

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1803/2011  
(22) Anmeldetag: 07.12.2011  
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2012

(51) Int. Cl. : **G01N 27/72** (2006.01)

(30) Priorität:  
11.08.2011 AT A 1156/2011 beansprucht.  
  
(56) Entgegenhaltungen:  
WO 9826378 A2  
WO 2011000723 A2  
WO 2011000725 A1

(73) Patentinhaber:  
SÜSS DIETER DR.  
3130 HERZOGENBURG (AT)  
LITZKA BERND MAG.  
1030 WIEN (AT)

(54) **BEHÄLTER MIT IDENTIFIZIERBAREN MAGNETISCHEN MARKERN FÜR DIE ZUBEREITUNG VON NAHRUNGSMITTELN IN EXTRAKTIONSMASCHINEN**

(57) Die Erfindung schlägt vor Behälter (21) wie Kapseln, Pads oder Tabs für die Zubereitung von Nahrungsmittel in Extraktionsmaschinen (23) mit speziellen magnetisierbaren Markern (20) auszustatten um die Behälter (21) identifizieren zu können. Es werden weichmagnetische Legierungen mit charakteristischen nicht linearen magnetischen Eigenschaften vorgeschlagen, wobei die speziellen, nicht linearen Eigenschaften zur Identifikation dienen. Die magnetischen Marker (20) sind besonders weichmagnetisch, was bevorzugt in amorphen oder nanokristallinen Magnetmaterialien der Fall ist, und die Marker (20) weisen dünne und lange Geometrien auf.

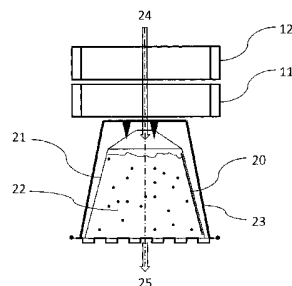


Fig. 34

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Behälter, wie Kapseln, Pads oder Tabs für die Extraktion von Nahrungsmitteln wie beispielsweise Kaffee, Tee oder Babynahrung in Extraktionsmaschinen, wobei der Behälter zumindest in einem Segment eine Rotationssymmetrie aufweist, mit Rotationsachse  $c_1$  und der Behälter mindestens einen magnetischen Marker beinhaltet welcher zur Identifikation des Behälters genutzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetische Marker mindestens ein weichmagnetisches Element beinhaltet, welches eine stetige nicht-lineare  $\mu_0 H - J$  Kurve aufweist und, dass der Entmagnetisierungsfaktor des weichmagnetischen Elements in die Richtung von  $c_1$  kleiner als 0.05 ist.

**[0002]** DE69210084 T2 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Getränken mittels geschlossener Portionspackungen und Geräte zur Durchführung dieses Verfahrens. Eine Detektion oder Identifikation der Behälter wird nicht dargestellt.

**[0003]** CA915780 A beschreibt eine Methode und eine Maschine zur Detektion der Identität von Objekten in einer Prüfzone, um Diebstahl zu verhindern, indem ein ferromagnetisches Material an einem Objekt fixiert wird und dieses in einem pulsierenden Magnetfeld exponiert wird und die Detektion durch ein Frequenzband erfolgt. Eine detaillierte Analyse des, durch den Marker beeinflussten Signals zur Diskriminanz ist nicht offenbart.

**[0004]** W09826378 A2 beschreibt die Detektion von Banknoten, Reisepässen und ähnlichen Dokumenten mittels länglicher magnetischer Partikel mit einem Entmagnetisationsfaktor kleiner als  $1/250$  und einem Durchmesser kleiner als 30 Mikrometer und einem Sättigungsfeld größer als 100 A/m, wobei das, einem Magnetfeld ausgesetzte magnetische Partikel ein Signal verursacht, welches über die Analyse von Oberwellen eine Diskriminanz ermöglicht.

**[0005]** DE102005062016 A1 offenbart ein Verfahren zur automatischen Kontrolle von Flaschen und Pfandgut durch weichmagnetische Sensorstreifen und magnetisch halbharte Entwerterstreifen.

**[0006]** EP1515280 A2 beschreibt eine Pfandmarkierung, ein Rücknahmegerät und eine Pfandkontrolle mittels eines ferromagnetischen Indikatorelements, welches nicht ganzheitlich bis zur Remanenz magnetisiert wird. Eine detaillierte Analyse des Signals zur Diskriminanz wird nicht offenbart.

**[0007]** WO2005044067 A1 beschreibt die Identifikation von Behältern durch magnetische oder optische Methoden. Dabei wird für die offenbarte magnetische Methode ein rotierender Magnetfeldlesekopf vorgeschlagen. Die Information wird in hartmagnetischen Magnetbändern oder Ringen gespeichert. Die Längsrichtung des Magnetbandes ist senkrecht zur Rotationsachse des Behälters.

**[0008]** WO2011000723 A2, WO2011000724 A1 sowie WO2011000725 A1 schlagen vor, magnetische Marker, welche in Kapseln für Getränkemaschinen integriert sind, zu detektieren, indem der Marker mittels einer Sendespule durch eine Periode einer Sinusschwingung angeregt wird. Auf Grund von mindestens einem Barkhausensprung des magnetischen Markers führt der Marker zu einem Spannungsspeak in der induzierten Spannung in der Detektionsspule. Um diese Veränderung der induzierten Spannung zu untersuchen, wird vorgeschlagen die Spannungs-Zeit Kurve auf Sprünge zu untersuchen. Die Position der Sprünge dient dazu um den Marker zu identifizieren. Auf Grund von Störeinflüssen, wie beispielsweise magnetischen Feldern, die ebenfalls Spannungen in der Detektionsspule induzieren, ist eine verlässliche Detektion mit dieser Methode nicht möglich, da jene Sprünge, verursacht durch den Marker, nicht von dem zufälligen Rauschen zu unterscheiden sind. Ferner werden Barkhausensprünge durch Produktionsprozesse sowie mechanische Spannungen stark beeinflusst, was eine reproduzierbare und verlässliche Detektion in der praktischen Anwendung mit Standardherstellungsprozessen verhindert. In WO2011000723 A2, WO2011000724 A1 sowie WO2011000725 A1 wird beschrieben, dass die bevorzugte Länge der magnetischen Elemente zwischen 5 und 20 mm ist, besonders bevorzugt zwischen 8 und 15 mm (Seite 7, WO 2011000725 A1). Es ist jedoch aus

der Literatur bekannt, dass Barkhausensprünge nur in langen Drähten auftreten. So wird von Atalay and Bayri („Low field magnetoimpedance in FeSiB and CoSiB amorphous wire“, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Seite 1365, Volume, 272 - 276, 2004) beschrieben, dass für Drähte länger als 7 cm ein Barkhausensprung auftritt. Für Drähte zwischen 4 cm und 7 cm zwei Barkhausensprünge auftreten und für Drähte unter 4 cm keine Barkhausensprünge auftreten. Somit sind diese Drähte in der bevorzugten Länge nicht geeignet um in der in WO2011000723 A2, WO2011000724 A1 sowie WO2011000725 A1 beschriebenen Art als magnetische Marker zu dienen, da sie in der gewünschten Länge für den Einsatz beispielsweise in Kaffeekapseln keine geeigneten Barkhausensprünge zur Identifikation zeigen.

**[0009]** Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ist es, die oben genannten Probleme der Detektion von Markern zu lösen um eine vorteilhafte, industriell herstellbare Behälter-Marker Anordnung darzustellen und eine, auf diese Behälter-Marker Anordnung optimal gestaltete und verlässliche Detektionsmethode zur Diskriminanz von Behältern, wie Kapseln, Pads oder Tabs in Extraktionsmaschinen, welche robust gegen Störeinflüsse ist und problemlos Behälter mit verschiedenen Markern, die verschiedene magnetische Eigenschaften aufweisen, unterscheiden kann, vorzuschlagen. Im speziellen werden Marker vorgeschlagen, die zur Identifikation keine Barkhausensprünge benötigen.

