



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 977 305 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.02.2000 Patentblatt 2000/05

(51) Int. Cl.⁷: **H01Q 1/42, H01Q 1/28**

(21) Anmeldenummer: **99112424.9**

(22) Anmeldetag: **30.06.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Fisch, Peter Gerd**
88662 Überlingen (DE)
• **Bosch, Siegfried**
88682 Salem 10 (DE)

(30) Priorität: **28.07.1998 DE 19833884**

(74) Vertreter:
Weisse, Jürgen, Dipl.-Phys. et al
Patentanwälte
Dipl.-Phys. Jürgen Weisse
Dipl.-Chem. Dr. Rudolf Wolgast
Postfach 11 03 86
42531 Velbert (DE)

(71) Anmelder:
Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH
88662 Überlingen (DE)

(54) **Elektromagnetisch durchlässiges Verbundfenster für zielverfolgende Über- und Hyperschall-Flugkörper**

(57) Bei einem für elektromagnetische Strahlung durchlässigen Fenster bei einem zielverfolgenden Über- oder Hyperschall-Flugkörper besteht das Fenster aus mehreren gemeinsam gehaltene, einander stützende Fensterschichten (12,14), deren Materialwahl, Dicke und Anordnung temperaturbedingte mechanische Spannungen bei Über- oder Hyperschallflug im Vergleich zu einem durchgehend homogenen Fenster reduziert. Bei einer Ausführung sind die Fensterschichten auf ihren aneinandergrenzenden Oberflächen fest miteinander verbunden und bestehen aus Materialien mit derart unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, daß sich bei dem während des Über- oder Hyperschallfluges durch das Fenster hindurch auftretenden Temperaturgradienten in den verschiedenen Fensterschichten im wesentlichen gleiche thermische Ausdehnungen ergeben. Eine weitere Maßnahme besteht darin, daß zwischen den Fensterschichten (12,14) eine Gleitschicht vorhanden ist, die eine Relativbewegung der Fensterschichten parallel zu ihren aneinandergrenzenden Oberflächen gestattet, so daß die Übertragung der Spannungen zwischen den Fensterschichten (12,14) vermindert wird.

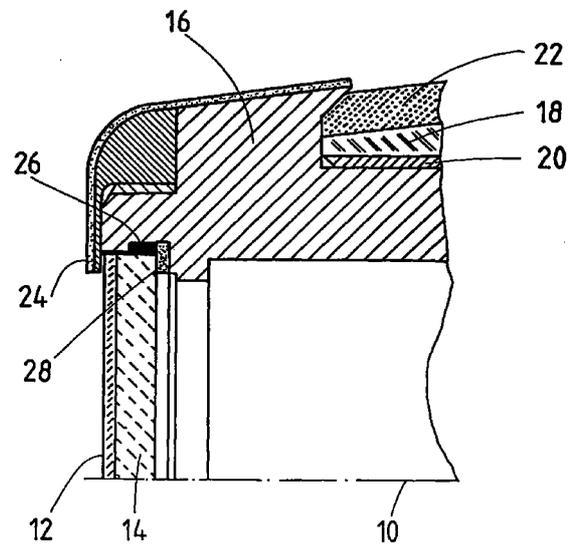


Fig.1

EP 0 977 305 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisch durchlässiges Fenster bei einem zielverfolgenden Über- oder Hyperschall-Flugkörper.

[0002] Zielverfolgende Über- und Hyperschall-Flugkörper besitzen einen Suchkopf mit einem auf elektromagnetische Strahlung ansprechenden Sucher, welche die Strahlung, beispielsweise IR-Strahlung eines Zielobjekts erfaßt. Bei Über- und Hyperschallgeschwindigkeiten des Flugkörpers wird durch aerokinetische Aufheizung die Struktur des Flugkörpers stark aufgeheizt. Es treten hohe mechanische und thermische Belastungen des Flugkörpers und des Suchkopfes auf. Aufgrund der entstehenden Temperaturgradienten werden Eigenspannungen erzeugt, die bis an die Festigkeitsgrenze der Werkstoffe reichen. Darüber hinaus wirken bei hohen Fluggeschwindigkeiten extreme Staudrücke auf die Struktur.

