

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 443 298 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

04.08.2004 Patentblatt 2004/32(51) Int Cl.7: **F42B 3/12**(21) Anmeldenummer: **04100151.2**(22) Anmeldetag: **19.01.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK(30) Priorität: **28.01.2003 AT 1172003**(71) Anmelder: **Hirtenberger-Schaffler Automotive****Zünder GesmbH****2552 Hirtenberg (AT)**(72) Erfinder: **Forsthuber, Markus, Ing.****2512 Oyenhausen (AT)**(74) Vertreter: **Müllner, Erwin, Dr. et al****Weihburggasse 9****Postfach 159****1014 Wien (AT)****(54) Heizelement zum Zünden pyrotechnischer Ladungen**

(57) Das Heizelement zum Zünden pyrotechnischer Ladungen besteht aus einem Grundkörper, einer strukturierten Widerstandsschicht, die auf dem Grundkörper angeordnet ist, und Kontaktfeldern, die überlappend auf den beiden Enden der Widerstandsbahn angeordnet sind. Erfindungsgemäß beträgt die Masse $1,0 \cdot 10^{-9}$ kg bis $4,0 \cdot 10^{-9}$ kg, der spezifische Widerstand von $1 \cdot 10^{-6}$ Ohm·m bis $2 \cdot 10^{-6}$ Ohm·m und die spezifische Wärme-

kapazität des Heizelements von 100 W/(kg·K) bis 400 W/(kg·K). Das Heizelement hat relativ große Masse und relativ hohen spezifischen Widerstand, was die Empfindlichkeit auf elektromagnetische Störungen verringert. Die Widerstandsschicht kann aus gesinterter Ag/Pd-Widerstandspaste oder gesinterter Ag/Au/Pd-Widerstandspaste oder aus gesinterter Pt/W-Widerstandspaste bestehen. Die Kontaktfelder können aus gesinterter AgPd oder AgPt-Dickschichtleiterpaste bestehen.

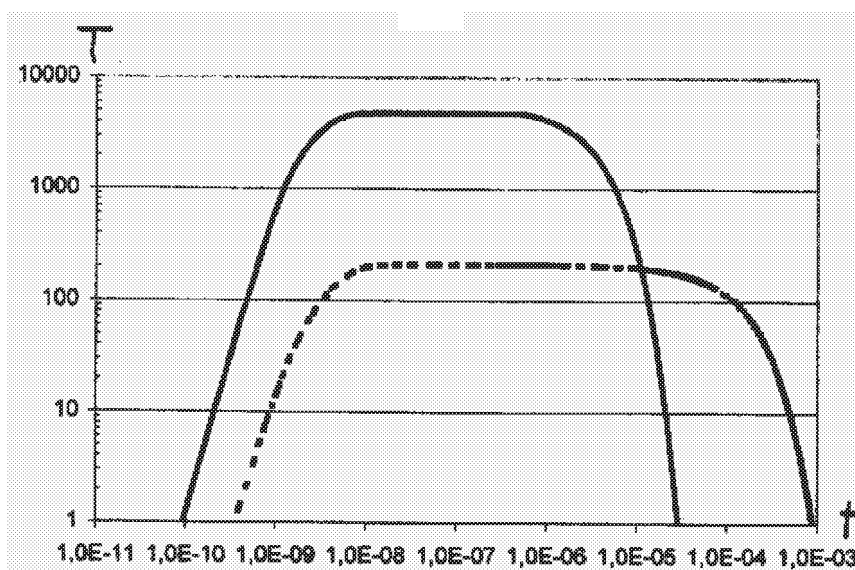


Fig. 1

EP 1 443 298 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Heizelement zum Zünden pyrotechnischer Ladungen bestehend aus einem Grundkörper, einer strukturierten Widerstandsschicht, die auf dem Grundkörper angeordnet ist, und Kontaktfeldern, die überlappend auf den beiden Enden der Widerstandsbahn angeordnet sind. Sie betrifft weiters ein Verfahren zur Herstellung eines Heizelements, bei dem gegebenenfalls zunächst Glas oder Glaskeramik mittels Siebdruckverfahrens auf einen Grundkörper gedruckt wird und danach getrocknet und gesintert wird, wobei diese Schritte wiederholt werden, bis die gewünschte Gesamtschichtstärke erreicht ist; wobei danach die Widerstandspaste mittels Siebdruckverfahrens auf das Glaskeramiksубstrat bzw. Beschichtung gedruckt wird und danach getrocknet und gesintert wird; und wobei danach die Leiterpaste als Kontaktierung mittels Siebdruckverfahrens überlappend über die Widerstandsbahn gedruckt wird und danach getrocknet und gesintert wird.