**[0010]** Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass nicht Sprünge in den magnetischen Marker Materialien zur Identifikation dienen sondern, dass die für bestimmte weichmagnetische Legierungen speziellen, nicht linearen magnetischen Eigenschaften charakteristisch sind, und somit zur Identifikation genutzt werden können. Voraussetzung ist, dass die magnetischen Marker besonders weichmagnetisch sind, was bevorzugt in amorphen oder nanokristallinen Magnetmaterialien der Fall ist und die Marker dünne und lange Geometrien aufweisen.

**[0011]** Im speziellen werden die magnetischen Marker durch zeitabhängige Magnetfelder magnetisiert. Die Anwesenheit der Marker beeinflusst diese Magnetfelder. Das detektierte Magnetfeld beinhaltet Beiträge der magnetischen Marker die in einer Spektralanalyse effizient analysiert werden. Im speziellen werden die Phasen und Amplituden der Oberwellen analysiert. Weiters werden in erfindungsmäßigen Ausgestaltungen Marker verwendet, welche durch die Anbringung von elektrisch leitfähigen Schichten, welche beispielsweise den Marker umschließen, von hochfrequenten, elektromagnetischen Störungen der Umgebung abgeschirmt werden, was zu einer optimierten Detektionsrate führt.

**[0012]** Das periodische Detektorsignal  $U_D(t)$  mit der Periode  $T$ , wobei die Periode  $T$  wie folgt mit der Frequenz  $f$  und der Kreisfrequenz  $\omega$  wie folgt zusammenhängt,  $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$ , kann mittels einer Fourierreihe dargestellt werden:

$$U_D(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{in\omega t},$$

**[0013]** wobei die komplexen Koeffizienten  $c_n$  wie folgt aus dem Detektorsignal  $U_D(t)$  bestimmt werden können:

$$c_n = \frac{1}{T} \int_c^{c+T} U_D(t) e^{in\omega t} dt$$

**[0014]** Für die Detektion der Marker kann somit sowohl die Amplitude der Oberschwingungen als auch die Phase genutzt werden. Im speziellen kann die Phase von Oberschwingungen zu der Phase des Erregersignals für die Detektion in Beziehung gesetzt werden. Das Erregersignal kann beispielsweise in der Anregespule gemessen werden oder in der Grundfrequenz des induzierten Signals.

**[0015]** Wird das Detektionssignal durch einen Analog-Digitalwandler transformiert, stehen diskrete Spannungswerte zur Verfügung. In diesem Fall wird die Fourieranalyse durch die diskrete Fourier Analyse oder schnelle Fourier Analyse (FFT) ersetzt. Die Amplitude der Ober-

schwingung  $n$  ist durch  $A_n = \sqrt{c_n^2 + c_{-n}^2}$  gegeben, wobei im Folgenden die ungeraden harmonischen Amplituden mit  $a_n = A_{2n-1}$  bezeichnet werden.

**[0016]** Die vorgeschlagene Methode ist nicht auf Basisvektoren von  $e^{in\alpha}$  beschränkt, sondern schlägt vor eine harmonische Analyse auf lokalkompakte, topologische Gruppen anzuwenden, wobei das Spektrum wie folgt erlangt werden kann:

$$F(f): \hat{G} \rightarrow C$$

$$F(f)(\omega) = \int_G f(x) \overline{\omega(x)} d\lambda(x)$$

**[0017]** Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen in den folgenden Zeichnungen dargestellt und näher erläutert. Es zeigt dabei

**[0018]** Fig. 1:  $\mu_0 H$  - J Kurven von 3 verschiedenen Marker Materialien

**[0019]** Fig. 2:  $\mu_0 H$  - J Kurven von magnetischen Marker Materialien mit Barkhausensprüngen

**[0020]** Fig. 3: Induzierte Spannung in der Detektionsspule

**[0021]** Fig. 4: Spektrum für Marker Material 1

**[0022]** Fig. 5: Spektrum für Marker Material 2

**[0023]** Fig. 6: Spektrum für Marker Material 3

**[0024]** Fig. 7: Verhältnis von verschiedenen ungeraden harmonischen Schwingungen zweier verschiedener Marker

**[0025]** Fig. 8: Marker Material mit und ohne Koerzitivfeld

**[0026]** Fig. 9: Induziertes Signal für Marker Material mit und ohne Koerzitivfeld

**[0027]** Fig. 10: Phasenbeziehung verschiedener harmonischer Schwingungen

**[0028]** Fig. 11: Destruktive Interferenz von 4ten ungeraden harmonischen Schwingungen

**[0029]** Fig. 12: Destruktive Interferenz von 3ten ungeraden harmonischen Schwingungen

**[0030]** Fig. 13: Marker mit Permanentmagneten

**[0031]** Fig. 14: Beispielhafte symmetrische Anordnung kompensierter Empfangsspulen

**[0032]** Fig. 15: Asymmetrische Anordnung kompensierter Empfangsspulen

**[0033]** Fig. 16: Koaxiale Anordnung kompensierter Empfangsspulen

**[0034]** Fig. 17: Alternative koaxiale Anordnung kompensierter Empfangsspulen

**[0035]** Fig. 18: Kompensiertes Signal durch Überlagerung mit dem Eingangssignal

**[0036]** Fig. 19: Kugelförmige Marker Probe in koaxialen Empfangsspulen

**[0037]** Fig. 20:  $\mu_0 H$  - J Kurven von 3 amorphen Cobalt Legierungen als Marker

**[0038]** Fig. 21:  $\mu_0 H$  - J Kurven von einer weiteren amorphen Cobalt Legierung als Marker

**[0039]** Fig. 22:  $\mu_0 H$  - J Kurve von Eisen als Marker

**[0040]** Fig. 23: Induziertes Zeitsignal einer amorphen Cobalt Legierung (38x12x0.05)mm<sup>3</sup> als Marker

**[0041]** Fig. 24: Induziertes Zeitsignal einer amorphen Cobalt Legierung (38x1.5x0.05)mm<sup>3</sup> als Marker

- [0042] Fig. 25: Induziertes Zeitsignal einer amorphen Cobalt Legierung (11x1.5x0.05)mm<sup>3</sup> als Marker
- [0043] Fig. 26: Spektrum einer amorphen Cobalt Legierung (38x12x0.05)mm<sup>3</sup> als Marker
- [0044] Fig. 27: Spektrum einer amorphen Cobalt Legierung (38x1.5x0.05)mm<sup>3</sup> als Marker
- [0045] Fig. 28: Spektrum einer amorphen Cobalt Legierung (11x1.5x0.05)mm<sup>3</sup> als Marker
- [0046] Fig. 29: Spektrum von Eisen als Marker
- [0047] Fig. 30: Darstellung einer möglichen Anordnung eines längsförmigen Markers in einer Kaffeekapsel an der Kapselwand
- [0048] Fig. 31: Einbringung mehrerer Marker rotationssymmetrisch in eine Kapsel (beispielhafter kreisrunder oder auch länglicher Kapselquerschnitt)
- [0049] Fig. 32: Querschnitt eines Kaffeepads mit einer möglichen radialen Anordnung eines gekrümmten Markers
- [0050] Fig. 33: Querschnitt eines Kaffeepads mit einer möglichen zentralen Anordnung eines längsförmigen Markers entlang oder parallel zur Drehachse des Pads.
- [0051] Fig. 34: Darstellung der diskriminierenden Detektionsvorrichtung mit einer möglichen Anordnung von Spulen, bei der eine Kaffeekapsel mit einem erfindungsmäßigen Marker an der Kapselwand in einer geschlossenen Druckkammer einer Extraktionsmaschine positioniert ist.

[0052] Ein sinusförmiges Anregefeld mit der Frequenz  $f_1$ , induziert ohne Anwesenheit eines, in oder auf einem Behälter 21 positionierten Markers 20 eine sinusförmige induzierte Spannung  $U_D$ , die in der praktischen Anwendung noch durch zufälliges Rauschen überlagert ist. Aufgrund der nicht Periodizität des Rauschens, trägt das Rauschen nicht zu den Amplituden der Frequenzanalyse bei und es entsteht ein klarer Peak in der Frequenzkurve bei  $f_1$ . Bei einem sinusförmigen Signal ist nur die Amplitude  $a_1$  von Null unterschiedlich.

