, kann sie aus bekannten Verbrennungstemperaturen abgeschätzt und/oder ohne großen Aufwand durch Messung bei der Verbrennung ermittelt werden. Weiterhin ist der Stoff so gewählt, dass der Stoff durch die bei der Primärreaktion freiwerdende Wärme endotherm pyrolysiert wird und dabei an Luft, insbesondere mit nicht rußender Flamme, brennbares Gas freisetzt. Infrage kommende Stoffe sind dem Fachmann in großer Zahl bekannt. Insbesondere Naturstoffe, wie Holz oder Braunkohle, kommen dafür in Betracht. Für die Auswahl eines derartigen Stoffes ist das Fachwissen des Fachmanns ausreichend. Besteht bei einem mit hoher Wahrscheinlichkeit infrage kommenden Stoff Zweifel, ist die Durchführung eines einzigen Experiments ausreichend, um festzustellen, ob der Stoff bei der freiwerdenden Wärme unter Freisetzung eines an Luft brennbaren Gases pyrolysiert wird. Der Brennstoff ist nicht so stark reduzierend, dass entstehendes CO_2 zu Kohlenstoff reduziert werden kann. Der Stoff und dessen Mengenanteil an der Wirkmasse sind so gewählt, dass die Temperatur der Wirkmasse nach deren Zündung wegen des Wärmeentzugs durch die endotherm

erfolgende Pyrolyse 2000 K nicht übersteigt. Die Wirkmasse ist dabei so zusammengesetzt, dass sich bei deren Abbrand feste Bestandteile von der Wirkmasse lösen. Die Auswahl eines Stoffs aus den gemäß der obigen Bedingungen infrage kommenden Stoffe und dessen Mengenanteil an der Wirkmasse erfordert lediglich die Durchführung einer sehr begrenzten Zahl von Routineexperimenten. Die Ergebnisse der Routineexperimente, wie bspw. der gemessenen Temperatur der Wirkmasse nach deren Zündung, können vor Durchführung der Experimente anhand bekannter Größen des Stoffs, wie etwa des spezifischen Wärmebedarfs für dessen Pyrolyse, abgeschätzt werden. Eine präzisere Angabe der erfindungsgemäßen Merkmale ist ohne unbillige Einschränkung der Erfindung nicht möglich. Für den Durchschnittsfachmann stellt die durch die Merkmale spezifizierte Auswahl jedoch kein Problem dar.

[0008] Der Kohlenstoff kann in dem Stoff elementar oder in Form mindestens eines Kohlenstoffatoms in einem vom Stoff umfassten Molekül enthalten sein. Das Redoxpotential des Brennstoffs ist mindestens so hoch wie das Redoxpotential von Kohlenstoff, d. h. der Brennstoff ist höchstens so stark reduzierend wie Kohlenstoff. Das Redoxpotential darf jedoch auch etwas niedriger sein, so dass CO_2 zu CO reduziert wird, da CO in der Luft sofort zu CO_2 verbrennt, wobei eine große Flamme entsteht, die die Leistung und den Raumeffekt erhöht. Das bedeutet, dass die freie Enthalpie einer Reaktion des Brennstoffs mit CO bei der entstehenden Temperatur größer oder gleich 0 ist, eine Reaktion des Brennstoffs mit CO bei den gegebenen Bedingungen also nicht freiwillig abläuft. Entstehendes CO_2 , welches eine starke Strahlung im gewünschten B-Band erzeugt, kann nicht zu Kohlenstoff reduziert werden. Durch das Vermeiden der Entstehung elementaren Kohlenstoffs entsteht kein Ruß und dadurch auch wenig Schwarzkörperstrahlung, d. h. Strahlung mit einem hohen Anteil an Strahlung im A-Band und einem niedrigen Anteil an Strahlung im B-Band. Dadurch resultiert aus dem Kohlenstoff enthaltenden Stoff eine starke Emission von Strahlung im B-Band.

[0009] Der Brennstoff kann ebenfalls Kohlenstoff enthalten. Zumindest die stoffliche Beschaffenheit des Stoffs und des Brennstoffs können identisch sein. Bei identischer stofflicher Beschaffenheit kann der Stoff jedoch in einer anderen Form, beispielsweise als Komprimat in einer losen Schüttung des Brennstoffs, vorliegen. Selbst wenn der Brennstoff und der Stoff eine identische Beschaffenheit aufweisen, kann ein Teil davon als Brennstoff und der Rest als Stoff dienen, wenn die Menge des Oxidationsmittels nur für die Oxidation des als Brennstoff dienenden Teils ausreicht. Der Rest wird als Stoff pyrolysiert. Der Stoff und der Brennstoff können auch eine unterschiedliche stoffliche Beschaffenheit aufweisen.