[0002] Die Fa. Dynamit Nobel AG stellt seit vielen Jahren Heizelemente in Schichttechnik (Dünnschicht, aufgesputtert) für Zünder im militärischen Einsatz und den Bergbau her (DE 2020016 A1). Diese Art von Heizelement kann im automotiven Bereich nur mit Zusatzaufwand (externe Beschaltung) eingesetzt werden.

[0003] Von der Fa. LifeSparc Inc. und der Auburn University wurde ebenfalls ein Heizelement in Schichttechnik (Dünnschicht, aufgesputtert) auf einem Halbleitersubstrat vorgestellt (US 4708060 A und US 4976200 A). Auch hier muss ein Zusatzaufwand (externe Beschaltung mit Dioden im Halbleitersubstrat) das Heizelement gegen äußere Einflüsse schützen, will man es im automotiven Bereich einsetzen.

[0004] In dem gattungsbildenden Patent der Fa. Schaffler & Co. (AT 405591 B) wird ein Heizelement in Dickschichttechnik vorgestellt. Dieses kann bei entsprechender Anwendung zum Anzünden pyrotechnischer Sätze verwendet werden, erfüllt aber ohne Zusatzaufwand (externe Beschaltung) ebenfalls nicht die geforderten Spezifikationen der Automobilindustrie in Hinblick auf ESD (Elektrostatic Discharge) und Transient Puls bei gleichzeitiger Einhaltung des geforderten elektrischen Widerstandes (z.B. $2\ \Omega$) sowie der Zündverzugszeit (z.B. höchstens 2 ms).

[0005] Die zu erfüllenden Spezifikationen sind z.B. die USCAR (Chrysler, General Motors und Ford) sowie die VW80150 (Volkswagen). Neben den Forderungen der Umweltsimulation (Klima-Wechseltests und mechanische Belastung) sind für das Heizelement die elektrischen Anforderungen (Empfindlichkeit beim Zünden und Widerstandsfähigkeit gegenüber Störpulsen) von größter Bedeutung. Diese Prüfungen sind an Zündern durchzuführen (Heizelement mit pyrotechnischem Satz gemäß Anforderungen der Automobilindustrie verbaut).

[0006] Die Empfindlichkeit beim Zünden wird durch sogenannte "All-Fire"- und "No-Fire"-Tests bestimmt (z.B. Bruceton, Logit, Run-Down). Beim "All-Fire"-Test muß der Zünder mit einem Konstantstimpuls von 1,2 A über 2 ms zünden (mit einer bestimmten statistischen Wahrscheinlichkeit). Beim "No-Fire"-Test darf der Zünder mit einem Konstantstimpuls von 0,5 A über 10 s nicht zünden (mit einer bestimmten statistischen Wahrscheinlichkeit).

[0007] Wenn der Zünder mit den vorgeschriebenen Störpulsen beaufschlagt wird, darf es zu keiner Zündung kommen. Störpulse sind vorgegebene Energiemengen, welche innerhalb einer definierten Zeit und mit einer bestimmten Wiederholfrequenz eingebracht werden.

[0008] Beispiel ESD-Störpuls nach USCAR: Kondensator mit 150 pF auf 25 kV geladen über einen Vorwiderstand mit $500\ \Omega$ über den Zünder mit verbautem Heizelement ($2\ \Omega$) entladen.

[0009] Beispiel Transient Puls nach USCAR: Strompulse mit 5,3 A, einer Pulsdauer von 4 μ s (Anstiegszeit 1 μ s, Abklingzeit 3 μ s) und einem Tastverhältnis 1:1000 über 24 h auf den Zünder mit verbautem Heizelement ($2\ \Omega$) eingebracht.