[0053] Wird nun ein Behälter 21 mit einem Marker 20 in die Nähe der Sendespule 12 bzw. einem Magnetfeldsensor 11 der Extraktionsmaschine gebracht, wird der Marker 20 durch das Anregefeld magnetisiert. Als Sendespule 12 bzw. Magnetfeldsensor 11 können beispielsweise Luftspulen oder auch Ferritspulen genutzt werden. Luftspulen haben den Vorteil, dass sie eine hervorragende lineare Charakteristik bezüglich der Frequenz zeigen und kostengünstige Standardelemente sind, die auch über einen großen Feldbereich einsetzbar sind. Bei der Verwendung von Ferritspulen ist zu beachten, dass der Ferritkern eine lineare Magnetisierung als Funktion des Anregefeldes besitzt um nicht das Signal zu verfälschen.

[0054] Weitere Möglichkeiten das Magnetfeld des magnetischen Markers 20 zu detektieren sind GMR „Giant magnetoresistance“ Sensoren und auch TMR „Tunnel Magnetoresistance“, sowie AMR „Anisotrope Magnetoresistance“, sowie auch CMR Sensoren „Colossal Magneto Resistance“, bei denen der elektrische Widerstand als Funktion des Magnetfeldes gemessen werden kann.

[0055] Für niedrige Operationsfrequenzen ist beispielsweise auch der Einsatz von Flux-Gate Sensoren möglich.

[0056] Fig. 1 zeigt die magnetische Polarisierung  $J$  (T) verschiedener Marker-Materialien als Funktion des externen Feldes  $\mu_0 H$  (mT). In Abbildung 1 sind drei verschiedene Materialien dargestellt, wobei Material 3 die höchste Suszeptibilität aufweist. Die Suszeptibilität von Material 2 ist um einen Faktor 3 geringer. Die geringste Suszeptibilität weist Material 1 auf. Alle gezeigten Materialien zeigen eine stetige  $J - \mu_0 H$  Kurve. Das heißt, es treten keine signifikanten Sprünge in der Magnetisierung bei einem bestimmten Feldwert auf. Im speziellen wird eine  $J - \mu_0 H$  Kurve als stetig bezeichnet, wenn die Magnetisierung als Funktion des externen Feldes, für keinen Feldwert eine Suszeptibilität aufweist die größer als  $1 \times 10^7$  ist. Im Gegensatz zu stetigen  $J - \mu_0 H$  Kurven, wo keine Barkhausensprünge auftreten, sind

**[0057]** in Fig. 2 typische  $J - \mu_0 H$  Kurve gezeigt, die Barkhausensprünge aufweisen. Abbildung 2 (Marker Material 6) zeigt eine  $J - \mu_0 H$  Kurve mit einem Barkhausensprung von einem FeSiB Draht mit einer Länge von 10 cm und einem Durchmesser von 0.125 mm. Abbildung 2 (Marker Material 7) zeigt eine typische  $J - \mu_0 H$  Kurve, wenn zwei Drähte mit Barkhausensprüngen, in einem nahen Abstand zueinander gebracht werden. Auf Grund der Streufeldwechselwirkung entsteht die gezeigte Form der  $J - \mu_0 H$  Kurve.

**[0058]** Wird ein Behälter 21 mit einem Marker 20 mit einer geringen Suszeptibilität in das Sendefeld der Extraktionsmaschine gebracht, wie beispielsweise Material 3, wird dieses Material nicht durch das Sendefeld gesättigt. Das heißt, das Sendefeld wird durch den Marker 20 linear verstärkt. Dieses Feld kann durch die Detektionsspule 11 detektiert werden und ist auf Grund des linearen  $J(B)$  Zusammenhang weiterhin sinusförmig, wie in Fig. 3 zu sehen ist. Diese weiterhin sinusförmige Form der Spannungs-Zeit Kurve kann auch im Frequenzspektrum gesehen werden, da nur ein Peak bei der Grundfrequenz zu sehen ist (Fig. 4).

**[0059]** Wird hingegen ein magnetisches Material mit hoher Suszeptibilität in die Nähe der Sendespule 12 der Extraktionsmaschine gebracht kann das Sendefeld, das Material sättigen. Voraussetzung ist, dass das Sendefeld am Ort des Markers 20 ein Feld erzeugt, das den Marker 20 in den nicht linearen Teil der  $J - \mu_0 H$  treibt. Dies ist jedenfalls gewährleistet, wenn das Anregefeld größer als das Sättigungsfeld  $B_s$  ist. In Abbildung 1 ist das Sättigungsfeld  $B_s$  als das Feld definiert, bei dem sich die Suszeptibilität für Felder  $H > H_c$  des magnetischen Markers 20 um mindestens einen Faktor 10 ändert.

**[0060]** Dadurch wird, solange das Anregefeld kleiner als  $B_s$  ist, dieses Feld signifikant verstärkt. Ist der Marker 20 hingegen schon gesättigt, wird durch den Marker 20 das Anregefeld nicht mehr verändert. Dies führt in der Folge zu einer Veränderung der Form der induzierten Spannungs-Zeit Kurve wie in Abbildung 3 zu sehen ist. Diese veränderte Spannungs-Zeit Kurve führt zu der Ausbildung von Oberschwingungen, die durch Peaks bei vielfachen der Grundfrequenz im Frequenzspektrum erfindungsmäßig klar zu identifizieren sind, wie in Abbildung 5 zu sehen ist. Die Amplituden von  $a_n$  werden nun auch von Null unterschiedlich für  $n > 1$ , wie in Fig. 5 und Fig. 6 zu sehen ist.

**[0061]** In Fig. 4, 5 und 6 wurde ein Marker Material mit einem zu vernachlässigendem Koerzitivfeld verwendet. Wird ein weichmagnetisches Marker Material 20 mit einem Koerzitivfeld  $H_c$  verwendet, führt dies zu einer Phasenverschiebung zwischen dem Detektionssignal und dem Anregesignal. Diese Phasenverschiebung hängt direkt mit dem Koerzitivfeld zusammen. Somit können magnetische Marker Materialien mit unterschiedlichen Koerzitivfeldern unter anderem durch die Phasenverschiebung unterschieden werden. Zur Messung und Detektion von Behältern 21 können daher sowohl die Amplituden der Oberschwingungen als auch die Phasen der Oberschwingungen für die Unterscheidung verschiedener Marker Materialien verwendet werden.

**[0062]** Das Sättigungsfeld der magnetischen Polarisation in Abbildung 1 ist nicht nur durch die intrinsischen Eigenschaften der magnetischen Legierung des Markers 20 bestimmt. Die Geometrie des Markers 20 beeinflusst wesentlich das benötigte Feld um die Probe zu sättigen. Das Feld  $\mu_0 H_s$  um eine Probe zu sättigen lässt sich bestimmen aus,

$$\mu_0 H_s = \mu_0 H_{s,\infty} + N J_s,$$

**[0063]** wobei  $\mu_0 H_{s,\infty}$  das intrinsische Sättigungsfeld ist, das durch die weichmagnetische Eigenschaft des Marker Materials gegeben ist. Dieses Feld kann in einem geschlossenen Kreis, beispielsweise einer Ringprobe, bestimmt werden, wo keine Entmagnetisierung der Probe durch die Enden der Probe stattfindet. In diesen geschlossenen Kreisen kann auch die intrinsische Suszeptibilität bestimmt werden.

**[0064]** Bei nicht geschlossenen Magnetkreisen wird das Sättigungsfeld durch das Entmagnetisierungsfeld  $\mu_0 H_d = N J_s$  erhöht, wobei  $N$  der Entmagnetisierungsfaktor ist, der nur von der Markergeometrie abhängt. In Tabelle 1 ist der Entmagnetisierungsfaktor für einen Marker 20 als Funktion der Länge angegeben.

**[0065]** Tabelle 1 - Entmagnetisierungsfaktor N für einen Marker 20 mit den Dimensionen 0.3 cm x 0.005 cm und einer variablen Länge L in cm.