[0010] Die Sauerstoffbilanz einer erfindungsgemäßen Wirkmasse ist im Allgemeinen negativ und dennoch wird durch die Vermeidung der Entstehung von Ruß eine intensive Strahlung im A-Band vermieden, die ansonsten bei sauerstoffunterbilanzierten Wirkmassen üblich ist. Ein Merkmal der erfindungsgemäßen Wirkmasse besteht darin, dass die Primärreaktion eine Temperatur erzeugt, die durch die endotherme Pyrolyse reduziert wird. Es findet eine räumliche Trennung der Primärreaktion und der Reaktion des Gases mit dem Luftsauerstoff statt.

[0011] Das bei der Pyrolyse entstehende Gas vergrößert eine entstehende Flamme, die aus einer von der Primärreaktion gebildeten Primärflamme und einer von der Reaktion des Gases mit Luftsauerstoff gebildeten Sekundärflamme bestehen kann. Unter Primärflamme wird eine Flamme verstanden, in der keine Reaktion mit dem Luftsauerstoff erfolgt, d. h. eine anaerobe Flamme. Unter Sekundärflamme wird eine Flamme verstanden, in der eine Reaktion mit Sauerstoff erfolgt, d. h. eine aerobe Flamme. Das freigesetzte brennbare Gas entzündet sich sofort, wenn es mit der Luft in Kontakt kommt, da es durch die Primärreaktion auf eine Temperatur oberhalb der Anzündtemperatur erhitzt wird. Dabei entsteht eine Sekundärflamme mit ähnlichen Eigenschaften wie eine Flamme aus einem Düsentriebwerk, die ebenfalls von brennbaren Gasen gebildet wird, die in der Luft brennen. Das Spektrum der Sekundärflamme ist ähnlich dem Spektrum einer Kerosinflamme. Durch die räumliche Trennung der Sekundärflamme von der Oberfläche der Wirkmasse wird diese Oberfläche nicht oder zumindest nicht wesentlich von der Sekundärflamme erwärmt und dadurch eine Verschiebung der Wellenlänge der von der Wirkmasse emittierten Strahlung vom B-Band hin zum A-Band vermieden.

[0012] Die sich von der Wirkmasse beim Abbrand lösenden festen Bestandteile der Wirkmasse können aus beim Abbrand gebildeter Schlacke bestehen. Sie können auch aus sich von einem Verbund der Wirkmasse lösenden Wirkmasseteilchen bestehen. Dazu kann die Wirkmasse z. B. in Form von Presslingen vorliegen, die in eine homogene Matrice weniger stark gebundener oder weniger stark verdichteter Wirkmasse eingebettet sind. Wie stark die Wirkmasse gebunden ist, hängt von der Menge, darin enthaltenen Bindemittels ab.

[0013] Bisher wurde angenommen, dass beim Abbrand spektral strahlende Wirkmassen keinesfalls feste Bestandteile in der Flamme haben sollen, da diese sonst zu glühen beginnen und Schwarzkörperstrahlung emittieren und dadurch das Spektralverhältnis in Richtung des A-Bands verschieben. Der Erfinder der vorliegenden Anmeldung hat jedoch festgestellt, dass dies nur dann der Fall ist, wenn der Feststoff so lange in der Flamme verbleibt, dass er dort stark erhitzt wird oder die Flamme so heiß ist, dass die durch die glühenden Teilchen erzeugte Schwarzkörperstrahlung viel Energie im A-Band aufweist (Ist die Primärflamme aber genügend kalt, kann sie die Teilchen nicht zu heiß erhitzen, wobei das Strahlungsmaximum der Schwarzkörperstrahlung innerhalb des B-Bandes liegt). Bei der erfindungsgemäßen Wirkmasse wird dies jedoch dadurch verhindert, dass sich die festen Bestandteile von der Wirkmasse lösen und dadurch relativ wenig erwärmt werden und einen relativ hohen Anteil an Strahlung im B-Band emittieren. Bisher wurde auch angenommen, dass Wirkmassen, bei denen sich Bestandteile lösen, mechanisch instabil seien. Erfindungsgemäß lösen sich die Bestandteile der Wirkmasse jedoch erst beim Abbrand. Die mechanische Stabilität der Wirkmasse vor dem Abbrand ist dadurch zumindest nicht wesentlich beeinflusst. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Schlacke nicht als Schmelze,