[0010] Das Problem bei Zündern mit all diesen bekannten Heizelementen ist, dass sie diese Spezifikationen nur mit zusätzlicher Elektronik erfüllen. Bisher gibt es noch kein Heizelement in Schichttechnik (Dickschicht, Dünnschicht, Halbleiter), welches die Anforderungen der Automobilindustrie gemäß Spezifikation ohne Zusatzaufwand (externe Beschaltung) erfüllt.

[0011] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Heizelement in Schichttechnik zu schaffen, sodass ein damit ausgestatteter Zünder ohne zusätzliche Elektronik im automotiven Bereich eingesetzt werden kann.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Heizelement der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Masse des Heizelements von $1,0 \cdot 10^{-9}$ kg bis $4,0 \cdot 10^{-9}$ kg, der spezifische Widerstand von $1 \cdot 10^{-6}\ \Omega$ m bis $2 \cdot 10^{-6}\ \Omega$ m und die spezifische Wärmekapazität des Heizelements von 100 W/(kg·K) bis 400 W/(kg·K) beträgt.

[0013] Der wesentliche Unterschied zu dem Heizelement gemäß der AT 405591 B ist, dass die Masse wesentlich größer (mehr als 10 Mal) und der spezifische Widerstand wesentlich ebenfalls wesentlich höher ist (mehr als 20 Mal). Auf diese Weise ergibt sich ein ähnlicher Gesamtwiderstand (der von der Automobilindustrie vorgegeben ist), aber auf Grund der höheren Masse erhöht sich die Temperatur des Heizelements weniger, wenn durch Einstreuungen Energie im Heizelement freigesetzt wird, sodass sich die pyrotechnische Ladung nicht entzünden kann bzw. das Heizelement nicht zerstört werden kann.

[0014] Vorzugsweise beträgt der Querschnitt des Heizelements $3,5 \cdot 10^{-10}\ \text{m}^2$ bis $7,0 \cdot 10^{-10}\ \text{m}^2$. Dieser Querschnitt ist günstig, um übliche Widerstandswerte, z.B. $2\ \Omega$, zu erzielen.

[0015] Es ist zweckmäßig, wenn die Widerstandsschicht aus gesinterter Ag/Pd-Widerstandspaste oder gesinterter

Ag/Au/Pd-Widerstandspaste mit 30-50 Masse-% Ag und 35-50 Masse-% Pd oder aus gesinterter Pt/W-Widerstandspaste mit 70-90 Masse-% Pt und 5-20 Masse-% W besteht. Diese Materialien sind besonders geeignet, bei der erfindungsgemäß Masse geeignete Widerstandswerte zu liefern. Der Rest enthält oxidische Zusätze und Glasphase. Die Widerstandspaste enthält vor dem Sintern normalerweise auch noch ein Organikum.

[0016] Es ist weiters für eine zuverlässige Zündung wichtig, dass nicht zu viel Wärme abgeleitet werden kann. Es ist deshalb günstig, wenn der Grundkörper aus einem hochtemperaturfesten Glas oder einer Glaskeramik oder einer Keramik mit thermischer Wärmeleitfähigkeit von höchstens 2 W/(m·K) besteht; oder wenn der Grundkörper aus einem hochtemperaturfesten Glas oder einer Glaskeramik oder einer Keramik mit thermischer Wärmeleitfähigkeit von höchstens 3 W/(m·K) besteht und auf dem Grundkörper eine Wärmebarriere aufgebracht ist, bestehend aus Glas- oder Glaskeramikbeschichtung mit 20-80µm Dicke und mit einer thermischen Wärmeleitfähigkeit von höchstens 1,5 W/(m·K).

[0017] Bevorzugtes Material für die Kontaktfelder ist gesinterte AgPd- oder AgPt-Dickschichtleiterpaste mit einem Pd- bzw. Pt-Anteil zwischen 1 und 10 Masse-%. Der Rest enthält oxidische Zusätze und Glasphase. Die Leiterpaste enthält vor dem Sintern normalerweise auch noch ein Organikum.