L (cm)	Entmagnetisierungsfaktor N
4	0.0021
3	0.0027
2	0.0041
1	0.008
0.5	0.015

**[0066]** Umso länger der Marker 20 ist, umso geringer ist der Entmagnetisierungsfaktor und der Marker 20 kann durch kleine Anregefelder gesättigt werden, was für die gegenständliche Methode bevorzugt ist.

**[0067]** Neben der intrinsischen Suszeptibilität kann auch die Geometrie, wie die Länge des Markers 20 zur Unterscheidung verschiedener Marker 20 und Behälter 21 eingesetzt werden. So ist das magnetische Material von Marker 2 und Marker 3 ident. Lediglich die Länge der Marker 20 ist unterschiedlich. Wird die Länge beispielsweise von 1 cm auf 3 cm erhöht, reduziert sich der Entmagnetisierungsfaktor um einen Faktor von 2.9. Dies entspricht dem Unterschied von Marker 2 und Marker 3.

**[0068]** Dadurch ändert sich das Verhältnis der sechsten ungeraden harmonischen Schwingung bezogen auf die Grundfrequenz von  $a_6/a_1 = 0.49$  auf  $a_6/a_1 = 0.03$  also um einen Faktor 15, wie in Fig. 7 zu sehen ist. Bei der Zählweise der Schwingungen werden erfindungsgemäß nur ungerade harmonische Schwingungen gezählt, da bei Abwesenheit von homogenen Magnetfeldern die geraden harmonischen Amplituden gleich Null sind. Wird Bezug auf gerade harmonische Schwingungen genommen wird dies speziell erwähnt. Die erste gerade harmonische Schwingung entspricht  $A_2$ .

**[0069]** Neben der Geometrie können verschiedene Marker 20 durch die intrinsische Suszeptibilität unterschieden werden. Verschiedene Suszeptibilitäten können beispielsweise durch unterschiedliche Wärmebehandlung und oder Feldbehandlungen der Marker 20 realisiert werden.

**[0070]** In Fig. 8 sind zwei verschiedene Marker Materialien dargestellt, wobei Material 4 ein vernachlässigbares Koerzitivfeld besitzt und Material 5 ein Koerzitivfeld  $\mu_0 H_c$  von 1 Militesla besitzt. Auf Grund des Koerzitivfeldes von Material 5 wird dieser Marker 20 erst bei größeren Feldern als Material 4 durch ein angelegtes magnetisches Feld in Sättigung getrieben. Daraus resultiert, dass die Peaks in Abbildung 9 für Material 5 zu größeren Zeiten, das entspricht größeren Feldern, verschoben sind. Somit entsteht eine Phasenverschiebung zwischen der Grundfrequenz und der ersten, ungeraden harmonischen Schwingung. Diese Phasenverschiebung ist in Fig. 10 dargestellt. Die Amplituden der verschiedenen harmonischen Schwingungen werden für Material 4 und Material 5 nicht oder nur kaum beeinflusst. Das Koerzitivfeld verursacht lediglich eine Phasenverschiebung. Diese kann genutzt werden um verschiedene Marker 20 zu unterscheiden. Beispielsweise können die Phasen zwischen der zweiten ungeraden harmonischen Schwingung und der Grundfrequenz für die Identifikation genutzt werden.

**[0071]** Werden mehrere Marker 20 mit unterschiedlichen Koerzitivfeldern verwendet, erzeugt dies ebenfalls zusätzliche Information und sowohl die Phasen als auch die Amplituden der harmonischen Frequenzen werden durch die Anwesenheit weiterer Marker 20 signifikant verändert. So besteht auch die Möglichkeit durch die spezifische Wahl der Verhältnisse der Koerzitivfelder sehr spezielle und unverwechselbare harmonische Spektren zu erreichen. Normalerweise nehmen die Amplituden der höheren harmonischen Schwingungen mit steigendem Index ab, wie beispielsweise in dem Spektrum für Eisen, in Abbildung 29, zu sehen ist.

**[0072]** Durch verschiedene Koerzitivfelder kann eine destruktive Interferenz von verschiedenen harmonischen Amplituden erreicht werden. Sei  $g_1(t)$ , das zu untersuchende Zeitsignal von Marker 1 und  $G_1(\omega)$  die Fouriertransformierte der Kreisfrequenz. Wird ein Marker 2 zusätzlich verwendet, der ein anderes Koerzitivfeld als Marker 1 besitzt führt das zu einer Phasenver-

schiebung ( $\Delta t$ ) des Zeitsignals. Im folgenden wird angenommen:  $g_2(t-\Delta t)$ , ist das Zeitsignal von Marker 2 und die

**[0073]** Fouriertransformierte der Kreisfrequenz ist  $e^{-i\Delta t\omega}G_2(\omega)$ . Das Gesamtspektrum ergibt sich zu,

$$G_{\text{gesamt}}=G_1(\omega)+e^{-i\Delta t\omega}G_2(\omega).$$

**[0074]** Destruktive Interferenz der Amplitude mit der Frequenz  $\omega_0$  wird erreicht wenn,

$$e^{-i\Delta t\omega} = -1$$

**[0075]** Das führt zu

$$\Delta t = \frac{\pi}{\omega}$$

**[0076]** Besitzt der Marker 1 ein Koerzitivfeld  $H_{c,1}$  und wird dieser Marker 20 bei der Zeit  $t_1$  ummagnetisiert, ist die Bedingung für destruktive Interferenz, dass Marker 2 zu der Zeit  $t_2 = t_1 + \Delta t$  ummagnetisiert. Somit muss das Koerzitivfeld von Marker 2 so gewählt werden, dass dieser bei der Zeit  $t_2 = t_1 + \Delta t$  ummagnetisiert.

**[0077]** Im Folgenden wird eine Anwendung dargestellt, bei der die Koerzitivfelder so gewählt werden, dass einmal die 3. ungerade harmonische Schwingung ein Minimum aufweist und einmal die 4. ungerade harmonische Schwingung ein Minimum aufweist.

**[0078]** Um destruktive Interferenz der 4. ungeraden harmonischen Schwingung zu erreichen, müssen spezifische Marker mit folgenden Koerzitivfeldern verwendet werden:

**[0079]**  $H_{c,1} = 0.1 \text{ mT}$

**[0080]**  $H_{c,2} = 1.82 \text{ mT}$ .

**[0081]** Ein externes Feld wird mit einer Amplitude von 4 Militesla und einer Kreisfrequenz von  $\omega = 2\pi f = 100 \text{ Hz}$ , angelegt. Abbildung 11 zeigt, dass die 4 ungerade harmonische Schwingung ein Minimum aufweist.

**[0082]** Werden Marker mit

**[0083]**  $H_{c,1} = 0.1 \text{ mT}$

**[0084]**  $H_{c,2} = 2.43 \text{ mT}$ .

**[0085]** verwendet ist ein Minimum der fünften harmonischen Schwingung zu beobachten wie in zu sehen ist.

**[0086]** Diese äußerst speziellen Spektren können erfindungsgemäß für die Identifikation der Marker verwendet werden.

**[0087]** In der gegenständlichen Ausführung ist von Bedeutung, dass die Marker 20 keine, durch Störeinflüsse hervorgerufene, abweichende magnetische Eigenschaften aufweisen. Solche Störeinflüsse können beispielsweise mechanische Spannungen sein, welche durch die mechanische Deformation der Behälter 21 verursacht werden.

**[0088]** Um diesen störenden Einfluss zu minimieren ist es vorteilhaft magnetische Marker Materialien mit keiner oder geringer Magnetostriktion zu verwenden. Die maximale Dehnungen  $\lambda = \Delta l / l$  (Magnetostruktionskonstante) des Markers 20, auf Grund von externen Magnetfeldern, sollte möglichst klein sein, beispielsweise kleiner als  $\lambda < 10 \text{ ppm}$  (parts per million) oder bevorzugt kleiner als  $\lambda < 1 \text{ ppm}$  sein.