sondern als lockere Asche entsteht, weil diese in der Luft fein verteilt wird und auf ihrer Flugbahn unter Emission von Strahlung im B-Band nachglüht. Dabei entsteht ein starker spektraler dynamischer Raumeffekt. Ganz besonders effektiv ist dies, wenn entstehende Ascheteilchen noch einen Teil der Wirkmasse mit sich tragen, weil dadurch die Temperatur des gelösten festen Bestandteils durch die fortlaufende Primärreaktion länger aufrechterhalten bleibt. Dadurch wird der Raumeffekt verstärkt und starke Strahlung im B-Band emittiert.

[0014] Beim Verbrennen des entstehenden Gases an der Luft dient der Luftsauerstoff als weiteres Oxidationsmittel. Dadurch wird weniger Oxidationsmittel benötigt und die Leistung der erfindungsgemäßen Wirkmasse und das daraus erzeugbare Gasvolumen sind im Verhältnis zu ihrer Masse erheblich gegenüber den bisher bekannten, beim Abbrand spektral strahlenden pyrotechnischen Wirkmassen gesteigert. Bisherige Versuche zur Steigerung der Strahlungsleistung derartiger Wirkmassen beruhten stets auf Änderung des darin enthaltenen Brennstoffs und des darin enthaltenen Oxidationsmittels bzw. auf einer Änderung des Mengenverhältnisses von Brennstoff zu Oxidationsmittel. Die Versuche resultierten immer in der Erzeugung einer höheren Temperatur und damit in einer Verschiebung der Wellenlänge der emittierten Strahlung hin zum A-Band.

[0015] Dadurch, dass die erfindungsgemäße Wirkmasse kein Ammoniumperchlorat enthalten muss, kann die Wirkmasse so unempfindlich gestaltet werden, dass diese als insensitive Munition klassifiziert werden kann. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Wirkmasse besteht darin, dass diese aus sehr kostengünstigen Bestandteilen zusammengesetzt werden kann. Die Wirkmasse kann mit nahezu jedem Bindemittel gebunden werden. Beim Pressen der Wirkmasse müssen weder härtende Harze, wie HTPB (Hydroxyl-terminiertes Polybutadien) noch Lösemittel, beispielsweise zum Lösen von Nitrozellulose, verwendet werden. Die Herstellung und Verarbeitung der Wirkmasse ist dadurch deutlich vereinfacht und trägt dazu bei, deren Kosten gering zu halten.

[0016] Pro Masseeinheit kann mit der erfindungsgemäßen Wirkmasse ein größeres Gasvolumen erzeugt werden, als mit bekannten spektral strahlenden Wirkmassen, weil die erfindungsgemäße Wirkmasse weniger Oxidationsmittel enthält und den Luftsauerstoff zur Oxidation mitverwendet. Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen Wirkmasse besteht darin, dass das Strahlungsspektrum der abbrennenden und sich bewegenden Wirkmasse und die dadurch bewirkte erhebliche spektrale Raumwirkung sehr genau das Spektrum und die Raumwirkung eines sich bewegenden Düsen- triebwerks und der daraus ausgestoßenen heißen Abgasfahne nachbilden.

[0017] Vorzugsweise enthält die Wirkmasse inerte Bestandteile, insbesondere Sand oder ein, insbesondere bei 2000 K beständiges, Metalloxid, insbesondere Aluminiumoxid, Zirkoniumoxid, Magnesiumoxid, Titandioxid oder Eisenoxid, wobei die festen Bestandteile, die sich beim Abbrand der Wirkmasse von der Wirkmasse lösen, die inerten Bestandteile umfassen. "Inert" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Bestandteile bis zu einer Temperatur von 2000 K weder mit dem Oxidationsmittel noch mit dem Luftsauerstoff reagieren. Die Bestandteile werden jedoch durch die von der Primärflamme erzeugte Wärme zum Glühen gebracht und emittieren dadurch Strahlung, vor allem im B-Band.

[0018] Der Brennstoff kann elementaren Kohlenstoff, z. B. in Form von Grafit, Bor, Silizium, Schwefel, Antimon, Eisen, Mangan, Kobalt oder Nickel oder eine Mischung, z. B. aus Pulvern dieser Stoffe, oder eine Legierungen dieser Stoffe, umfassen. Die Reaktionsprodukte des Brennstoffs mit dem Oxidationsmittel sollten nicht flüchtig sein, da flüchtige Reaktionsprodukte eine sehr heiße Flamme und damit die Emission von Schwarzkörperstrahlung bewirken.

