



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 347 439 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.2003 Patentblatt 2003/39

(51) Int Cl.7: **G10K 15/00, G10K 11/28**

(21) Anmeldenummer: **03006141.0**

(22) Anmeldetag: **18.03.2003**

(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

(72) Erfinder: **Eizenhöfer, Harald**
82229 Seefeld (DE)

(74) Vertreter: **Grünecker, Kinkeldey,
Stockmair & Schwanhäusser Anwaltssozietät
Maximilianstrasse 58
80538 München (DE)**

(30) Priorität: **18.03.2002 DE 10211886**

(71) Anmelder: **Dornier MedTech Systems GmbH**
82234 Wessling (DE)

(54) **Verfahren and Einrichtung zur Wandlung von unipolaren akustischen Impulsen in bipolare Impulse**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und auf eine Einrichtung zur Wandlung der unipolaren, von einer geeigneten Stoßwellenquelle erzeugten akustischen Impulse bzw. Stoßwellen in bipolare akustische Impulse bzw. Stoßwellen zur Erzeugung inverser N-Wellen.

Erfindungsgemäß werden die unipolaren Impulse

an einem Grenzschicht-Medium aus einem Werkstoff reflektiert, dessen Dicke deutlich geringer ist als die Signallänge des akustischen Impulses in dem Grenzschicht-Medium, und dessen akustische Impedanz deutlich verschieden ist sowohl von der Impedanz des Ausbreitungsmediums als auch von derjenigen des dahinter angrenzenden Mediums.

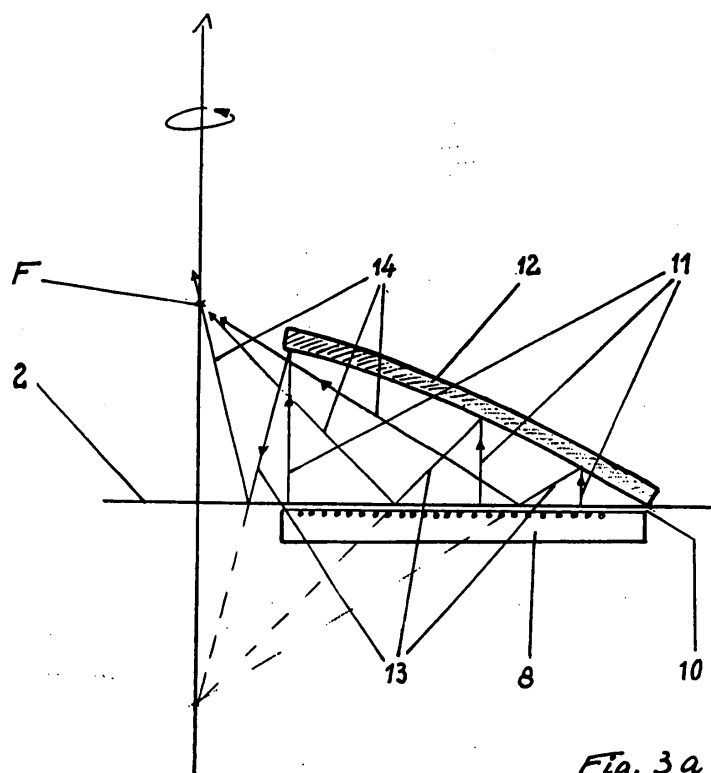


Fig. 3a

EP 1 347 439 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Wandlung der unipolaren, von einer geeigneten Stoßwellenquelle erzeugten akustischen Impulse in bi-

[0002] Die moderne Medizintechnik verwendet Stoßwellenquellen unter anderem zur Manipulation von chemisch/biologischen Wirkstoffen, z.B. im Rahmen der Zelltransfektion oder der Wirkstoffaktivierung durch Molekülbruch.

[0003] Die allgemein bekannte EMSE (i.e. elektromagnetische Stoßwellenquelle bestehend aus einer flächenhaften Spule und einer leitfähigen Membran) erzeugt einen nahezu reinen Druckstoß, da die zwischen Spule und Membran wirkenden elektromagnetischen Kräfte stets abstoßend wirken.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die mit einer EMSE oder auf andere Weise erzeugten unipolaren Druckpulse in bipolare Pulse zu wandeln und gleichzeitig inverse N-Wellen zu erzeugen.