[0003] Der Sucher wird durch ein Fenster geschützt, welches für die betreffende elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.

Zugrundeliegender Stand der Technik

[0004] Es gibt nur sehr wenig Materialien, welche für IR-Strahlung durchlässig sind und für Über- und Hyperschallgeschwindigkeiten ausreichende Festigkeitseigenschaften besitzen. Bekannte elektromagnetisch durchlässige Fenster für zielverfolgende Über- und Hyperschall-Flugkörper werden entweder aus Magnesiumfluorid, Zinksulfid, Saphir oder Diamant hergestellt. Weiterhin können die Fenster je nach Anforderung unterschiedliche Form und Dicke haben. Beispielsweise versucht man die Dicke des Fensters zu erhöhen, um dadurch die thermischen Belastungen durch Erhöhung der Wärmekapazität entgegenzuwirken.

[0005] Fenster aus Magnesiumfluorid oder Zinksulfid haben eine relativ geringe Wärmeleitfähigkeit, so daß sie sich in der Flugphase sehr erhitzen, wodurch die Fensteraußenseite schmilzt. Weiterhin kann der Sucher "erblinden" aufgrund der Eigenemission des Fensters.

[0006] Bei Fenstern aus sprödebruchgefährdeten, infrarotdurchlässigen Materialien ist eine größere Dicke des Fensters zur Aufnahme der Druckbelastung günstig. Andererseits haben jedoch dünnere Fenster günstigere Eigenschaften bezüglich Temperaturschockbelastungen. Dabei gibt es eine optimal Fensterdicke, für die die durch Staudruck und Temperatur hervorgerufene Spannungen des Fensters minimal werden.

[0007] Alle bekannten für elektromagnetische Strahlung durchlässigen Fenster für zielverfolgende Über- und Hyperschall-Flugkörper haben den Nachteil, daß sie die thermischen und mechanischen Belastungen während der Flugphase nur eine sehr kurze Zeit von 1-2 Sekunden standhalten. Die tatsächliche Flugzeit ist

aber in der Regel wesentlich höher. Dieses Problem wird heute dadurch gelöst, daß das Fenster während einer ersten Flugphase durch eine massive Schutzverkleidung geschützt wird. Während dieser Flugphase ist der Sucher dann abgeschirmt und eine Zielverfolgung ist nicht möglich. Erst in einer Endflugphase, wenn der Flugkörper schon nahe an dem Ziel angekommen ist, wird die Schutzverkleidung abgeworfen, wodurch die tatsächliche Zielverfolgung durch den Sucher ermöglicht wird. Eine solche Schutzverkleidung ist in der DE 37 15 085 A1 beschrieben. Neben der Begrenzung der Zielverfolgungszeit ist die Verwendung einer solchen Schutzverkleidung konstruktiv sehr aufwendig.

[0008] Die EP 0 599 035 A1 zeigt eine Verbindungsanordnung zum Verbinden eines einen Suchkopf abdeckenden Domes aus relativ sprödem, infrarotdurchlässigen Material mit der Struktur eines Flugkörpers. Diese Verbindungsanordnung enthält einen über den Rand des Domes greifender, den Dom formschlüssig haltender und mit der Struktur des Flugkörpers verbundener Haltering. Die Verbindung erfolgt ohne stoffschlüssige Verbindung zwischen Dom und Haltering. Längs des Randes des Domes ist unter dem Haltering eine Nut vorgesehen, in welche ein flexibles Dichtmittel zur Abdichtung zwischen Haltering und Dom untergebracht ist.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Fenster der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß es die in der Flugphase des Flugkörpers auftretende Belastungen besser standhält.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß das Fenster mehrere gemeinsam gehaltene, einander stützende Fensterschichten aufweist, deren Materialwahl, Dicke und Anordnung temperaturbedingte mechanische Spannungen bei Über- oder Hyperschallflug im Vergleich zu einem durchgehend homogenen Fenster reduziert.