[0019] Vorzugsweise ist der Brennstoff so gewählt, dass er nach der Primärreaktion ein festes, also weder flüchtiges noch flüssiges, Reaktionsprodukt hinterlässt. Dabei kann es sich beispielsweise um Asche handeln. Durch das Freisetzen dieses Reaktionsprodukts beim Abbrand der Wirkmasse wird der spektrale Raumeffekt verstärkt. Nach der Primärreaktion einen festen Rückstand, d. h. ein festes Reaktionsprodukt hinterlassende Brennstoffe sind dem Fachmann in großer Anzahl bekannt. Das Oxidationsmittel kann ein Perchlorat, Chlorat, Oxid, Sulfat, Nitrat, Dinitramin, Nitrit, Peroxid, Dinitromethanat, insbesondere Natrium-, Kalium- oder Ammoniumdinitromethanat, eine Nitroverbindung, einen Nitrat- ester, Hexogen, Oktogen, Nitrozellulose oder Nitropenta umfassen.

[0020] Der durch die bei der Primärreaktion freiwerdende Wärme pyrolysierte Stoff kann Zucker, Holz, insbesondere in Form von Holzmehl oder Sägespänen, Getreidemehl, insbesondere Weizenmehl, Braunkohle, Torf, Zellulose, Stärke, Tabak, ein Oxalat, insbesondere Calciumoxalat, ein Formiat, insbesondere Magnesiumformiat, ein Acetats insbesondere Calciumacetat, ein Propionat, insbesondere Calciumpropionat, Polyethylenglycol, Polyoxymethylen, Polyamid, insbesondere Nylon®, Harnstoff, Hexamethylentetramin, Trioxan, Paraformaldehyd, Nitrozellulose, Hexogen, Oktogen, Dinitromethanat, insbesondere Natrium-, Kalium- oder Ammoniumdinitromethanat, oder Nitropenta umfassen. Der Brennstoff, das Oxidationsmittel und der Stoff können, je nachdem, wie die jeweils anderen Bestandteile der Wirkmasse gewählt sind, aus Gruppen ausgewählt sein, die identische organische Verbindungen umfassen. So kann z. B. Hexogen in Kombination mit einem Perchlorat ein Brennstoff sein, dagegen ist es ein Oxidationsmittel, wenn ein Metall als Brennstoff dient. Hexogen kann auch als beim Abbrand zu pyrolysierender Stoff dienen, beispielsweise wenn Perchlorat das Oxidationsmittel und ein Metall den Brennstoff bildet.

[0021] Vorzugsweise handelt es sich bei dem Brennstoff nicht um Schwefel, wobei jedoch Schwefel in der Wirkmasse enthalten ist. Der Schwefel kann verhindern, dass eine bei der Primärreaktion entstehende Primärflamme bei hoher Windgeschwindigkeit ausgeblasen wird.

[0022] Vorzugsweise sind der Brennstoff, das Oxidationsmittel und der Stoff und die Menge des Brennstoffs, des

Oxidationsmittels und des Stoffs so gewählt, dass bei einem Abbrand der Wirkmasse an der Luft das Verhältnis zwischen der spezifischen Leistung der emittierten Strahlung im Wellenlängenbereich von 1,8 bis 2,6 μm zur spezifischen Leistung der emittierten Strahlung im Wellenlängenbereich von 3,5 bis 4,6 μm höchstens 1:3, insbesondere höchstens 1:5, insbesondere höchstens 1:10, beträgt. Dabei ist das genannte Verhältnis umso kleiner, je geringer die Temperatur ist, die die Wirkmasse nach deren Zündung erreicht. Die Auswahl und die Mengenermittlung erfordert hier lediglich die Durchführung von Routineexperimenten. Da hier nur zwei Parameter gemessen werden müssen, nämlich die Leistung der Strahlung in den beiden Wellenlängenbereichen, kann der Fachmann schnell ermitteln, in welche Richtung er ein Mengenverhältnis ändern muss, um in den richtigen Bereich des Verhältnisses zwischen den beiden hier spezifizierten Leistungen zu gelangen. Vorzugsweise sind der Brennstoff, das Oxidationsmittel und der Stoff und die Mengen des Brennstoffs, des Oxidationsmittels und des Stoffs so gewählt, dass die Temperatur der Wirkmasse nach deren Zündung 1770 K, insbesondere 1270 K, insbesondere 970 K, nicht übersteigt. Wenn die Temperatur 970 K nicht übersteigt, liegt die Wellenlänge der emittierten Strahlung fast ausschließlich im B-Band und nur zu einem ganz geringen Anteil im A-Band.