[0005] Dies gelingt erfindungsgemäß in einfacher Weise durch ein Verfahren gemäß dem Kennzeichen von Patentanspruch 1.

[0006] Im Rahmen der Erfindung wurde des weiteren erkannt, daß mit einer EMSE mit nur einem zusätzlichen Reflektor in relativ einfacher Weise unipolare akustische Impulse in bipolare umgewandelt werden können, wobei bei vorwiegend positivem Unipolarpuls sogenannte inverse N-Wellen entstehen, wenn die Membran der EMSE selbst das erfindungsgemäße Grenzschicht-Medium bildet. Es wird hierzu vor allem auf Patentanspruch 2 verwiesen.

[0007] Im Fall der allgemein bekannten EMSE hat sich gezeigt, dass die Membran selbst diese erfindungsgemäße Grenzschicht darstellen kann. Dazu muss nur mit einem ideal schallharten Reflektor das unipolare Signal auf die erzeugende Membran zurückgeworfen werden. Nach der ersten Reflexion an dem akustisch harten Reflektor bleibt die Polarität des Druckpulses erhalten. Erst bei der zweiten Reflexion an der erzeugenden Fläche, nämlich an der Membran der elektromagnetischen Stoßwellenquelle, kommt es erfindungsgemäß überraschend zur Ausbildung einer inversen N-Welle, wenn die reflektierende Grenzschicht aus mindestens einem Werkstoff besteht, dessen Dicke deutlich geringer ist als die Signallänge des akustischen Impulses in der Grenzschicht, und dessen akustische Impedanz deutlich verschieden ist sowohl von der Impedanz des Ausbreitungsmediums (z.B. Wasser) als auch von der des dahinter angrenzenden Mediums.

[0008] Die Geometrie eines derartigen Therapiekopfes ist prinzipiell aus der DD-Patentschrift Nr. 7108 vom 13.01.1953 in Form eines sogenannten Ultraschallkonzentrators bekannt; diese Einrichtung besteht aus einer planen piezoelektrischen Schallquelle und einem parabolischen Reflektor, der die emittierte Welle auf die er-

zeugende Schallquelle zurückwirft, welche von dort aus auf einen Fokuspunkt zuläuft. Dieser Ultraschallkonzentrator arbeitet mit kontinuierlichen, unendlich langen sinusartigen Wellenzügen, die von der Piezo-Oberfläche abgestrahlt werden. Dabei ist die Phasenbeziehung eines Reflektors vollends unerheblich, da hierbei die akustisch harte Reflexion oder die akustisch weiche Reflexion die Phasenlage nur um 180° verändert. Selbst bei gepulster Anregung der in der vorgenannten Patentschrift offenbarten piezoelektrischen Schallquelle ist zu erwarten, daß die zweite Reflexion an dem Piezowerkstoff wegen dessen Dicke ideal akustisch hart verläuft. Es ist nicht möglich, piezoelektrische Impulsstrahler derart dünn zu gestalten, daß die in der vorliegenden Erfindung formulierte Bedingung erfüllt werden könnte, daß nämlich die akustische Laufzeit im dünnen Reflektor klein sein muß gegen die zeitliche Dauer des Wellenimpulses. Die ursächliche Begründung hierfür ist darin zu sehen, daß ein piezoelektrisches Element genau die Pulsdauer erzeugt, die seiner Dicke dividiert durch die Schallgeschwindigkeit entspricht.

[0009] Die inverse N-Welle ist dadurch charakterisiert, daß am Ort eines Beobachters zuerst der negative Anteil eines sägezahnartigen, bipolaren Wellenzuges eintrifft und dann erst der positive Anteil.

Anwendungen der inversen N-Welle sind insbesondere dort nützlich, wo eine gepulste, effiziente Erzeugung von Kavitation angestrebt wird, zum Beispiel in der Biotechnologie.