[0011] Die Erfindung beruht auf folgenden Überlegungen: Das Fenster muß eine bestimmte Gesamtdicke aufweisen, um den erheblichen mechanischen Belastungen zu widerstehen. Über diese Gesamtdicke des Fensters hinweg tritt ein Temperaturgradient auf. An der Oberfläche und in den äußeren Schichten wird das Fenster sehr heiß. Die weiter innen liegenden Schichten des Fensters werden zunächst weniger erhitzt. Bei einem homogenen Fenster treten dann thermisch bedingte, mechanische Spannungen auf: Die äußeren Schichten dehnen sich stärker thermisch aus als die inneren Schichten. Die hierdurch entstehenden Spannungen können durch ein mehrschichtiges Fenster reduziert werden.

[0012] Die „Anordnung“ kann so sein, daß die Schichten des Fensters an ihren Oberflächen z.B. durch Ansprengen fest miteinander verbunden sind. Hierdurch wird ein guter Wärmeübergang zwischen den

Schichten gewährleistet und der Temperaturgradient möglichst gering gehalten. Um Spannungen zwischen den Schichten infolge des unvermeidlichen Temperaturgradienten zu verhindern, müssen dann die Materialien der Schichten hinsichtlich ihrer Ausdehnungs-Koeffizienten so gewählt werden, daß sich die auf unterschiedlichen Temperaturen befindlichen Schichten möglichst in gleichem Maße ausdehnen. Die heißen Schichten nahe der Außenfläche müssen einen geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten haben als die kühleren inneren Schichten.

[0013] Die „Anordnung“ kann aber auch darin bestehen, daß zwischen den Fensterschichten eine Gleitschicht vorhanden ist, die eine Relativbewegung der Fensterschichten parallel zu ihren aneinandergrenzenden Oberflächen gestattet, so daß die Übertragung der Spannungen zwischen den Fensterschichten vermindert wird.

[0014] Die Lebensdauer eines erfindungsgemäßen Fensters kann 10 Sekunden und mehr betragen. Typische Missionszeiten eines zielverfolgenden Über- oder Hyperschall-Flugkörpers liegen im Bereich von 3-8 Sekunden. Es ist dann also nicht notwendig, spezielle Schutzverkleidungen vorzusehen, welche das Fenster in bestimmten Flugphasen schützen.

[0015] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0016]

Fig. 1 ist eine schematische Schnittdarstellung und zeigt den vorderen Teil eines Suchkopfes eines zielsuchenden Flugkörpers.

Fig. 2 zeigt den Verlauf der auftretenden Spannungen in drei unterschiedlich ausgeführten Fenstern während der Flugphase.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0017] In Fig. 1 ist ein Fenster gezeigt, das in einem Suchkopf eines zielverfolgenden Über- oder Hyperschall-Flugkörpers eingestzt ist. Der dargestellte Teil des Suchkopfes ist rotationssymmetrisch. Die Rotationsachse ist mit 10 bezeichnet. Die Flugrichtung des Flugkörpers ist nach links in der Fig. 1.

[0018] Das Fenster besteht aus einem vorderen Fensterschicht 12 und einem hinteren Fensterschicht 14, welche aneinander angesprengt sind. Die vordere Fensterschicht 12 besteht aus Saphir und ist relativ dünn. Die hintere Fensterschicht 14 besteht aus Magnesiumfluorid und ist relativ dick. Das Fenster befindet sich in einer Fassung 16. Die Fassung ist mit der Struktur 18 des Flugkörpers verbunden. Zwischen der Fassung 16 und der Struktur 18 befindet sich eine Isolationsschicht

20 aus Silikon. Weiterhin ist die Fassung 16 gegenüber der Struktur 18 durch eine Ablationsschicht 22 isoliert. Die Fassung 16 greift mit einem Rand 24 über das Fenster. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Fenster gegenüber der Struktur durch eine erste und eine zweite Dichtung 26 bzw. 28 abgedichtet. Es ist aber auch möglich, nur eine Dichtung zu verwenden. Die Dichtungen sind hohen Temperaturen ausgesetzt, so daß sie sich zum Teil während der Flugphase auflösen können und als Ablationsschicht wirken. Solche Hochtemperaturdichtungen sind jedoch an sich bekannt und werden hier nicht näher beschrieben.

