

(19)



(11)

EP 2 549 220 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.01.2013 Patentblatt 2013/04

(51) Int Cl.:
F42B 3/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12004940.8**

(22) Anmeldetag: **04.07.2012**

(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

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

(72) Erfinder: **Brunner, Horst
90480 Nürnberg (DE)**

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

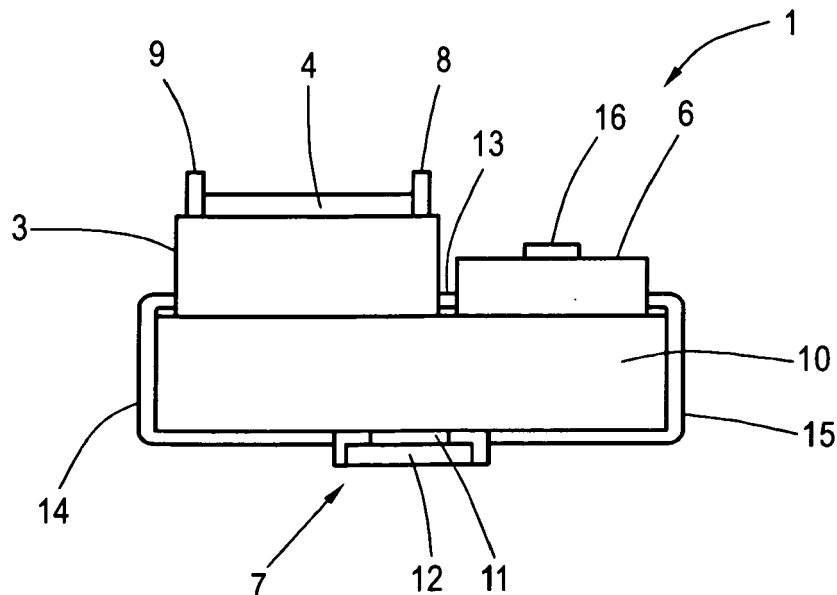
(30) Priorität: **19.07.2011 DE 102011108000**

(54) **EFI-Zündmodul**

(57) EFI-Zündmodul, umfassend einen Zündschaltkreis (2) mit einem Kondensator (3), einem Schaltelement (5) und einem EFI-Zündbauteil (7), wobei der Kon-

densator (3) zum Zünden des EFI-Bauteils (7) durch Schließen des Schaltelements (5) entladen wird, wobei das Schaltelement (5) ein SiC-Feldeffekttransistor (6) ist.

Fig. 2



EP 2 549 220 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein EFI-Zündmodul, umfassend einen Zündschaltkreis mit einem Kondensator, einem Schaltelement und einem EFI-Zündbauteil, wobei der Kondensator zum Zünden des EFI-Bauteils durch Schließen des Schaltelements entladen wird.

[0002] Solche EFI-Zündmodule (EFI = Exploding-Foil-Initiator) werden weltweit als elektrische Zünder in sicherheitsrelevanten Systemen wie insbesondere Waffensystemen eingesetzt. Zentrales Bauteil ist ein EFI-Zündbauteil, umfassend ein leitfähiges Element, das als Zündbrücke ausgeführt ist. Über dieses leitfähige Element wird zum Zünden ein im Zündschaltkreis befindlicher Kondensator entladen, was dazu führt, dass die Brücke, die eine Breite von wenigen Mikrometern, beispielsweise im Bereich von ca. 200 Mikrometern, besitzt, schlagartig verdampft, es kommt zur Plasmabildung. Über der Brücke befindet sich eine Folie, beispielsweise aus Kapton, aus welcher infolge der Brückenverdampfung ein Teil, der sogenannte "Flyer" herausgesprengt wird. Der Flyer wird durch die Umwandlung der elektrischen Energie in kinetische Energie extrem beschleunigt, er bewegt sich mit einer Geschwindigkeit im Bereich von km/s. Das Herauspressen des Flyers wird durch ein der Folie nachgeschaltetes Barrel, dem Abstandsstück mit einer Bohrung entsprechend dem Flyerdurchmesser, verursacht. Dem Barrel nachgeschaltet befindet sich ein Sprengstoffpressling, der beim Auftreffen des extrem schnellen Flyers durch die Stoßwelle zur Detonation gebracht wird. Der Aufbau und die grundsätzliche Funktionsweise eines solchen EFI-Zündbauteils ist bekannt.