[0010] Der Vorteil der inversen N-Welle bei der Kavitationserzeugung liegt darin, daß - im Gegensatz zu den aus Überschallknall oder aus bestimmten, gezielten Detonationen bekannten N-Wellen - mit der Erfindung zuerst der negative Druckanteil im betreffenden Fokusbereich eintrifft, der die Kavitationskeime zu Kavitationsbläschen aufweitet, worauf sie unter der Einwirkung des darauffolgenden Überdruckpulses virulent, d.h. unter Ausbildung von hochenergetischen Mikrojets kollabieren. In der Medizin wie auch in der Bio- bzw. in der Gentechnologie gibt es zahlreiche nützliche Anwendungsfälle für die sogenannte inverse N-Welle.

An der erfindungsgemäßen Reflexion sind in physikalisch komplizierter Weise mindestens drei verschiedene Werkstoffe beteiligt, nämlich das Ausbreitungsmedium, der Grenzschichtwerkstoff und das angrenzende Medium, wobei zumindest der Grenzschichtwerkstoff erfindungsgemäß die besagte geringe Dicke aufweist.

[0011] Besondere Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lehre ergeben sich aus den kennzeichnenden Teilen der Patentansprüche 2 bis 5.

[0012] In den Abbildungen ist die Erfindung prinzipiell und anhand eines Ausführungsbeispiels zeichnerisch erläutert.

[0013] Es zeigen:

Fig. 1 das Grundprinzip zur Erzeugung inverser N-Wellen an einem dünnen Grenzschicht-Medium.

Fig. 2 ein ausschnittsweise dargestelltes Grenzschicht-Medium als Membran einer elektromagnetischen Stoßwellenquelle, bei der sich zwischen dem Grenzschicht-Medium und der Stoßwellenquelle ein Luftspalt befindet.

Fig. 3a einen Ausschnitt einer Stoßwellenquelle mit Reflektor zur Erläuterung der Fokussierung.

Fig. 3b eine im Rahmen der Erfindung gemessene inverse N-Welle.

[0014] Gemäß Fig. 1 wird eine unipolare Stoßwelle 1, die von einer beliebigen, nicht dargestellten Stoßwellenquelle erzeugt worden ist und die sich im Medium 4 ausbreitet, von dem dünnen Grenzschichtmedium 2 als inverse N-Welle 3 reflektiert. An dieser besonderen Reflexion sind also drei Medien beteiligt: das Fluid 4, das Grenzschichtmedium 2 und das unterhalb angrenzende Medium 5, das als Gas, vorzugsweise Luft, vorgesehen ist.

[0015] In Fig. 2 ist das erfindungsgemäße Grenzschicht-Medium 2 im Fall einer EMSE gezeigt. Hier stellt die Membran das Grenzschicht-Medium 2 dar. Das Ausbreitungsmedium ist als Fluid 4 bezeichnet. Unterhalb der Membran befindet sich, getrennt durch einen zB. Mit Luft gefüllten Zwischenraum 10 eine flächenhafte Spule, bestehend aus dem Spulendraht 6, der Spulenvergussmasse 7 und dem Spulenträger 8. Auf dem erfindungsgemäßen Grenzschicht-Medium 2 befindet sich noch eine dünne Gummischicht 9.

[0016] Eine Fokussierung im Punkt F der an dem Grenzschicht-Medium 2 erzeugten inversen N-Wellen läßt sich im wesentlichen mit einer Bauweise entsprechend der Abb. 1 aus der DD-Patentschrift 7108 realisieren, wenn man in dieser das Piezo-Element durch eine EMSE ersetzt und deren Membran entsprechend dem Schutzbegehren, vor allem gemäß dem Kennzeichen von Patentanspruch 1 ausbildet.