**[0089]** Eine weitere Möglichkeit verschiedene Marker 20 zu unterscheiden kann durch das Anbringen von Permanentmagneten in der Nähe des Markers 20 realisiert werden. Werden beispielsweise Permanentmagnete 42a, 42b wie in Abbildung 13 gezeigt angebracht, wird der Marker 20 in drei Domänen aufgeteilt, die jeweils ein großes Entmagnetisierungsfeld aufweisen. Dadurch zeigt die Konfiguration in Abbildung 13 ein anderes harmonisches Spektrum vergli-

chen zu dem Marker 20, wenn die Permanentmagnete 42a, 42b entmagnetisiert sind oder jeweils in die gleiche Richtung magnetisiert sind. Als Permanentmagnete können Hartmagnete oder Semi-Hartmagnete verwendet werden. Ein weiterer Effekt von Permanentmagneten ist, dass sie den Arbeitspunkt des weichmagnetischen Elements 20 in einen Bereich mit einer veränderten intrinsischen Suszeptibilität verschieben. Dadurch ändert sich wieder das harmonische Spektrum.

**[0090]** Diese hartmagnetischen oder semihartmagnetischen Marker Materialien können auch verwendet werden, um nach Gebrauch des Behälters 21 den magnetischen Zustand des Markers 20 durch Anlegen eines Magnetfeldes zu ändern. Somit, ändert sich wieder das harmonische Spektrum und es kann detektiert werden ob der Marker 20 bereits in der Maschine verwendet wurde. Somit kann vermieden werden, dass Marker 20 aus den Behältern 21 entfernt werden und in anderen Behältern 21 angebracht werden. Beispielsweise können Semihartmagnete entmagnetisiert werden und das veränderte Streufeld verursacht eine Veränderung des harmonischen Spektrums des weichmagnetischen Elements 20.

**[0091]** Es ist auch möglich für magnetische Marker 20 hartmagnetische oder semihartmagnetische Materialien zu verwenden die eine Curietemperatur in jenem Temperaturbereich besitzen, der beim Einsatz in Extraktionsmaschinen während des Brühvorganges erreicht wird. Dadurch ändert sich das Streufeld des hartmagnetischen Sensor Materials irreversibel, wenn diese kritische Temperatur einmal überschritten wurde. Als Folge ändert sich das harmonische Spektrum des weichmagnetischen Marker Materials durch das Streufeld des Hartmagneten. Anstatt Sensor Materialien mit einer Curietemperatur können auch Materialien mit einem Phasenübergang erster Ordnung verwendet werden, wie beispielsweise magnetokalorische Materialien oder Shape-Memory Legierungen.

**[0092]** Werden als Marker 20 solche Materialien verwendet die ein gewisses Koerzitivfeld, beispielsweise größer dem Erdmagnetfeld, besitzen, kann mittels der Permanentmagnete 41a, 42b eine verschobene Hysteresekurve realisiert werden. Solange das Anregefeld kleiner als das Koerzitivfeld der Permanentmagnete 42a, 42b ist, führt dies zu einer unsymmetrischen Hysteresekurve des Markers 20. Als Folge ändert sich wieder das harmonische Spektrum des Markers 20.

**[0093]** Weiters können anstatt von zwei Permanentmagneten 42a, 42b auch nur einer oder auch mehrere Permanentmagneten verwendet werden. So kann die Unterscheidung der Marker 20 auch durch die Wahl der Stärke der Magnetisierung des Permanentmagneten bestimmt werden. In einem Behälter 21 können mehrere Marker 20 angebracht werden um multiple Bits zur Diskriminanz der Marker 20 realisieren zu können.

**[0094]** Zur Unterscheidung verschiedener Marker 20 können verschiedene Messungen mit unterschiedlichen Amplituden der Wechselfelder und auch mit unterschiedlichen Frequenzen durchgeführt werden. Da die Suszeptibilität von der Frequenz abhängt, zeigen Marker 20 bei verschiedenen Frequenzen unterschiedliche Spektren der Oberwellen. Dies erzeugt zusätzliche Information um unterschiedliche Marker 20 zu unterscheiden.

**[0095]** Weiters wird zusätzliche Information zur Unterscheidung von Marker 20 erreicht, wenn beispielsweise in den Behälter 21 für die Extraktion von Nahrungsmittel 22 zwei Marker 20 mit unterschiedlichen Sättigungsfeldern ( $B_{s,1}$  und  $B_{s,2}$ ) angebracht werden. Wenn  $B_{s,1} < B_{s,2}$  kann durch zwei Messungen mit verschiedener Amplitude des Wechselfeldes zusätzliche Information extrahiert werden. Wird zuerst eine Messung durchgeführt mit Anregefelder  $B_a$  mit der maximalen Amplitude  $B_{s,1} < B_a < B_{s,2}$  so wird der Marker 1 in Sättigung getrieben jedoch wird Marker 2 nicht gesättigt. Somit werden die gemessenen Oberwellen primär von Marker 1 generiert. Marker 2 hat einen geringen Einfluss auf das gemessene Oberwellen Spektrum da dieser im linearen Bereich der B-H Kurve betrieben wird.

**[0096]** Wird hingegen ein Feld angelegt mit  $B_a > B_{s,2}$  wird sowohl Marker 1 als auch Marker 2 gesättigt und das summierte Oberwellen Spektrum beider Marker 20 wird gemessen. Beispielsweise können die beiden Oberwellenspektren subtrahiert werden um eine Näherung des

Oberwellenspektrums von Marker 2 zu erhalten.

**[0097]** Diese beiden Messungen können erfindungsgemäß verwendet werden um die Anzahl der unterscheidbaren Marker 20 zu erhöhen.

**[0098]** Um hochfrequente Störeinflüsse zu minimieren ist es in einer gewählten, erfindungsgemäßen Anordnung Vorteilhaft den magnetischen Marker 20 als auch den Magnetfeldsensor 11, beispielsweise die Detektionsspule, in einen Faraday-Käfig einzubringen. Dieser Faraday Käfig kann so gestaltet werden, dass er als Tiefpassfilter wirkt und für das Messsignal durchgängig ist, jedoch nicht für hochfrequente Störeinflüsse durchgängig ist. Hochfrequente Störeinflüsse können beispielsweise von elektrischen Geräten in der Umgebung, wie Monitore, Funk-sender oder Leuchtstoffröhren verursacht werden und entweder direkt in der Detektionseinheit, wie der Spule, ein Störsignal generieren oder den magnetischen Marker 20 im Behälter 21 magnetisieren und indirekt zu einem Störsignal und somit zu einer Fehlmessung führen.

**[0099]** Ein Faraday-Käfig kann beispielsweise durch eine elektrisch leitende Hülle des Sensors 11 erreicht werden. Die Hülle kann in unmittelbarem Kontakt zu dem Marker angebracht sein oder den Marker 20 direkt ummanteln. Vorteilhaft ist es die Hülle des Behälters 21 selbst aus einem elektrisch leitenden Material zu fertigen.

**[00100]** Die Eindringtiefe von elektro-magnetischen Feldern in Leitern kann durch den Skin Effekt beschrieben werden. So, nimmt beispielsweise das Magnetfeld  $H_f$  im Inneren eines leitenden Zylinders wie folgt mit dem Abstand  $r$  von der Oberfläche ab,

$$\mu_0 H_f(r) = H_0 \exp(-r/\delta)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{f\pi\mu_0\mu}}$$

**[00101]** Wobei hier  $H_0$  das angelegte homogene Magnetfeld bezeichnet, welches eine Frequenz  $f$  besitzt. Der spezifische Widerstand des Leiters ist  $\rho$  und die relative Permeabilität ist  $\mu$ . Für einen nichtmagnetischen Leiter wie Aluminium oder Kupfer gilt  $\mu \cong 1$ . Im folgendem wird beispielsweise die abschirmende Wirkung von hochfrequenten Wechselfeldern durch einen Aluminiumzylinder mit der Wandstärke von 0.1mm und  $\rho = 2.82 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$  gezeigt.