[0023] Vorzugsweise ist das Bindemittel so gewählt, dass es beim Abbrand der Wirkmasse keine Rußbildung bewirkt. Derartige Bindemittel sind dem Fachmann bekannt. Soweit es für ein infrage kommendes Bindemittel nicht bekannt ist, ob es beim Abbrand Ruß erzeugt, genügt ein einfaches Experiment zur Klärung dieser Frage. Rußbildung würde zu einer hier nicht gewünschten stärkeren Strahlung im Bereich des A-Bands führen. Bei dem Bindemittel kann es sich z. B. um Polychloropren handeln.

[0024] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein mit einer für Aufnahmen im Wellenlängenbereich von 3 bis 5 μm ausgelegten Infrarotkamera aufgenommenes abbrennendes 36 mm-Scheinziel aus einer Wirkmasse gemäß dem Stand der Technik (nachfolgendes Beispiel Nr. 2) und

Fig. 2 ein mit derselben Kamera aufgenommenes 36 mm-Scheinziel aus einer erfindungsgemäßen Wirkmasse (nachfolgendes Beispiel Nr. 4).

[0025] Aus sämtlichen der im Folgenden angegebenen Zusammensetzungen wurden jeweils 5 Tabletten mit ca. 21 mm Durchmesser und einem Gewicht von 10 g bei einem Pressdruck von 1500 bar gepresst. Die Tabletten wurden abgebrannt und deren Leistung in Form von Strahlungsleistung mit einem Radiometer gemessen und für atmosphärische Dämpfung korrigiert. Die spezifische Leistung wurde im Verhältnis zur Leistung von Tabletten aus MTV (Magnesium-Teflon-Viton) als Standard bestimmt. Die Energie wurde jeweils in Joule/(g/sr) im B-Band im Standversuch, d. h. ohne Wind, gemessen. Zusätzlich wurden die Leistungen der als Scheinziele mit einem Kaliber von 36 mm ausgebildeten abbrennenden Wirkmassen auf einem Schlitten mit einer Geschwindigkeit von 75 m/s und 150 m/s dynamisch gemessen. Dabei wurden jeweils zwischen 120 und 170 g Wirkmasse eingesetzt.

[0026] Alle Daten sind, soweit nicht anders angegeben, in fünf parallelen Messreihen jeweils im Vergleich zu MTV mit dem Radiometer in einem Abstand von 1 m gemessen worden.

[0027] MTV-Standard:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent	Sonstiges
Magnesiumpulver	LNR 61	60,0	TMD=1893
Teflonpulver	Hoechst TF 9202	23,0	
Viton	3M Fluorel FC-2175	12,0	
Grafit (als Gleitmittel)	Merck	5,0	

Beispiel 1

[0028] Wirkmasse nach dem Stand der Technik auf Basis von Ammoniumperchlorat:

EP 2 530 064 A2

Stoff	Typ	Gewichtsprozent	Sonstiges
Ammoniumperchlorat	Körnung < 200 µm	86,98	TMD=1702
HTPB	Sartomer R45HT-M M=2800	12,10	
IPDI	Hüls	0,91	
Eisenacetonylacetat		0,02	

[0029] "IPDI" steht für Isophorondiisocyanat

Beispiel 2

[0030] Weitere Wirkmasse nach dem Stand der Technik auf Basis von Ammoniumperchlorat:

Stoff	Typ	Gewichtsprozent	Sonstiges
Ammoniumperchlorat	Körnung < 50 µm	85,50	TMD=1678
HTPB	Sartomer R45HT-M M=2800	13,47	
IPDI	Hüls	1,01	
Eisenacetonylacetat		0,02	

Beispiel 3

[0031] Erfindungsgemäße Wirkmasse mit Bor als Brennstoff, Kaliumnitrat als Oxidationsmittel und Braunkohle als zu pyrolysierenden Stoff:

[0032] Der Schwefel unterstützt die Primärreaktion bei hoher Windgeschwindigkeit, indem er dabei verhindert, dass die Primärflamme ausgeblasen wird. Die Wirkmasse erzeugt beim Abbrand bei Geschwindigkeiten von 75 m/s und 150 m/s einen ca. 30 m langen spektralen Raumeffekt.