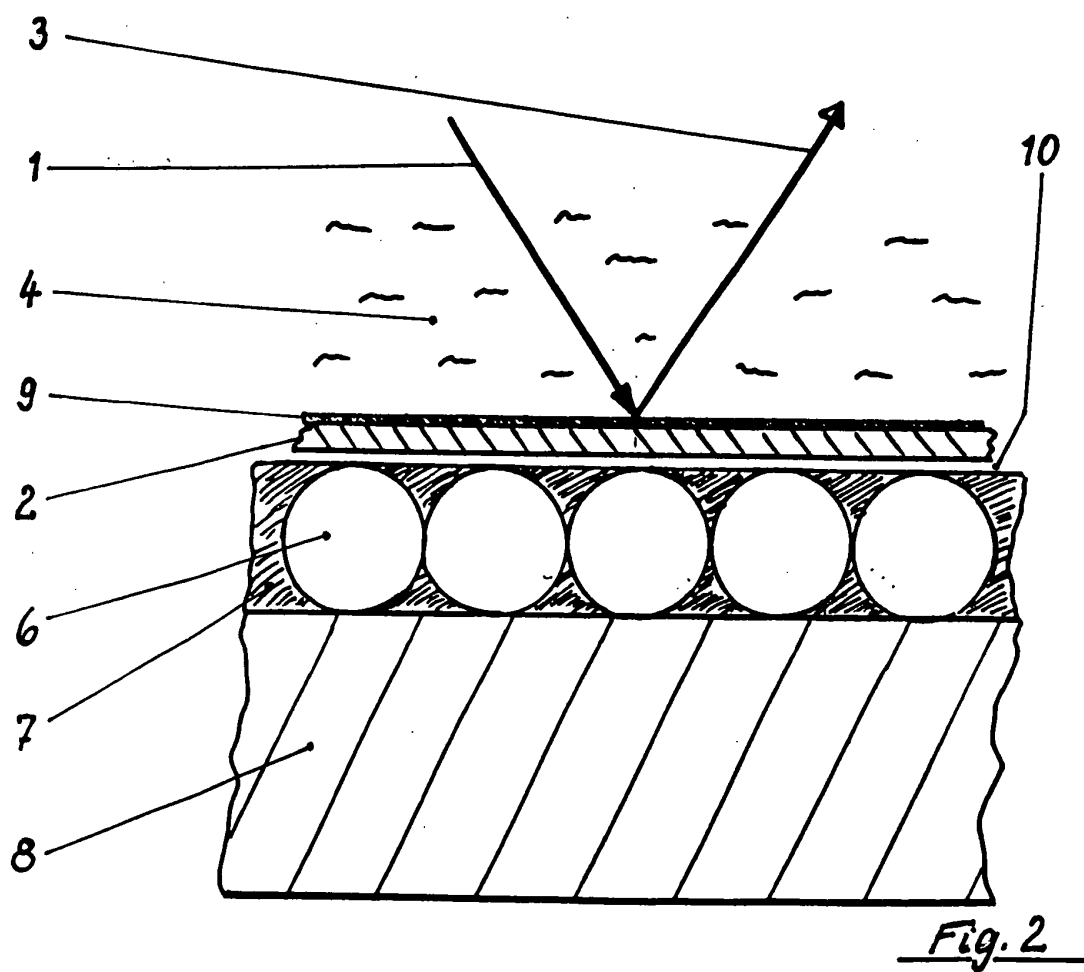
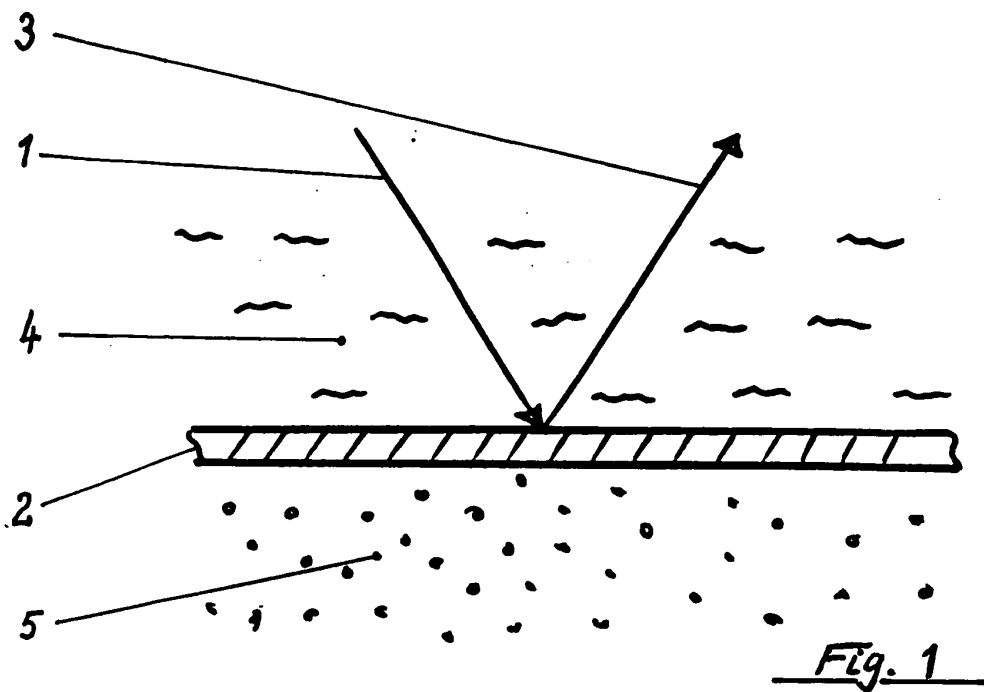
[0017] Gemäß Fig. 3a wird eine Schallwelle 11 von einem akustisch harten Reflektor 12 in Form einer reflektierten Schallwelle 13 auf das erfindungsgemäße Grenzschicht-Medium 2 zurückgeworfen. Die dort reflektierte Schallwelle 14 ist eine inverse N-Welle, deren Druck-Zeit-Verlauf in der gemessenen Kurve 15 gemäß Fig. 3b dargestellt ist.