[0003] Die Betätigung des EFI-Zündbauteils erfolgt wie beschrieben durch Entladung eines im Zündschaltkreis befindlichen Kondensators, wozu im Zündschaltkreis ein Schaltelement vorgesehen ist. Als ein solches wird üblicherweise ein Hochspannungsschalter mit einer triggerbaren Funkenstrecke (Spark-Gap) verwendet. Zum Betätigen des Schalters wird eine Schaltspannung im Bereich einiger kV an die Funkenstrecke gelegt, so dass es zu einem Funkenschlag über die Funkenstrecke und dadurch zu einer Kondensatorentladung kommt. In dem Moment liegt der Entladestrom, der mehrere 100 A, bisweilen weiter über 1000 A beträgt, am EFI-Zündbauteil an, so dass dieses zündet.

[0004] Neben dem Umstand, dass der verwendete Hochspannungsschalter einen Hochspannungspuls als Schaltsignal benötigt, ist ein weiterer Nachteil in seiner beachtlichen Baugröße gegeben. Übliche triggerbare Hochspannungsschalter, die in ein EFI-Zündmodul integriert werden können, besitzen in üblicher Weise aufgrund der Ausführung einen Durchmesser von ca. 10 mm bei einer Höhe von ca. 10 mm, bauen also beachtlich auf. Aus dieser Baugröße resultiert, dass das gesamte EFI-Zündmodul beachtlich groß ist, was zwangsläufig zu größeren Leitungsstrecken zwischen den einzelnen im Zündschaltkreis verbauten Elementen und damit zu höheren Widerständen im Gesamtsystem führt, die wieder-

um über den Kondensator, der entsprechend zu dimensionieren ist, auszugleichen sind.

[0005] Der Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, ein EFI-Zündmodul anzugeben, das demgegenüber verbessert ist und insbesondere in seiner Baugröße reduziert werden kann.

[0006] Zur Lösung dieses Problems ist bei einem EFI-Zündmodul der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Schaltelement ein SiC-Feldeffekttransistor ist.

[0007] Das erfindungsgemäße EFI-Zündmodul zeichnet sich dadurch aus, dass anstelle eines bisher verwendeten Hochspannungsschalters ein SiC-Feldeffekttransistor verwendet wird. Ein solcher SiC-Feldeffekttransistor ist ein extrem schneller Hochspannungs-Leistungstransistor, der sich durch eine sehr hohe Schaltgeschwindigkeit von mehr als 45 kV/ μ s auszeichnet. Es handelt sich um ein Halbleiterbauteil, dessen Funktion als Feldeffekttransistor bekannt ist. Zum Zünden ist lediglich eine relativ geringe Steuerspannung an den Gate-Eingang zu legen, um den Schaltvorgang auszulösen. Durch den Einsatz eines solchen extrem schnellen Halbleiterschalters ist es damit vorteilhaft möglich, die gesamte Baugröße des Moduls zu verkleinern, da der Schalter letztlich lediglich aus dem Halbleitermodul und den zugehörigen Anschlüssen besteht, so dass das gesamte EFI-Zündmodul in einer Baugröße deutlich reduziert werden kann. Diese Reduzierung der Baugröße führt dazu, dass zwangsläufig die Leitungslängen verkürzt werden können, womit eine Reduzierung der Leitungswiderstände einhergeht. Eine Reduzierung dieser Leitungswiderstände respektive der grundsätzlich über die Leitungen gegebenen Verluste bewirkt zusätzlich die Möglichkeit, den Kondensator zu verkleinern, so dass auch dieses Bauteil optimiert werden kann. Da der Kondensator wiederum verkleinert respektive optimiert ausgelegt werden kann, besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, die vorgelagerte Spannungserzeugung zum Laden des Kondensators anzupassen und zu optimieren.

[0008] Insgesamt lässt folglich die Verwendung des SiC-Feldeffekttransistors eine deutliche Verbesserung eines EFI-Zündmoduls insbesondere im Hinblick auf seine Baugröße zu, wie auch die Ansteuerung dieses Schaltelements vereinfacht wird.