[0019] In Fig. 2 ist die in drei unterschiedlich ausgeführten Fenstern auftretenden Maximalspannung über die Flugdauer aufgetragen. Die Kurven sind rechnerisch simuliert. Am Ende der Beschleunigungsphase wirkt ein sehr hoher Staudruck auf das Fenster, der nach der Beschleunigungsphase wieder absinkt. Die Temperaturbelastung des Fensters steigt über die Beschleunigungsphase hinaus an. Die Kurve 30 zeigt den prinzipiellen Verlauf der auftretenden Spannungen in einem konventionellen einschichtigen Fenster. Die Kurve 32 zeigt den Verlauf der auftretenden Spannungen in einem Fenster mit zwei Fensterschichten, welche bei einer Temperatur von 320°C aneinander angesprengt sind. Die Kurve 34 zeigt den Verlauf der auftretenden Spannungen in einem Fenster mit zwei Fensterschichten, zwischen welchen sich eine Spannungstrennschicht befindet.

[0020] In dem konventionellen Fenster (Kurve 30) steigt die Spannung während der Beschleunigungsphase wegen des hohen Staudrucks und des Temperaturschocks an und erreicht nach kurzer Zeit ein kritisches Maximum. Solchen Spannungen halten die bekannten Materialien nicht stand.

[0021] Die Kurve 32 zeigt, daß die Spannung in einem Fenster mit zwei aneinander angesprengten Fensterschichten aus unterschiedlichen Materialien zunächst auf ein moderates Maximum ansteigt, dann wieder abfällt und noch später wieder ansteigt. Insgesamt liegt der Spannungsverlauf deutlich unter dem Verlauf bei einem einschichtigen, homogenen Fenster. Da die Fensterschichten unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten haben, verursacht die hohe Temperatur eine Schubspannung zwischen den Fensterschichten. Das Ansprengen ist so ausgeführt, daß die thermisch verursachte Schubspannung zwischen den beiden Fensterschichten dann sehr klein ist, wenn die von dem Staudruck verursachte Spannung am größten ist.

[0022] Die Kurve 34 zeigt, daß die Spannung in einem Fenster mit zwei durch eine Gleitschicht, z.B. Öl- oder Fettschicht voneinander getrennten Fensterschichten zunächst wieder auf ein moderates Maximum ansteigt. Danach sinkt die Spannung wieder ab. Die Gleitschicht bewirkt, daß die Fensterschichten bei unterschiedlicher Wärmeausdehnung aufeinander gleiten können, wodurch keine Schubspannung zwischen den Fensterschichten aufgebaut werden kann. Die hohe Tempera-

tur während des Fluges hat also keinen nennenswerten Einfluß auf die in dem Fenster auftretenden Spannung.