**[00102]** Tabelle 2: Verhältnis  $H_f/H_0$  als Funktion der Frequenz für eine Aluminiumwandstärke von 0.1 mm.

f(Hz)	$H_f/H_0$
512	0.97
11000	0.88
22000	0.83

**[00103]** Im Folgenden werden experimentelle, erfindungsmäßige Anwendungsbeispiele gebracht, wo ein magnetischer Marker 20 in zwei verschiedene Hüllen 21 eingebracht ist. Die erste Hülle hat eine Wandstärke von 0.1 mm und ist aus Aluminium gefertigt. Die zweite Hülle ist aus einem elektrisch nichtleitenden Kunststoff gefertigt. Tabelle 3 zeigt hintereinander durchgeführte Messungen der zweiten ungeraden harmonischen Amplitude  $a_2$  bei zwei verschiedenen Frequenzen. Es zeigt sich, dass  $a_{2,11000}$  (Messwert bei  $f=11000$  Herz) bei der Aluminiumhülle um einen Faktor 2 kleiner ist, als für die Kunststoffhülle. Somit werden Messsignale in diesem Frequenzbereich durch die Aluminiumhülle zirka mit einem Faktor 2 abgeschwächt.

**[00104]** Unabhängig von der abschirmenden Wirkung leitender Markerhüllen, kann durch Messungen des Oberwellenspektrums bei verschiedenen Frequenzen auf die Leitfähigkeit des Hüllenmaterials geschlossen werden. Beispielsweise zeigen Messungen bei niedrigen Frequenzen ( $f=513$  Hz) unabhängig von Kunststoffhülle oder Aluminiumhülle eine annähernd konstante Stärke der zweiten ungeraden harmonischen Schwingung von  $a_{2,513}$  ( $a_{2,513, \text{Aluminium}} = 8 \times 10^{-3}$ ,  $a_{2,513, \text{Kunststoff}} = 7.8 \times 10^{-3}$ ), da Felder in diesem Frequenzbereich kaum abgeschwächt

werden.

**[00105]** Wird hingegen die Frequenz auf  $f=11000$  Hz erhöht werden die hochfrequenten Felder durch die Aluminiumhülle abgeschirmt aber nicht so von der Kunststoffhülle. Die Stärke der zweiten ungeraden harmonischen Schwingung ist dadurch in der Aluminiumhülle deutlich kleiner als in der Kunststoffhülle ( $a_{2,11000, \text{Aluminium}} = 3.89e-4$ ,  $a_{2,513, \text{Kunststoff}} = 7.4 e-4$ ). Somit kann unterschieden werden ob beispielsweise ein magnetischer Marker 20 in einer Aluminiumhülle oder in einer Kunststoffhülle eingebracht ist. Diese erfindungsmäßige Unterscheidung ist praktisch nutzbar, um beispielsweise Kaffeekapseln 21 mit Undefinierten oder auch unbekannten Inhalten 22 zu identifizieren um in Folge Fehlsteuerungen der Zubereitungsparameter 24 der Extraktionsmaschine 23 zu vermeiden.

**[00106]** Tabelle 3: Verhältnisse der zweiten ungeraden harmonischen Amplituden bei zwei verschiedenen Frequenzen,  $a_{2,11000}$  bezeichnet die zweite ungerade harmonische Amplitude für die Anregungsfrequenz  $f = 11000$  Hz und  $a_{2,513}$  für  $f = 513$  Hz.

f(Hz)	$a_{2,11000}/a_{2,513}$	
Aluminium	0.048	
Kunststoff	0.95	

**[00107]** Im Folgenden wird der Vorteil der, in der gegenständlichen Erfindung angewandten, harmonischen Analyse Methode verdeutlicht, indem Marker 20 in einer praktischen Anwendung untersucht werden, wo störendes Rauschen auftritt. Der Marker 20 in einem Behälter 21 ist in einer Spule mit einem Durchmesser von 3.5 cm eingebracht. Die gewählte Spule hat 200 Windungen, wobei jeweils 100 Windungen 11a gegengleich zu den anderen 100 Windungen 11b angebracht sind wie in Fig. 14 zu sehen ist. Das Anregefeld wird durch mindestens eine Spule 12 erzeugt. Aufgrund des umgekehrten Windungssinns der Spulen 11a und 11b heben sich die induzierten Spannungen in den Spulen 11a und 11b weitgehend auf. In der Spule 11a wird eine Spannung  $U_{11a}$  induziert. Wird nun ein Marker 20 in die Spule 11a gebracht, ändert sich die Induktivität der Spule 11a und somit auch die induzierte Spannung. Dadurch können jene großen induzierten Spannungen, verursacht durch die Anregespule 12, weitgehend kompensiert werden und nur das, durch den Marker 20 verursachte Signal wird zur Diskriminanz erfindungsgemäß detektiert. Hierbei, ist erfindungsmäßig notwendig, dass zumindest jeweils ein Ende einer Spulen mit dem Ende der anderen Spule kontaktiert ist oder bei nicht Kontaktierung die Spannungen an den jeweiligen beiden Enden der Spulen in einem weiteren Messgerät analysiert und addiert beziehungsweise bei gleichem Wicklungssinn subtrahiert werden. Die Spannung die von Spule 11a induziert wird, ist mit  $U_{11a}$  bezeichnet. Die Spannung von Spule 11b mit  $U_{11b}$ . Wenn die Spulen kontaktiert sind, ist die gesamte Spannung die Detektionsspannung  $U_D$ . Durch die in Anordnung von Abbildung 14 ist die gesamte induziert Spannung  $U_D$  kleiner als die induziert Spannung  $U_{11a}$  oder  $U_{11b}$ .

**[00108]** Fig. 15: zeigt eine andere Möglichkeit um eine weitgehende Kompensation der Spulen zu erreichen, die sich durch einen nicht symmetrischen Aufbau auszeichnet, wobei der Behälter 21 den Marker 20 trägt. Hierbei, wird die Kompensation durch eine unterschiedliche Windungszahl der Spulen 11a und 11b erreicht. Die Anregespule 12, kann außerhalb der Detektionsspule 11 bzw. Spulen angebracht sein, oder auch in Richtung d verschoben sein. Die Windungen der Anregespule 12, können auch in Richtung d fortgesetzt werden, sodass die Detektionsspule bzw. Spulen durch die Anregespule 12 komplett umhüllt sind. Die Anregespule 12 kann mit einem Kondensator zu einem Schwingkreis geschlossen werden. Somit kann zur Anregung die Eigenschwingung des Schwingkreises verwendet werden, wenn dieser geschlossen wird.

**[00109]** Fig. 16 und 17 zeigen kompensierte Detektionsspulen 11, wobei die Spule 11b über der Spule 11a gewickelt ist. Der Marker 20 kann ins Innere von Spule 11a gebracht werden, oder auch im Äußeren liegen. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass kleine Änderungen der relativen Position von Anregespule 12 und Detektionsspule 11 nicht zu signifikanten Störfeldern führen. Weiters werden inhomogene Störfelder gut kompensiert.

**[00110]** Falls keine völlige Kompensation realisiert werden kann, dann soll vorzugsweise die

induzierte Spannung in Spule 11a reduziert werden indem die Spule 11a mit einer Spule 11b kontaktiert wird.

**[00111]** Falls keine große Genauigkeit des Detektionssignals benötigt wird, kann optional auf die zweite Pickup Spule verzichtet werden. Um näherungsweise das Erregersignal in dem Messsignal zu kompensieren, kann das Erregersignal von dem Messsignal abgezogen werden. In Abbildung 18 wird die direkt in die Detektionsspule 11a induzierte Spannung näherungsweise subtrahiert, indem über ein Potentiometer  $R_2$  die Erregerspannung von der Spannung abgezogen wird die an der Detektionsspule entsteht. Um eine mögliche Phasenverschiebung zwischen Erregerspannung und Detektionsspannung zu kompensieren kann ein Phasenschieber verwendet werden.

**[00112]** Im Folgenden wird die Bedeutung der Kompensation von Spulen verdeutlicht, indem offenbart wird, dass ohne Kompensation der Spulen der größte Teil der induzierten Spannung primär durch das Anregefeld bestimmt wird und nur ein äußerst kleiner Teil durch den Marker 20 bestimmt wird. Dies verursacht in der Praxis größte Probleme um das Messsignal des Markers 20 tatsächlich aufzulösen und eine Unterscheidung der Behälter 21 möglich zu machen.