[0009] Ein SiC-Feldeffekttransistor zeichnet sich im Übrigen durch einen sehr breiten Betriebstemperaturbereich aus, was insbesondere im Hinblick auf die Einsatzzwecke der EFI-Zündmodule im Bereich von Waffensystemen, die an sehr kalten und sehr heißen Orten eingesetzt werden, von Vorteil ist. Der verwendete SiC-Feldeffekttransistor wird bevorzugt so gewählt, dass sein Betriebstemperaturbereich von -40°C bis +100°C reicht, bevorzugt von -55°C bis +125°C, gegebenenfalls auch weiter.

[0010] Weiterhin zeichnet sich ein SiC-Feldeffekttransistor grundsätzlich durch eine sehr kurze Stromanstiegszeit aus, was ihn weiterhin für die erfindungsgemäße Verwendung in einem EFI-Zündmodul eignet. Der

verwendete Feldeffekttransistor wird bevorzugt so gewählt, dass seine Stromanstiegszeit im Bereich von 5 ns bis 100 ns liegt, sie sollte bevorzugt möglichst gering sein, mithin also eher im Bereich der unteren Intervallgrenze liegen. So kurze Stromanstiegszeiten ermöglichen einen extrem schnellen Stromanstieg, so dass ein extrem schneller und hoher Entladestrom im Kurzschlussfall fließen kann.

[0011] Eine besonders zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung sieht vor, den Kondensator, den SiC-Feldeffekttransistor und das EFI-Zündbauteil an einem gemeinsamen Träger anzuordnen. Die angestrebte Miniatürisierung, resultierend aus der Verwendung des sehr klein bauenden SiC-Feldeffekttransistors, ermöglicht es mit besonderem Vorteil, alle relevanten Komponenten des Zündschaltkreises auf einem gemeinsamen Träger anzuordnen, so dass dieses kleinbauende EFI-Zündmodul lediglich noch mit der der Kondensatorladung dienenden Spannungsgenerierung zu verbinden ist. Infolge der kompakten Anordnung auf einem gemeinsamen Träger kann eine hochgradige Kompaktierung und Verkürzung der Leiterbahnen mit den bereits eingangs beschriebenen Vorteilen erreicht werden.

[0012] Dabei ist gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, den Kondensator und den SiC-Feldeffekttransistor an der einen Seite des Trägers und das EFI-Zündbauteil an der anderen Seite des Trägers anzuordnen. Hieraus resultiert, dass das EFI-Zündmodul nicht allzu breit ist, da beide Trägerseiten bestückt werden. Das heißt, dass sich infolge des quasi teilweise axialen Aufbaus ein in seiner Breite sehr gering bemessenes Modul ergibt. Dieser beidseitige Aufbau am gemeinsamen Träger ermöglicht es ferner, die Kontaktierung der relevanten Bauteile durch eine einfache Kantenmetallisierung zu realisieren. Das heißt, dass der Kondensator und der SiC-Feldeffekttransistor, die an der einen Seite angeordnet sind und in entsprechender Weise miteinander verschaltet sind, über eine einfache die Trägerkanten übergreifende Metallisierung mit dem auf der anderen Seite befindlichen EFI-Zündbauteil verbunden sind. Hieraus resultieren zum einen sehr kurze Leitungsstrecken, die zum anderen derart dimensioniert werden können, dass sie die im Betrieb zu führenden Ströme ohne weiteres tragen.

[0013] Als Träger kann keramisches Material oder Kunststoff, beispielsweise ein Leiterplattenmaterial, verwendet werden. Bei der Wahl des Trägermaterials respektive der Trägerauslegung ist lediglich darauf zu achten, dass der Träger eine hinreichende Abstützung für das EFI-Zündbauteil bietet, derart, dass der beim Zünden herausgesprengte Flyer seine gesamte kinetische Energie tatsächlich in die nachgeschaltete Sprengladung einträgt, und diese nicht zum Teil auf den Träger übertragen wird. Insbesondere Träger aus keramischem Material bieten eine hervorragende Abstützung, bei gleichzeitig geringer Dicke.