[0018] Herstellen kann man das erfindungsgemäße Heizelement analog wie in der AT 405591 B beschrieben. Es wird jedoch bevorzugt, dass die Widerstandsschicht erst nach dem Aufbringen der Kontaktierung mittels programmierbarer Laserquelle strukturiert wird. Durch entsprechende Formgebung der Widerstandsbahn mittels programmierbarer Laserquelle ist durch individuelle Formgebung die Aufheizrate (Energieübertragung) individuell einstellbar. Diese Strukturierung kann sich sowohl auf die Grundform der Glühbrücke durch Ausschneiden der entsprechenden Geometrie als auch auf die Höhe durch flächenhaftes Abtragen beziehen. Im Vergleich zum Ätzen ist die Formgebung mit einer Laserquelle wesentlich flexibler. Eine Änderung der Produktion ist in kürzester Zeit lediglich durch eine Programmänderung möglich, wogegen beim Ätzen eine neue Ätzmaske erstellt werden muss.

[0019] Vorzugsweise wird durch Nachsintern mit 800°C-900°C Spitztemperatur über 10-20 min nach dem Sintern der Widerstandsbahn oder nach dem Sintern der Leiterbahn oder nach der Strukturierung das Zündelement in seiner Stabilität gegenüber hohen elektrischen und thermischen Belastungen verbessert. Überraschender Weise steigt durch das Nachsintern die Geschwindigkeit des Zündens. Dadurch ist es möglich, ein größeres Volumen zu verwenden (wodurch die Zündgeschwindigkeit an sich verringert wird), sodass auf diese Weise die Empfindlichkeit gegen elektrische Einstreuungen verringert werden kann.

[0020] Die vorliegende Erfindung schafft ein Heizelement und ein Verfahren mit entsprechenden Materialkombinationen, welche bisher in Schichttechnik noch nicht realisiert wurden und den Spezifikationen der Automobilindustrie ohne zusätzliche Elektronik gerecht wird.

Berechnungen und Simulation:

[0021] Der Nachweis der Festigkeit gegenüber ESD-Störpulsen und Transient Puls nach USCAR kann mittels thermodynamischer Berechnung und nachfolgender numerischer Simulation durchgeführt werden.

[0022] Aufgrund der Analogie der thermodynamischen Wärmeleitungsgleichungen mit den Differentialgleichungen eines elektrischen Leiters (Telegrafengleichung) kann nach Transformation der thermodynamischen Größen in elektrische Größen eine exakte eindimensionale Simulation der thermischen Verhältnisse (Temperatur und Wärmemengen) über die Zeit durchgeführt werden.

[0023] Begleitende Versuche und Messungen mit entsprechender Rückführung der Testergebnisse in die Rechnersimulation ergaben im Rahmen der Meßgenauigkeiten und der idealisierten Randparameter (eindimensional) Übereinstimmung.

[0024] *Vergleich eines Heizelements gemäß AT 405591 B ("bisher") mit einem erfindungsgemäßen Heizelement ("neu") am Beispiel der ESD-Störpulsfestigkeit nach USCAR:*

Thermische Abschätzung des Heizelements ohne Wärmeableitung über

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{bzw.} \quad \Delta T = Q / (m \cdot c_p)$$

Q ... eingebrachte Energiemenge in J (Störpuls)

m ... Masse Heizelement in kg

c_p ... spezifische Wärmekapazität Heizelement in W/(kg·K)

ΔT ... Temperaturänderung durch eingebrachte Energiemenge in °C

[0025] Die Geometrie und damit die Masse der Heizelemente wurde so gewählt, dass Bedingungen wie Widerstandswert, "All-Fire" und "No-Fire"-Werte gemäß Spezifikation der Automobilindustrie erfüllt werden. Daraus errechnet sich die für die Berechnung zu betrachtende Energiemenge, die aufgrund der verwendeten Materialien und im Hinblick

auf die Erfüllung notwendiger Spezifikationen folgende Werte annimmt:

"bisher": wirksames Volumen $5,74 \cdot 10^{-15} \text{ m}^3$, mit spezifischem elektrischen Widerstand von $4,3 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

"neu": wirksames Volumen $1,92 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$, mit spezifischem elektrischen Widerstand von $1,4 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$.