Stoff	Typ	Gewichtsprozent	Sonstiges
Braunkohle	Heizprofi, fein gemahlen, Körnung < 100 µm	32,0	TMD=1712
Kaliumnitrat	fein gemahlen, Körnung < 10 µm	53,0	
Bor	Körnung < 1 µm	4,0	
Schwefel	fein gepulvert	8,0	
Chloropren	Macroplast	3,0	

Beispiel 4

[0033] Weitere erfindungsgemäße Wirkmasse mit Silizium als Brennstoff und ansonsten denselben Komponenten wie die Wirkmasse gemäß Beispiel 3:

[0034] Die Wirkmasse erzeugt beim Abbrand bei Geschwindigkeiten von 75 m/s und 150 m/s jeweils einen ca. 30 m langen Raumeffekt.

EP 2 530 064 A2

Stoff	Typ	Gewichtsprozent	Sonstiges
Braunkohle	Heizprofi, fein gemahlen, Körnung < 100 µm	30,0	TMD=1735
Kaliumnitrat	fein gemahlen, Körnung < 10 µm	51,0	
Silizium	fein, Körnung < 30 µm	8,0	
Schwefel	fein gepulvert	8,0	
Chloropren	Macroplast	3,0	

Beispiel 5

[0035] Weitere erfindungsgemäße Wirkmasse:

[0036] Die Primärreaktion erfolgt zwischen Natriumnitrat als Oxidationsmittel und Braunkohle als Brennstoff. Dabei nicht umgesetzte Braunkohle dient als zu pyrolysierender Stoff.

Stoff	Typ	Gewichtsprozent	Sonstiges
Braunkohle	Heizprofi, fein gemahlen, Körnung <100 µm	33,0	TMD=1750
Natriumnitrat	fein gemahlen, Körnung < 10 µm	56,0	
Schwefel	fein gepulvert	8,0	
Chloropren	Macroplast	3,0	

Beispiel 6

[0037] Weitere erfindungsgemäße Wirkmasse:

[0038] Diese Wirkmasse erreicht bei 0 m/s Wind 86 % der MTV-Leistung im B-Kanal und weist ein höheres Spektralverhältnis als die Braunkohlewirkmassen auf.

Stoff	Typ	Gewichtsprozent	Sonstiges
Holzmehl	Eichenstaub aus Dielenfußboden-Feinschliff mit Walzenschleifer, Körnung 100	30,0	TMD=1406
Kaliumnitrat	fein gemahlen, Körnung (d_{50}) < 10 µm	51,0	
Silizium	fein, Körnung < 30 µm	8,0	
Schwefel	fein gepulvert	8,0	
Polychloropren	Macroplast	3,0	

[0039] "TMD" steht jeweils für die theoretische mittlere Dichte der gesamten Wirkmasse in kg/m³.

[0040] Im Folgenden sind die mit den obigen Wirkmassen beim Abbrand erzielten relativen Leistungsdaten angegeben.

"% MTV" gibt dabei die gemessene Leistung als Prozent der für den MTV-Standard gemessenen Leistung an.

1. Strahlungsmessungen im Labor ohne Wind:

Satz	% MTV (B-Kanal)
Standard MTV	100
Beispiel 1	19
Beispiel 2	29

(fortgesetzt)

Satz	% MTV (B-Kanal)
Beispiel 3	84
Beispiel 4	82
Beispiel 5	87

2. Strahlungsmessung unter dynamischen Bedingungen bei 75 m/s Luftgeschwindigkeit:

Satz	% MTV (B-Kanal)
Standard MTV	100
Beispiel 1	49
Beispiel 2	75
Beispiel 3	137
Beispiel 4	166

3. Strahlungsmessungen unter dynamischen Bedingungen bei 150 m/s Luftgeschwindigkeit:

Satz	% MTV (B-Kanal)
Standard MTV	100
Beispiel 1	17
Beispiel 2	57
Beispiel 3	149
Beispiel 4	131

[0041] Alle Ergebnisse der Messung unter dynamischen Bedingungen sind jeweils ein Durchschnitt von 3 Parallelversuchen, welche mit Scheinzielen aus den jeweils angegebenen Wirkmassen mit einem Kaliber von 36 mm durchgeführt wurden.

[0042] Fig. 1 zeigt die abbrennende Wirkmasse gemäß Beispiel 2, welche mit einer Geschwindigkeit von 75 m/s bewegt wurde und in einem Abstand von 500 m mit einer im Bereich von 3 bis 5 μm empfindlichen Infrarot-Videokamera aufgenommen wurde. Das Scheinziel erscheint dabei als heller Punkt und weist keinen Raumeffekt auf.