[0014] Der Träger selbst ist bevorzugt als runde Scheibe ausgeführt, so dass er in einen entsprechenden rota-

tionssymmetrischen Aufnahmeaum oder dergleichen im Montagefall eingesetzt werden kann.

[0015] Schließlich ist ferner wenigstens ein Entladewiderstand, ein sogenannter Bleeder-Widerstand vorgesehen, über den der Kondensator entladen wird. Ein solcher Entladewiderstand kann entweder direkt am Kondensator angeordnet sein, das heißt, er wird vom Kondensator getragen, alternativ kann er auch am Träger an derselben Seite, an der auch der Kondensator vorgesehen ist, angeordnet sein.

[0016] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung des Schaltungsaufbaus des erfindungsgemäßen EFI-Moduls, und

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung eines erfindungsgemäßen EFI-Zündmoduls.

[0017] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes EFI-Zündmodul 1 mit seinem Zündschaltkreis 2. Der Zündschaltkreis 2 umfasst einen Kondensator 3, der als Zündkondensator eine möglichst geringe Induktivität aufweisen sollte, sie sollte im Bereich von 10 bis 50 nH liegen. Seine Kapazität sollte ebenfalls möglichst klein sein, bevorzugt kleiner 0,2 μF bei einer Ladespannung im Bereich um ein kV.

[0018] Dem Kondensator 3 vorgeschaltet ist im gezeigten Beispiel ein Entladewiderstand 4, auch Bleeder-Widerstand genannt, wobei bei Bedarf auch mehrere Entladewiderstände vorgesehen sein können.

[0019] Weiterhin umfasst der erfindungsgemäße Zündschaltkreis 2 ein Schaltelement 5 in Form eines SiC-Feldeffekttransistors 6. Dieser SiC-Feldeffekttransistor sollte eine extrem niedrige Stromanstiegszeit aufweisen, bevorzugt im Bereich von 5 ns bis 100 ns, vorzugsweise im Bereich der unteren Intervallgrenze. Ihm nachgeschaltet ist ein EFI-Bauteil 7, das beim Schließen des Schaltelements 5, also beim Ansteuern des SiC-Feldeffekttransistors 6, gezündet wird.

[0020] Vorgesehen sind ferner die beiden Anschlüsse 8, 9 zum Koppeln des Kondensators 3 mit der Spannungsgenerierungsschaltung, wie auch ein Steueranschluss 16 zum Ansteuern des SiC-Feldeffekttransistors 6. Soll das EFI-Zündbauteil 7 gezündet werden, so wird der SiC-Feldeffekttransistor entsprechend angesteuert, damit der Kondensator 3, der zuvor aufgeladen wurde, über den SiC-Feldeffekttransistor entladen werden kann und das EFI-Zündbauteil in der einleitend beschriebenen Weise zünden kann.

[0021] Fig. 2 zeigt in Form einer Prinzipdarstellung den Aufbau des EFI-Zündmoduls 1. Auf einem Träger 10, beispielsweise einer runden Scheibe aus keramischem Material, ist an der einen Seite der Kondensator 3 und auf diesem der Entladewiderstand 4 sowie der SiC-Feldeffekttransistor 6 angeordnet. An der gegenüberliegen-

den Seite ist das EFI-Zündbauteil 7 vorgesehen, mit seiner Zündbrücke 11 und der darüber befindlichen Folie 12, aus der im Zündfall der Flyer herausgesprengt wird. Weitere Teile des EFI-Zündbauteils 7 sind, da entbehrlich, hier nicht näher gezeigt.