Material	Q [J]	Masse [kg]	c_p [W/(kg·K)]	ΔT [°C]
"bisher": Au/Pd-Resinat	$7,48 \cdot 10^{-5}$	$1,09 \cdot 10^{-10}$	129	5319
"neu": Ag/Pd-Widerstand	$1,40 \cdot 10^{-4}$	$1,92 \cdot 10^{-9}$	337	217

[0026] Die oben angeführte Temperaturänderung bei Beaufschlagung des Heizelements mit ESD-Störpulsen zeigt, dass aufgrund der Schmelztemperatur von Au (1063°C) das Heizelement "bisher" zerstört wird. Dies wurde nicht nur theoretisch, sondern auch durch eine Versuchsreihe bestätigt.

[0027] In der einzigen Fig. ist die Temperatur des Heizelements T (in °C) in Abhängigkeit von der Zeit t (in s) dargestellt. Die durchgezogene Linie bezieht sich auf das Heizelement "bisher", die strichlierte Linie auf das Heizelement "neu".

[0028] Unter Berücksichtigung der Wärmeleitung der einzelnen Materialien ergeben sich durch Simulation annähernd identische Werte, da es sich hier um einen nahezu adiabatischen Vorgang handelt.

[0029] Bei der Beaufschlagung des Heizelements mit Transient Puls nach USCAR zeigt sich sowohl theoretisch als auch in praktischen Versuchen ein ähnliches Verhalten, welches auch zur Zerstörung des Heizelements "bisher" führt.

Patentansprüche

- Heizelement zum Zünden pyrotechnischer Ladungen bestehend aus einem Grundkörper, einer strukturierten Widerstandsschicht, die auf dem Grundkörper angeordnet ist, und Kontaktfeldern, die überlappend auf den beiden Enden der Widerstandsbahn angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masse des Heizelements von $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$ bis $4,0 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$, der spezifische Widerstand von $1 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$ bis $2 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$ und die spezifische Wärmekapazität des Heizelements von 100 W/(kg·K) bis 400 W/(kg·K) beträgt.
- Heizelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt des Heizelements $3,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$ bis $7,0 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$ beträgt.
- Heizelement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Widerstandsschicht aus gesinterter Ag/Pd-Widerstandspaste oder gesinterter Ag/Au/Pd-Widerstandspaste mit 30-50 Masse-% Ag und 35-50 Masse-% Pd oder aus gesinterter Pt/W-Widerstandspaste mit 70-90 Masse-% Pt und 5-20 Masse-% W besteht.
- Heizelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper aus einem hochtemperaturfesten Glas oder einer Glaskeramik oder einer Keramik mit thermischer Wärmeleitfähigkeit von höchstens 2 W/(m·K) besteht.
- Heizelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper aus einem hochtemperaturfesten Glas oder einer Glaskeramik oder einer Keramik mit thermischer Wärmeleitfähigkeit von höchstens 3 W/(m·K) besteht und auf dem Grundkörper eine Wärmebarriere aufgebracht ist, bestehend aus Glas- oder Glaskeramikbeschichtung mit 20-80 μm Dicke und mit einer thermischen Wärmeleitfähigkeit von höchstens $1,5 \text{ W/(m·K)}$.
- Heizelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktfelder aus gesinterter AgPd- oder AgPt-Dickschichtleiterpaste mit einem Pd- bzw. Pt-Anteil zwischen 1 und 10 Masse-% bestehen.
- Verfahren zur Herstellung eines Heizelements nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem gegebenenfalls zunächst Glas oder Glaskeramik mittels Siebdruckverfahrens auf einen Grundkörper gedruckt wird und danach getrocknet und gesintert wird, wobei diese Schritte wiederholt werden, bis die gewünschte Gesamtschichtstärke erreicht ist; wobei danach die Widerstandspaste mittels Siebdruckverfahrens auf das Glaskeramiks substrat bzw. Beschichtung gedruckt wird und danach getrocknet und gesintert wird; und wobei danach die Leiterpaste als Kon-

taktierung mittels Siebdruckverfahrens überlappend über die Widerstandsbahn gedruckt wird und danach getrocknet und gesintert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** danach die Widerstandsschicht mittels einer programmierbaren Laserquelle strukturiert wird.