[0043] Fig. 2 zeigt eine Wirkmasse gemäß Beispiel 4, welche mit einer Geschwindigkeit von 75 m/s bewegt wurde und ebenfalls im Abstand von 500 m mit der oben genannten Kamera aufgenommen worden ist. Das abbrennende Scheinziel ist sehr viel heller als das in Fig. 1 gezeigte Scheinziel und weist einen sehr starken Raumeffekt auf.

Patentansprüche

1. Wirkmasse für ein beim Abbrand spektral strahlendes pyrotechnisches Infrarotscheinziel mit Raumwirkung, umfassend einen Brennstoff, ein Oxidationsmittel, ein Bindemittel und einen Kohlenstoff enthaltenden Stoff, wobei der Brennstoff und das Oxidationsmittel so gewählt sind, dass das Oxidationsmittel den Brennstoff nach dessen Zündung in einer exothermen Primärreaktion unter Entstehung einer Temperatur von mindestens 1000 K oxidieren kann, wobei der Stoff so gewählt ist, dass der Stoff durch die bei der Primärreaktion freiwerdende Wärme endotherm pyrolysiert wird und dabei an Luft brennbares Gas freisetzt, wobei der Brennstoff nicht so stark reduzierend ist, dass entstehendes CO_2 zu Kohlenstoff reduziert werden kann, wobei der Stoff und dessen Mengenanteil an der Wirkmasse so gewählt sind, dass die Temperatur der Wirkmasse nach deren Zündung wegen des Wärmeentzugs durch die endotherm erfolgende Pyrolyse 2000 K nicht übersteigt, wobei die Wirkmasse so zusammengesetzt ist, dass sich bei deren Abbrand feste Bestandteile von der Wirkmasse lösen.

2. Wirkmasse nach Anspruch 1,

wobei der Brennstoff Kohlenstoff enthält.

3. Wirkmasse nach Anspruch 2,
wobei zumindest die stoffliche Beschaffenheit des Stoffs und des Brennstoffs identisch sind.

4. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Wirkmasse inerte Bestandteile, insbesondere Sand oder ein bei 2000 K beständiges Metalloxid, insbesondere Aluminiumoxid, Zirkoniumoxid, Magnesiumoxid, Titandioxid oder Eisenoxid, enthält und die festen Bestandteile die inerten Bestandteile umfassen.

5. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Brennstoff elementaren Kohlenstoff, Bor, Silizium, Schwefel, Antimon, Eisen, Mangan, Kobalt oder Nickel oder eine Mischung oder Legierung dieser Stoffe umfasst.

6. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Brennstoff so gewählt ist, dass er nach der Primärreaktion ein festes Reaktionsprodukt hinterlässt.

7. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Oxidationsmittel ein Perchlorat, Chlorat, Oxid, Sulfat, Nitrat, Dinitramin, Nitrit, Peroxid, Dinitromethanat, insbesondere Natrium-, Kalium- oder Ammoniumdinitromethanat, eine Nitroverbindung, einen Nitratester, Hexogen, Oktogen, Nitrozellulose oder Nitropenta umfasst.

8. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Stoff Zucker, Holz, insbesondere in Form von Holzmehl oder Sägespänen, Getreidemehl, insbesondere Weizenmehl, Braunkohle, Torf, Zellulose, Stärke, Tabak, ein Oxalat, insbesondere Calciumoxalat, ein Formiat, insbesondere Magnesiumformiat, ein Acetat, insbesondere Calciumacetat, ein Propionat, insbesondere Calciumpropionat, Polyethylenglycol, Polyoxymethylen, Polyamid, Harnstoff, Hexamethylentetramin, Trioxan, Paraformaldehyd, Nitrozellulose, Hexogen, Oktogen, Dinitromethanat, insbesondere Natrium-, Kalium- oder Ammoniumdinitromethanat, oder Nitropenta umfasst.

9. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Brennstoff nicht Schwefel ist, jedoch Schwefel in der Wirkmasse enthalten ist.

10. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Brennstoff, das Oxidationsmittel und der Stoff und die Mengen des Brennstoffs, des Oxidationsmittels und des Stoffs so gewählt sind, dass bei einem Abbrand der Wirkmasse an der Luft das Verhältnis zwischen der spezifischen Leistung der emittierten Strahlung im Wellenlängenbereich von 1,8 bis 2,6 μm zur spezifischen Leistung der emittierten Strahlung im Wellenlängenbereich von 3,5 bis 4,6 μm höchstens 1:3, insbesondere höchstens 1:5, insbesondere höchstens 1:10, beträgt.

11. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Brennstoff, das Oxidationsmittel und der Stoff und die Mengen des Brennstoffs, des Oxidationsmittels und des Stoffs so gewählt sind, dass die Temperatur der Wirkmasse nach deren Zündung 1770 K, insbesondere 1270 K, insbesondere 970 K, nicht übersteigt.

12. Wirkmasse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Bindemittel so gewählt ist, dass es beim Abbrand der Wirkmasse keine Rußbildung bewirkt.

13. Wirkmasse nach Anspruch 12,
wobei das Bindemittel Polychloropren ist.

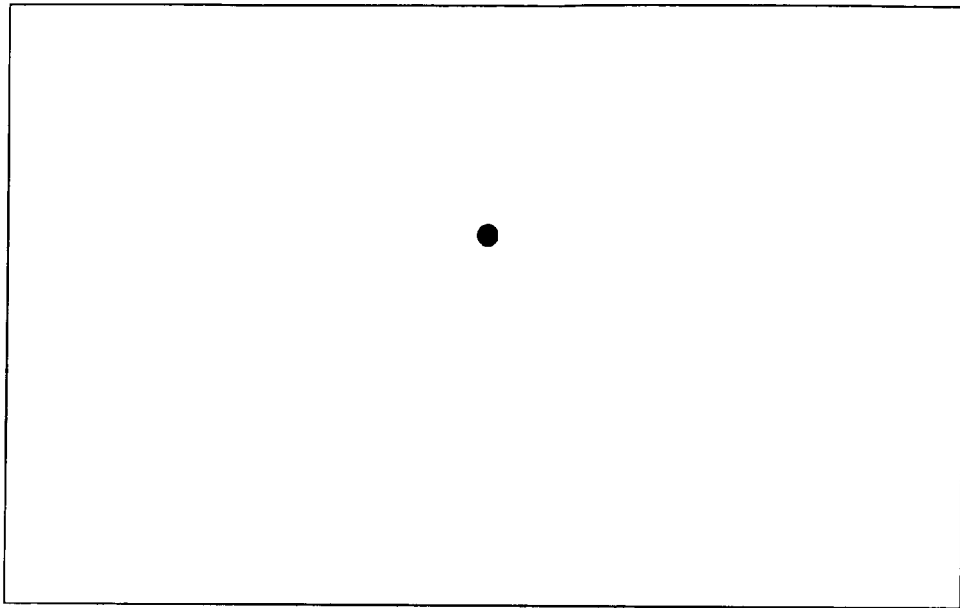


Fig. 1

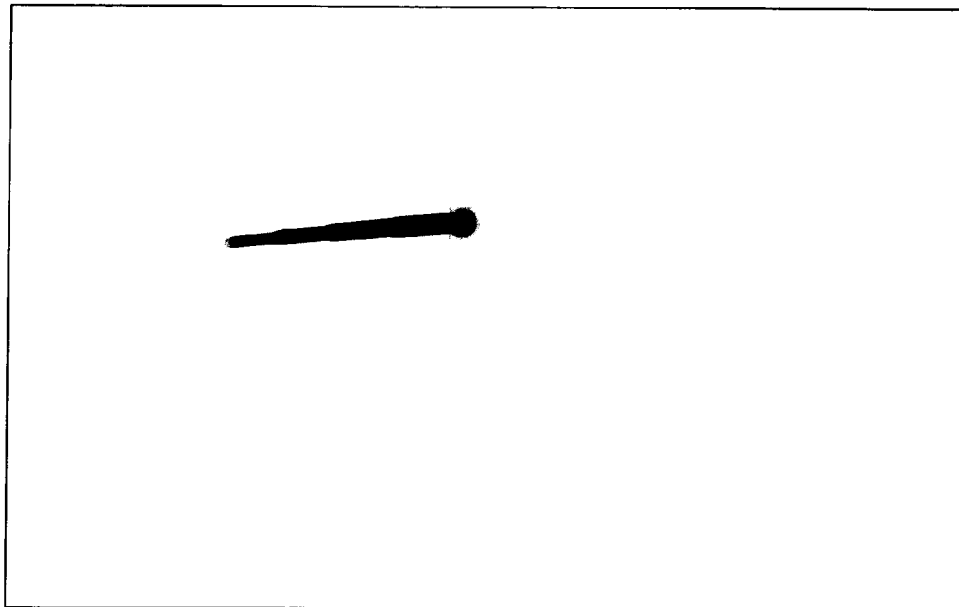


Fig. 2