ist als die Signallänge des akustischen Impulses in (2), und dessen akustische Impedanz deutlich verschieden ist sowohl von der Impedanz des Ausbreitungsmediums (4) als auch von demjenigen des dahinter angrenzenden Mediums (5).

2. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bestehend aus einem Therapiekopf mit elektromagnetischer Stoßwellenquelle, der einen konventionellen Reflektor aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflektor (12) den unipolaren Druckpuls auf die erzeugende Membran (2) zurückwirft, welche gemäß dem Kennzeichen von Anspruch 1 ausgebildet ist, wodurch bipolare inverse N-Wellen entstehen, die sich beispielsweise in einem Fokuspunkt (F) treffen.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Grenzschicht-Medium (2) eine Multilayer-Struktur aufweist, bestehend aus mindestens zwei verschiedenen Grenzschichtwerkstoffen mit einer deutlich geringeren Gesamtdicke gegenüber der Signallänge des akustischen Impulses.
4. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Grenzschicht-Medium (2) eine zweilagige Struktur aufweist, bestehend aus einer dünnen Gummischicht (9) und einer dünnen Aluminiumschicht von jeweils einigen 100 µm Dicke.
5. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** zusätzlich zur Multilayer-Struktur ein nahezu gasgefüllter Zwischenraum (10), z.B. eine dünne Luftschicht (5) oder ein von Hohlräumen durchzogenes Medium wie z.B. faserartiges Papier oder poriger Schaumstoff, vorgesehen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wandlung der unipolaren, von einer geeigneten Stoßwellenquelle erzeugten akustischen Impulse bzw. Stoßwellen in bipolare akustische Impulse zur Erzeugung inverser N-Wellen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unipolaren Impulse bzw. Stoßwellen an einem Grenzschicht-Medium (2) reflektiert werden, welches aus einem Werkstoff besteht, dessen Dicke deutlich geringer