- 5 **8.** Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Nachsintern mit 800°C-900°C Spitzentemperatur über 10 bis 20 min nach dem Sintern der Widerstandsbahn oder nach dem Sintern der Leiterbahn oder nach der Strukturierung das Zündelement in seiner Stabilität gegenüber hohen elektrischen und thermischen Belastungen verbessert wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

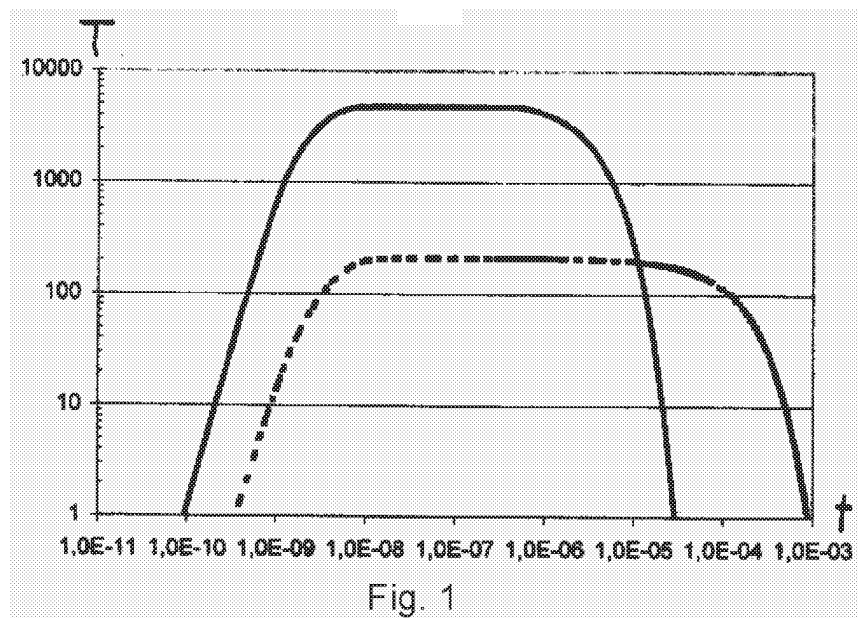


Fig. 1



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 10 0151

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X,D	US 4 708 060 A (BICKES JR ROBERT W ET AL) 24. November 1987 (1987-11-24) * Spalte 2, Zeile 23 - Zeile 33 * * Spalte 3, Zeile 36 - Zeile 38 * * Abbildung 2A *	1-3	F42B3/12
Y	---	4-6	
Y,D	AT 405 591 B (SCHAFFLER & CO) 27. September 1999 (1999-09-27) * Seite 3, Zeile 20 - Zeile 23 * * Seite 3, Zeile 38-40 * * Seite 3, Zeile 54 - Seite 4, Zeile 13 * * Seite 5, Zeile 6 - Zeile 7 * * Zusammenfassung *	4-8	
Y	---	7,8	
	US 2002/069780 A1 (BOS LAURENCE W) 13. Juni 2002 (2002-06-13) * Absatz [0007] * * Zusammenfassung *		
A	---	3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
	US 6 230 624 B1 (SAMPSON WILLIAM P ET AL) 15. Mai 2001 (2001-05-15) * Spalte 3, Zeile 47 - Zeile 49 * -----		F42B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 4. Mai 2004	Prüfer Gex-Collet, A-L
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 04 10 0151

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.

04-05-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4708060 A	24-11-1987	KEINE	
AT 405591 B	27-09-1999	AT 167797 A	15-01-1999
		WO 9918586 A1	15-04-1999
		AU 9423698 A	27-04-1999
		BR 9814811 A	03-10-2000
		DE 59805128 D1	12-09-2002
		EP 1023735 A1	02-08-2000
		ES 2179534 T3	16-01-2003
		JP 2001519595 T	23-10-2001
		US 6316752 B1	13-11-2001
US 2002069780 A1	13-06-2002	KEINE	
US 6230624 B1	15-05-2001	DE 10039447 A1	17-05-2001

EPO FORM P0461

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