[0022] Infolge dieses beidseitigen Aufbaus, bei dem also an den beiden Seiten des Trägers 10 entsprechende Bauelemente vorgesehen sind, ist es möglich, die Leiterlängen zum Verbinden der einzelnen Bauelemente sehr kurz auszuführen. Der Kondensator 3 und der SiC-Feldeffekttransistor 6 sind, da unmittelbar benachbart, über eine sehr kurze Leitungsverbindung 13 zu koppeln. Der Entladewiderstand 4 ist unmittelbar zwischen die Anschlüsse 8, 9 geschaltet. Zur Verbindung des Kondensators 3 und des SiC-Feldeffekttransistors 6 mit dem EFI-Zündbauteil 7 sind Kantenmetallisierungen 14, 15 vorgesehen, die um die Trägerkanten gezogen und zum EFI-Zündbauteil 7 geführt sind. Die Breite des Trägers ist so bemessen, dass die Anschlusspunkte des Kondensators 3 und des SiC-Feldeffekttransistors 6 möglichst kantennah sind, so dass letztlich an dieser Seite nur extrem kurze Leitungslängen gegeben sind. Ist der Träger hinreichend dünn, so ist auch die Kantenlänge gering, so dass letztlich lediglich die Strecke, die die Metallisierung an der Seite, an der das EFI-Zündbauteil 7 angeordnet ist, verläuft, quasi längen bestimmend ist. Das heißt, dass insgesamt extrem kurze Leiterstrecken gegeben sind. Dies führt dazu, dass die gesamte Verschaltung sehr niederohmig ist, mithin also der Widerstand hierüber sehr gering ist. Dies wiederum ermöglicht es, den Kondensator 3, über den etwaige aus einem höheren Leitungswiderstand resultierende Verluste aufzufangen sind, optimiert auszulegen, er kann insgesamt aufgrund der Optimierung der Leitungslängen verkleinert werden.

[0023] Insgesamt ergibt sich ein sehr kompakter, kleinformatiger Aufbau, verbunden mit einem einfachen Ansteuern des Schaltelements 5, hier also des SiC-Feldeffekttransistors 6 über eine relativ geringe Steuerspannung und einer extrem schnellen Stromanstiegszeit, so dass also sehr schnell geschaltet und das EFI-Zündbauteil extrem schnell gezündet werden kann.

Patentansprüche

1. EFI-Zündmodul, umfassend einen Zündschaltkreis mit einem Kondensator, einem Schaltelement und einem EFI-Zündbauteil, wobei der Kondensator zum Zünden des EFI-Bauteils durch Schließen des Schaltelements entladen wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaltelement (5) ein SiC-Feldeffekttransistor (6) ist.
2. EFI-Zündmodul nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass der SiC-Feldeffekttransistor (6) einen Betriebstemperaturbereich von -40°C bis +100°C, vorzugsweise von -55°C bis +125°C aufweist.

3. EFI-Zündmodul nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der SiC-Feldeffekttransistor (6) eine Stromanstiegszeit im Bereich von 5ns bis 100ns aufweist.
4. EFI-Zündmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kondensator (3), der SiC-Feldeffekttransistor (6) und das EFI-Zündbauteil (7) an einem gemeinsamen Träger (10) angeordnet sind.
5. EFI-Zündmodul nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kondensator (3) und der SiC-Feldeffekttransistor (6) an der einen Seite des Trägers (10) und das EFI-Zündbauteil (7) an der anderen Seite des Trägers (10) angeordnet sind.
6. EFI-Zündmodul nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kondensator (3) und der SiC-Feldeffekttransistor (6) mit dem EFI-Zündbauteil (7) über eine die Kanten des Trägers (10) umgreifende Metallisierung (14, 15) verbunden sind.
7. EFI-Zündmodul nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Träger (10) aus einem keramischen Material oder einem Kunststoff, insbesondere einem Leiterplattenmaterial besteht.
8. EFI-Zündmodul nach einem der Ansprüche 4 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Träger (10) als runde oder rechteckige Scheibe ausgeführt ist.
9. EFI-Zündmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ferner wenigstens ein Entladewiderstand (4) vorgesehen ist, der entweder direkt am Kondensator (3) oder am Träger (10) an derselben Seite, an der auch der Kondensator (3) vorgesehen ist, angeordnet ist.