**[00113]** Die induzierte Spannung in der Spule 11a wie in Fig. 19 zu sehen, ist gegeben durch,

$$U_D(t) = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} = -\iint_A \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{A},$$

**[00114]** wobei der magnetische Fluss durch

$$\Phi = \iint_A \vec{B} d\vec{A},$$

**[00115]** definiert ist, und  $A = \pi r_1^2$  die von der Spule eingeschlossene Fläche ist. Das magnetische B-Feld ist die Summe von: dem externen angelegten Feld  $\vec{H}_a$ , der magnetischen Polarisation im Marker  $\vec{J}(\vec{H}_a)$  und dem Streufeld des Markers  $\vec{H}_d$ ,

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}_a + \vec{J}(\vec{H}_a) - \vec{H}_d$$

**[00116]** Für einen, beispielsweise kugelförmigen Marker 20 kann das Streufeld analytisch sowohl im Inneren des Markers 20 als auch im Außenraum des Markers 20 angegeben werden. Da die Felder in der Normalebene zu der Richtung x, alle in Richtung x gegeben sind, wird im Folgenden auf die Vektorschreibweise verzichtet und nur die x-Komponente betrachtet.

**[00117]** Im Inneren des Markers 20 ist das Streufeld (Entmagnetisierungsfeld) gegeben durch:

$$H_d = -\frac{1}{3} J.$$

**[00118]** Im äußereren des Markers 20 ist das Streufeld durch das Dipolfeld gegeben:

$$H_d = -\frac{1}{4\pi r^3} VJ$$

**[00119]** Somit ergibt sich für den magnetischen Fluss:

$$\Phi = 2\pi \int_0^{r_s} \left( J - \frac{1}{3} J \right) \div r dr - 2\pi VJ \int_{r_s}^r \frac{1}{4\pi r^3} r dr + H_{ext} \mu_0 \pi r^2$$

$$\Phi = \frac{2\pi r_s^3}{3r} J + H_{ext} \mu_0 \pi r^2$$

**[00120]** Die magnetische Polarisation innerhalb des Markers J für ein gegebenes externes Feld

$H_{\text{ext}}$  kann mit Hilfe der magnetischen Suszeptibilität  $\chi$  geschrieben werden, als

$$J = \mu_0 \chi H_{\text{ext}}(t)$$

[00121] Somit folgt für den magnetischen Fluss:

$$\Phi = \left( \frac{2\pi r_s^3}{3r} \mu_0 \chi + \mu_0 \pi r^2 \right) \div H_{\text{ext}}(t)$$

[00122] Oder ausgedrückt mit Hilfe des Volumens des Markers:

$$\Phi \approx \left( \frac{V_s}{6r} \chi + \pi r^2 \right) \div \mu_0 H_{\text{ext}}(t)$$

[00123] Das Messsignal  $U_D(t) = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$  ist durch die Zeitableitung des magnetischen Flusses

bestimmbar. Somit ist ersichtlich, dass sich das Messsignal aus einer Summe zusammensetzt, wobei der erste Term der durch den Marker 20 induzierte Spannungsanteil ist und der zweite Term den, vom äußerem Feld induzierten Spannungsanteil repräsentiert.

[00124] Im Folgenden werden zwei mögliche Realisierungen für die Anwendung in Nahrungsmittel Extraktionsmaschinen angeben um die Problematik mit nicht kompensierten Spulen zu verdeutlichen.

[00125] Für einen kugelförmigen Marker 20 mit dem Radius 2mm ergibt sich ein Volumen von  $V = 8.3 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ . Aufgrund des Entmagnetisierungsfaktors kann die Suszeptibilität für eine Kugel nicht grösser als  $\chi = 3$  sein. Wenn für den Radius der nicht kompensierten Detektionsspule  $r = 0.03\text{m}$  angenommen wird, ergibt sich, dass das Markersignal in der Größenordnung

$$S_m = \frac{V_s}{6r_0} \chi \approx 1 \times 10^{-7}$$

[00126] ist, und das Störsignal durch die direkte induzierte Spannung gleich

$$S_{\text{noise}} = \pi r^2 \approx 0.003$$

[00127] Somit ergibt sich ein Signal-Rausch Verhältnis von

$$\frac{S_m}{S_{\text{noise}}} = 4 \times 10^{-5}.$$

[00128] Als zweites Realisierungsbeispiel wird anstatt einer Kugel ein langes dünnes Plättchen als Marker 20 verwendet, das auf Grund des kleineren Entmagnetisierungsfaktors bevorzugt wird. Die Dimensionen sind  $V = 11 \text{ mm} \times 1,5 \text{ mm} \times 0.05 \text{ mm} = 0.825 \times 10^{-9} \text{ m}^3$  und die Suszeptibilität ist  $\chi = 1000$ . Es ergibt sich somit

$$S_m = \frac{V_s}{6r_0} \chi \approx 4 \times 10^{-6}$$

$$S_{\text{noise}} = \pi r^2 \approx 0.003$$

$$\frac{S_m}{S_{\text{noise}}} = 0.001$$

[00129] Diese beiden praktischen Beispiele verdeutlichen, dass eine direkte Messung des Markersignals mit einer Spule technisch äußerst schwierig ist, da das Störsignal bis zu 100.000 mal stärker als das Markersignal selbst ist. Somit schlägt die gegenständliche Erfindung vor, für die Detektion eines Markers 20 in Nahrungsmittel Extraktionsmaschinen 23 vorzugsweise kom-

pensierte Spulenpaare zu verwenden.

**[00130]** Im Folgenden wird die Kompensationsbedingung für ein konzentrisches Spulenpaar mit einem kugelförmigen Marker 20 angegeben. In der praktischen Anwendung wird die tatsächliche Geometrie des Markers 20 von der Kugelform abweichen und als dünner Draht oder dünnes Plättchen mit erfindungsgemäßen Spezifikationen realisiert werden.

**[00131]** Durch eine Kombination von zwei Spulen mit unterschiedlichen Radien und Windungszahlen, kann nun das Störsignal kompensiert werden. Der Fluss durch eine Spule mit  $n$  Windungen und Radius  $r$  ist gegeben durch,

$$\Phi = n \left( \frac{2\pi r_s^3}{3r} \mu_0 \chi + \mu_0 \pi r^2 \right) \div \bar{H}_{ext}(t)$$

**[00132]** Wählt man beispielsweise zwei konzentrische Spulen wie in Abbildung 19 gezeigt ist, mit dem Verhältnis von Windungen, die gegengleich gewickelt sind und Radien,

$$n_1 : n_2 = 1/r_1^2 : 1/r_2^2$$

**[00133]** dann ist der Fluss gegeben durch

$$\Phi = \frac{2\pi k}{3} \left( \frac{r_s^3}{r_1^3} - \frac{r_s^3}{r_2^3} \right) \div \mu_0 \chi \bar{H}_{ext}(t)$$

wobei

$$k = n_1 r_1^2 = n_2 r_2^2.$$

**[00134]** Das bedeutet, der gesamte Fluss und somit die gesamte induzierte Spannung nur noch das Messsignal und nicht mehr das Störsignal, verursacht durch  $H_{ext}$  beinhaltet.

**[00135]** Für die Kompensation ist wichtig, dass die Induktivität der Spule 11a,

$$L_{11a} = N^2 \frac{\mu_0 \mu_r A_{11a}}{l_{11a}}, \text{ ähnlich der Induktivität der Spule 11b, } L_{11b} = N^2 \frac{\mu_0 \mu_r A_{11b}}{l_{11b}} \text{ ist, wobei } A_{11a}$$

die Querschnittsfläche der Spule 11a ist und  $l_{11a}$  die Länge der Spule ist. Die Bedingung, dass die Induktivitäten ähnlich sind, kann beispielsweise durch das Verändern der Querschnittsfläche, der Windungszahlen der Spulen, der Länge und der Permeabilität eines eventuell vorhandenen Kerns realisiert werden.