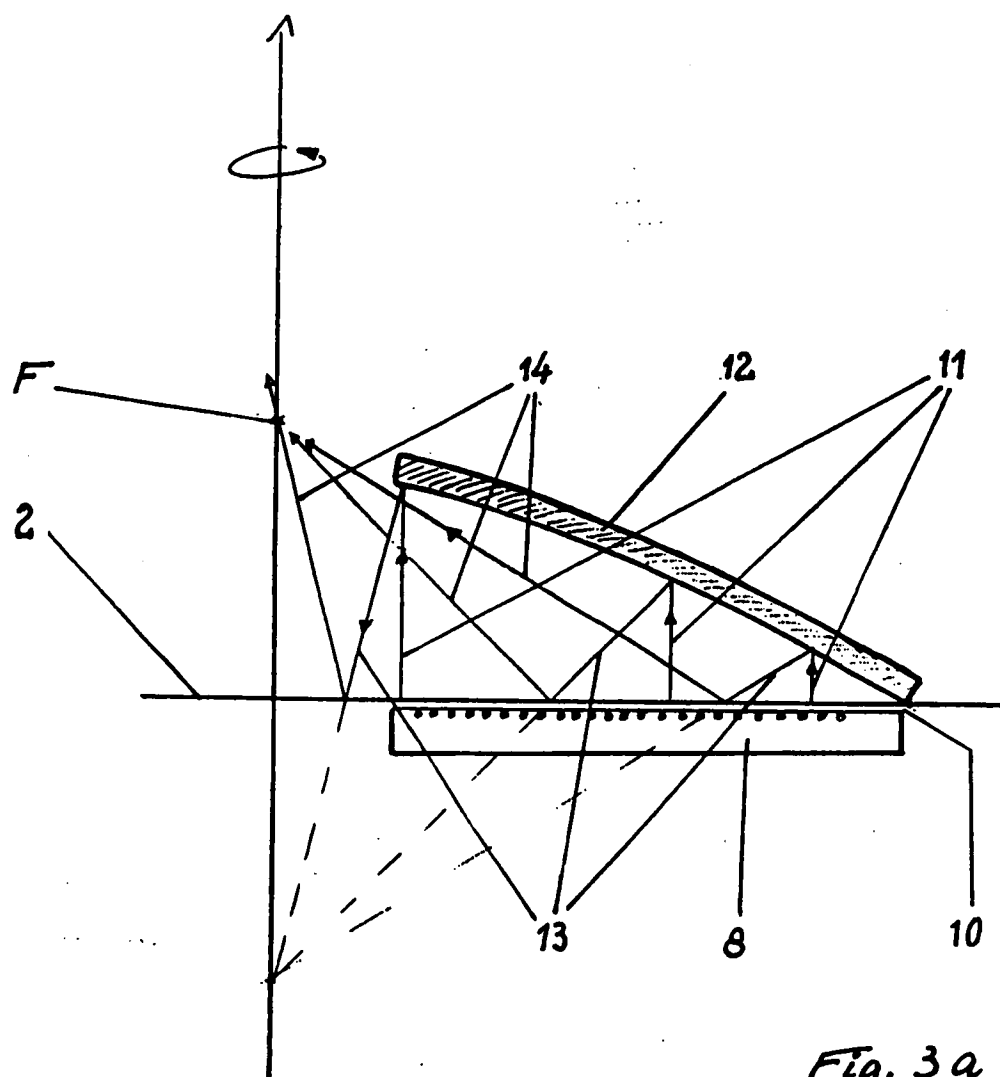


Fig. 3a

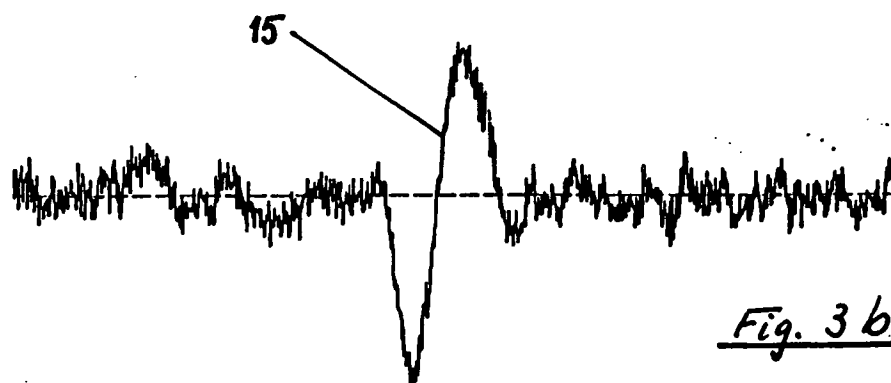


Fig. 3b