Fig. 1

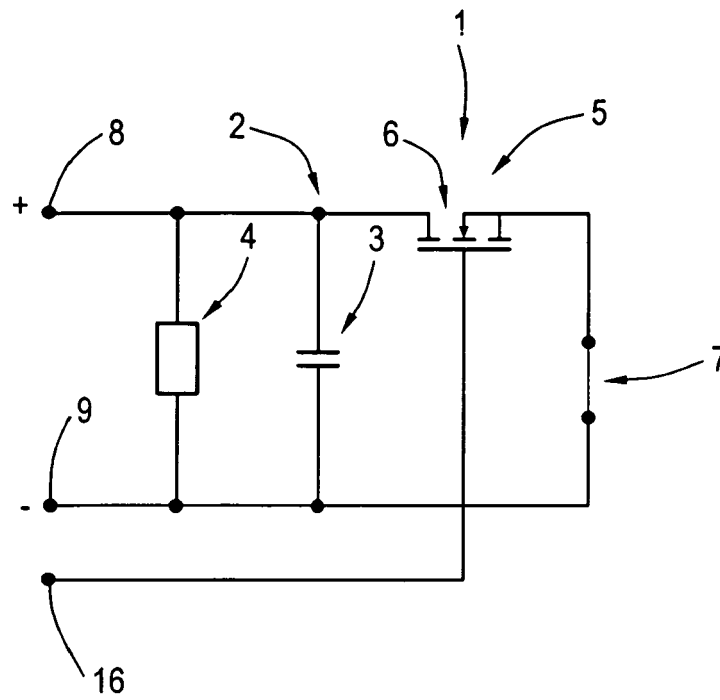
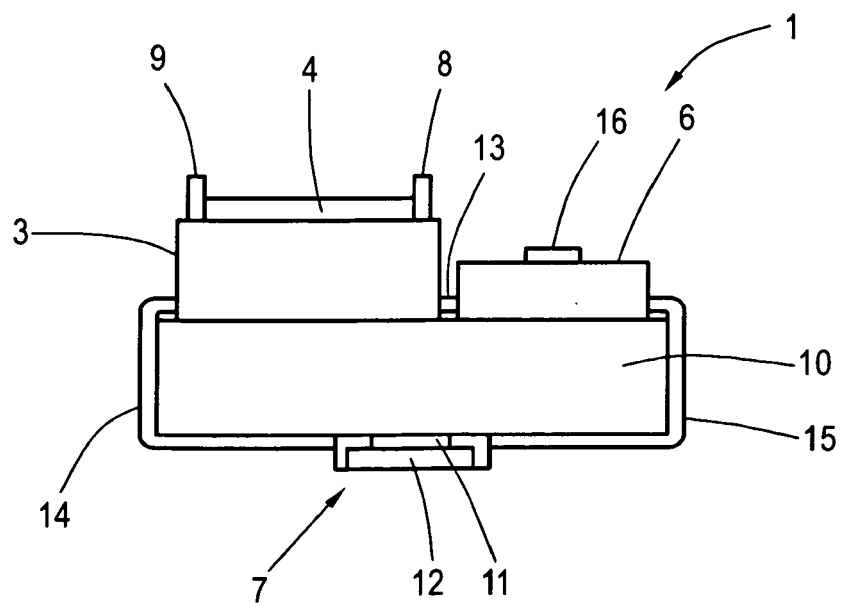


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 00 4940

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2005/178282 A1 (BROOKS JAMES E [US] ET AL) 18. August 2005 (2005-08-18) * Absätze [0026] - [0053]; Abbildungen 2-4 *	1-9	INV. F42B3/12
X	US 2005/183607 A1 (CHASE JAY B [US] ET AL) 25. August 2005 (2005-08-25) * Absätze [0033] - [0038]; Abbildung 2 *	1-3	
A	US 6 752 083 B1 (LERCHE NOLAN C [US] ET AL) 22. Juni 2004 (2004-06-22) * Spalte 2, Zeile 63 - Spalte 5, Zeile 55; Abbildungen 2-4,9 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F42B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 5. November 2012	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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 00 4940

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.

05-11-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005178282 A1	18-08-2005	CA 2497099 A1	19-08-2005
		FR 2866703 A1	26-08-2005
		GB 2411222 A	24-08-2005
		RU 2295694 C2	20-03-2007
		US 2005178282 A1	18-08-2005
		US 2012168226 A1	05-07-2012
-----	-----	-----	-----
US 2005183607 A1	25-08-2005	KEINE	
-----	-----	-----	-----
US 6752083 B1	22-06-2004	KEINE	
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0461

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