Patentansprüche

- 5
1. Für elektromagnetische Strahlung durchlässiges Fenster bei einem zielverfolgenden Über- oder Hyperschall-Flugkörper, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Fenster mehrere gemeinsam gehalterte, einander stützende Fensterschichten (12,14) aufweist, deren Materialwahl, Dicke und Anordnung temperaturbedingte mechanische Spannungen bei Über- oder Hyperschallflug im Vergleich zu einem durchgehend homogenen Fenster reduziert. 10 15
 2. Fenster nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Fensterschichten auf ihren aneinandergrenzenden Oberflächen fest miteinander verbunden sind und aus Materialien mit derart unterschiedlichen thermischen Ausdehnungs-Koeffizienten bestehen, daß sich bei dem während des Über- oder Hyperschallfluges durch das Fenster hindurch auftretenden Temperaturgradienten in den verschiedenen Fensterschichten im wesentlichen gleiche thermische Ausdehnungen ergeben. 20 25
 3. Fenster nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** Mittel zum Herstellen eines guten Wärmeüberganges zwischen den Fensterschichten. 30
 4. Fenster nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Mittel zum Herstellen eines guten Wärmeüberganges die Fensterschichten durch Ansprengen miteinander verbunden sind. 35
 5. Fenster nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Fensterschichten (12,14) eine Gleitschicht vorhanden ist, die eine Relativbewegung der Fensterschichten parallel zu ihren aneinandergrenzenden Oberflächen gestattet, so daß die Übertragung der Spannungen zwischen den Fensterschichten (12,14) vermindert wird. 40 45 50 55

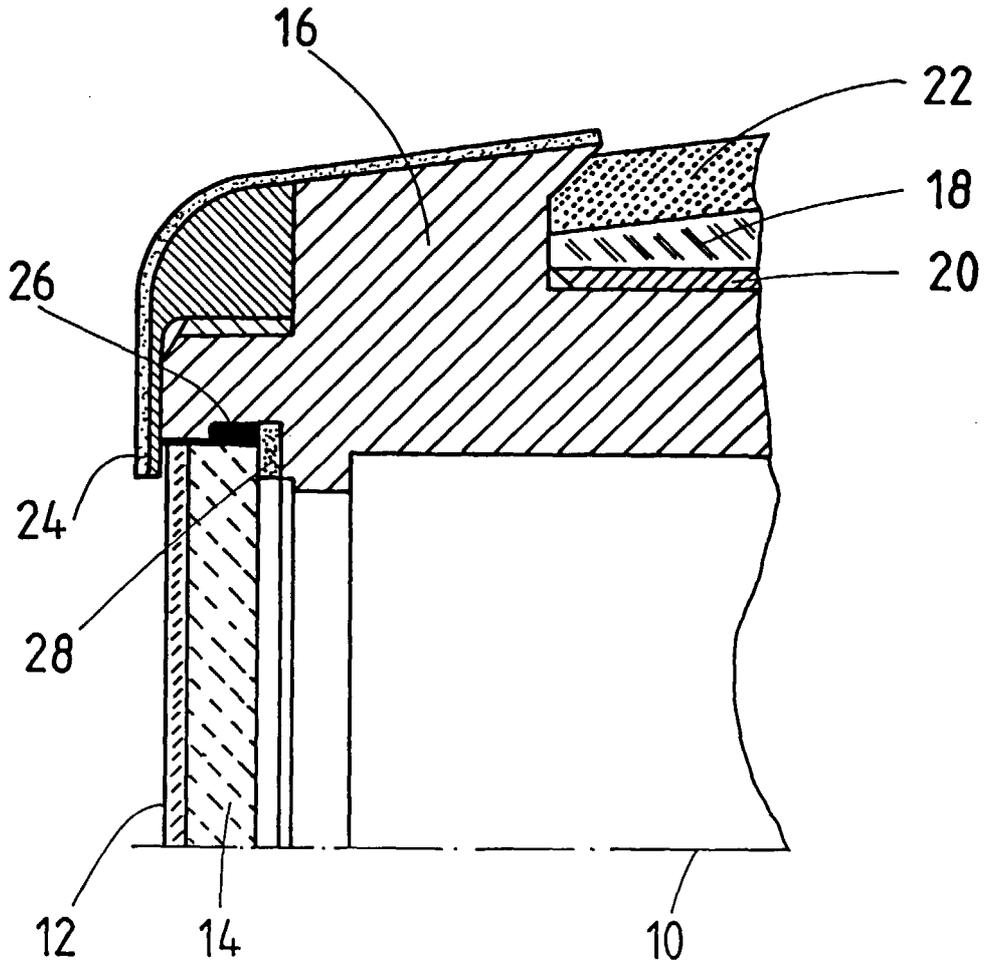


Fig.1

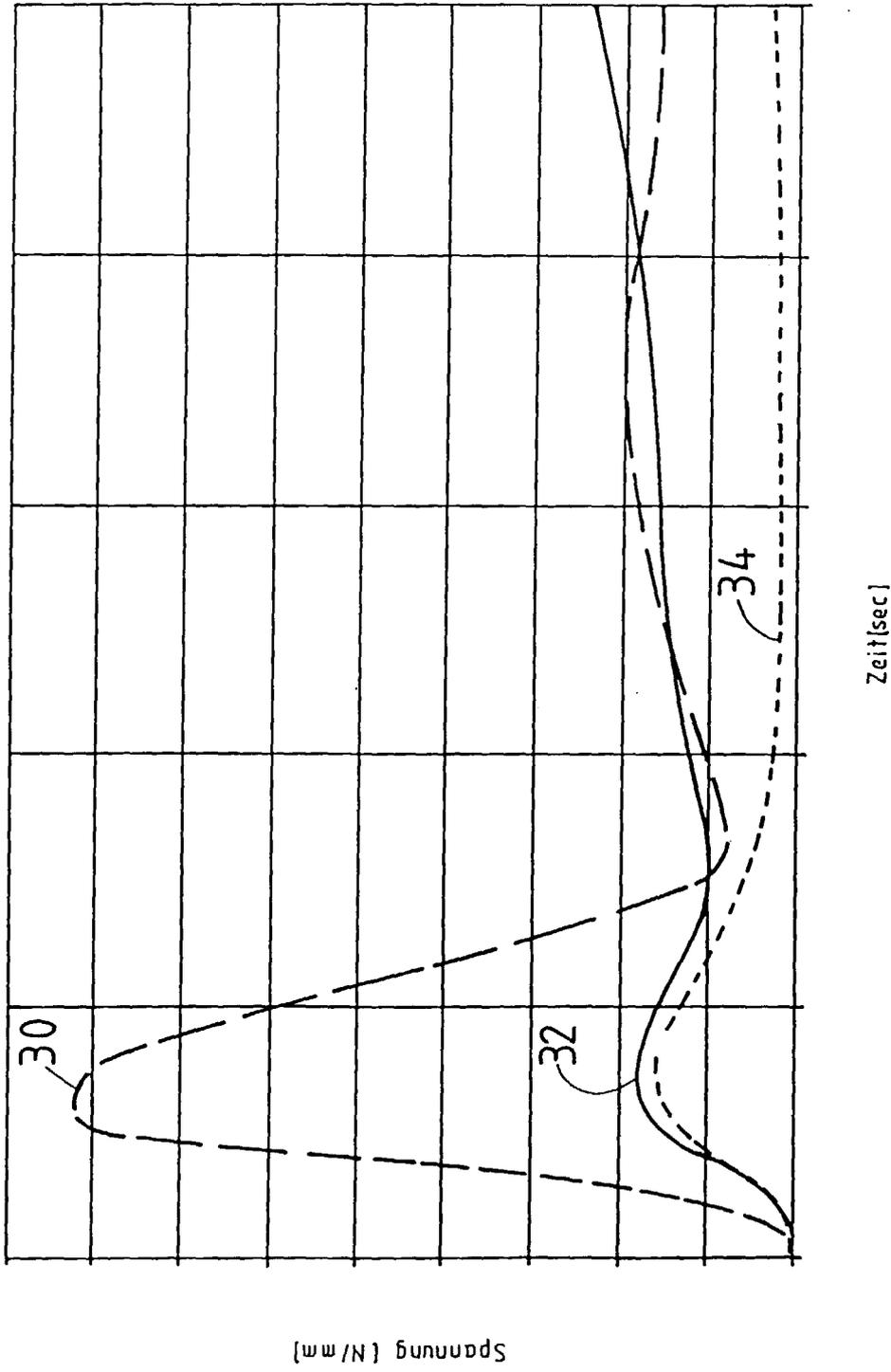


Fig.2