**[00136]** Fig. 20 bis Fig. 22 zeigen die  $\mu_0 H$  -  $J$  Kurven von verschiedenen Markern 20. Generell sind als Marker 20 jene Materialien mit hoher Suszeptibilität geeignet. Erfindungsgemäß bevorzugt ist die Suszeptibilität größer als 1000. Eine weitere verbesserte Detektion kann durch Suszeptibilitäten, die größer als 10.000 sind, erreicht werden. Typische Kenngrößen amorpher Legierungen sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Die Werte für die Suszeptibilität bezeichnen jene Werte für die intrinsische Suszeptibilität. Dass bedeutet, dass das Entmagnetisierungsfeld bei der Messung kompensiert wurde. Dies kann beispielsweise durch Messungen an einer langen Probe oder in einem geschlossenen Magnetkreis realisiert werden.

**[00137]** Bevorzugt ist das Koerzitivfeld kleiner als 1 Militesla, was durch eine Vielzahl amorpher Legierungen realisiert werden kann.

**[00138]** Legierungszusammensetzungen können beispielsweise aus  $\text{Co}_a\text{Ni}_b\text{Fe}_c\text{Si}_d\text{B}_e$  bestehen, wobei der Boranteil kleiner als 20 Atomprozent ist.

**[00139]** Weitere Zusammensetzungen können aus  $\text{Co}_a\text{Fe}_b\text{Mo}_c\text{Si}_d\text{B}_e$  sein. Andere Ausprägungen können durch Legierungen von  $\text{Co}_a\text{Fe}_c\text{Si}_d\text{B}_e$ ,  $\text{Fe}_a\text{Cu}_b\text{Nb}_c\text{Si}_d\text{B}_e$ , erzielt werden. Es sind auch Co freie Legierungen möglich wie beispielsweise  $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Si}_c\text{B}_d$ . So können beispielsweise mit  $20 < a < 30$ ,  $40 < b < 70$ ,  $0 < c < 5$ ,  $1 < d < 20$ , oder speziell  $\text{Fe}_{24}\text{Ni}_{58.5}\text{Si}_{1.5}\text{B}_{16}$  lebensmittelverträgliche Legierungen verwendet werden, die typischerweise ein Anisotropiefeld  $H_k$  kleiner als 0.2

Militesla besitzen und eine Remanenz von 0.7 Tesla aufweisen.

**[00140]** Spezielle Wärmebehandlungen und Feldbehandlungen können dazu verwendet werden um unterschiedliche Marker Materialien mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften zu realisieren.

**[00141]** Die meisten amorphen Legierungen besitzen Bor um die amorphe Phase zu bilden. Es ist auch praktisch möglich anstatt Bor vorteilhafter Weise Kohlenstoff zu verwenden.

**[00142]** Tabelle 4: Kenngrößen typischer weichmagnetischer amorpher Materialien.

	$\mu_0 H_c$ (mT)	Suszeptibilität	Bs (T)	Magnetostricton $\lambda$ , (ppm)
Eisen basiert amorph	< 0.01	45 000 - 600 000	1.56	27
Kobalt basiert amorph	< 0.02	290 000 - 600 000	0.77	< 0.5
Nickel Eisen basiert	< 0.05	50 000 - 800 000	0.88	12

**[00143]** Als Marker Material können amorphe Legierungen gewählt werden, wie beispielsweise Legierungen die Fe, Co, Ni, Tb, Cu, Dy, Pd, B, C oder Gd enthalten.

**[00144]** Es ist auch möglich nanokristalline Materialien als Marker Material zu verwenden, die Korngrößen zwischen 1 Nanometer und 1 Mikrometer aufweisen und die Tb, Dy, Fe, Co, Ni, B, P, C, Gd, Si, B, Nb oder Mo enthalten. Auch Lebensmittel unbedenkliche Standardmaterialien wie Stahl, Eisen, Eisenoxid oder Mü-Metal, Permalloy und andere Ni-Fe Legierungen können verwendet werden. Weiters können Marker Materialien verwendet werden die neben der beanspruchten Methode auch Barkhausensprünge aufweisen können.

**[00145]** In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird anstatt des zusätzlichen weichmagnetischen Elements 20, direkt der Behälter 21, die Kapsel oder das Pad aus einer magnetischen Legierung erzeugt. So kann beispielsweise eine NiFe Legierung für den Behälter 21 oder als Behälterbeschichtung verwendet werden. In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung werden nichtmagnetische Materialien, wie beispielsweise der ganze Behälter 21 oder auch nur Teile sowie einzelne Segmente oder Inhalte des Behälters 21 mit magnetischen Materialien beispielsweise durch Pulverbeschichtung oder elektro-chemisch beschichtet. In anderen erfindungsgemäßen Ausgestaltungen können in nichtmagnetische Werkstoffe, beispielsweise des Behälters 21, magnetische Partikel eingebracht werden. So können beispielsweise kunststoffgebundene Weichmagnete verwendet werden.

**[00146]** Als Marker 20 wurden Materialien mit den folgenden Dimensionen untersucht:

**[00147]** 38 mm x 1,5 mm x 0.1 mm (amorphe Legierung auf Co-Basis)

**[00148]** 38 mm x 1,5 mm x 0.05 mm (amorphe Legierung auf Co-Basis)

**[00149]** 11 mm x 1,5 mm x 0.05 mm (amorphe Legierung auf Co-Basis)

**[00150]** 38 mm x 12 mm x 0.05 mm (amorphe Legierung auf Co-Basis)

**[00151]** 100 mm x 2 mm x 2 mm (Eisen)

**[00152]** Fig. 20 zeigt, dass der Marker 20 mit der geringsten Breite (1.5 mm) die höchste Suszeptibilität aufweist, da dieser das geringste entmagnetisierte Feld aufweist. Im Gegensatz zu den amorphen Legierungen zeigt die Eisenprobe ein beträchtliches Koerzitivfeld und eine weit geringere Suszeptibilität, wie in Fig. 22 zu sehen ist.

**[00153]** Fig. 23 bis Fig. 25 zeigen die induzierten Spannungen in der Detektionsspule 11, wenn unterschiedliche Marker 20 in das Innere der Detektionsspule 11 gebracht werden. Hier ist zu beachten, dass obwohl die Marker 20 von Abbildung 24 und Abbildung 25 unterschiedlich sind, die Spannungs-Zeit Kurven sich nicht signifikant unterscheiden und daher diese bekannte Methode zur Diskriminanz in der Praxis nicht geeignet ist. Da die Marker 20 in die Sättigung

getrieben werden, ist die Position der Peaks von Abbildung 24 und Abbildung 25 unverändert. Dies ist im Gegensatz zu der Methode von WO 2011000724 A1, wo vorgeschlagen wird, die Spannungs-Zeit Kurve auf Sprünge zu untersuchen, wobei dort die Position der Sprünge dazu dienen soll, verschiedene Marker 20 zu identifizieren.

**[00154]** In Fig. 26 bis Fig. 29 sind die, zu den Spannungs-Zeit Kurven zugehörigen Spektralkurven dargestellt. Diese Spektralkurven sind durch einen digitalen Signalprozessor (DSP) ermittelt worden. Besonders zu beachten ist die große Anzahl von harmonischen Oberschwingungen in Fig. 27, die sich erfindungsgemäß klar von der Marker-Probe in Fig. 28 unterscheiden, obwohl die zugehörigen Spannungs-Zeit Kurven sich nicht signifikant unterscheiden.

**[00155]** Fig. 29 zeigt die Spektralkurve eines Markers 20 der aus einem relativ großen Stück aus Eisen besteht. Obwohl das gesamte magnetische Moment dieses Markers 20 weit grösser ist, als bei den übrigen Markern 20, lässt sich dieser Marker 20 klar von den anderen Markern 20 unterscheiden, da die Amplitude der Oberwellen weit schneller abklingt als bei Markern 20 mit hoher Suszeptibilität.

**[00156]** Fig. 30 stellt eine mögliche Positionierung eines längsförmigen Markers 20 an der Behälterwand einer Kaffeekapsel 21 dar, welche vollständig oder teilweise mit Feststoff 22 zur Extraktion befüllt ist. Der Feststoff kann beispielsweise Kaffeepulver, Tee, Kakao, Milchpulver oder Babynahrungspulver darstellen. Der Marker 20 ist innerhalb oder außerhalb der Kaffeekapsel 21 befestigt. Eine Annäherung der Längsachse des Markers 20 an die Drehachse der Kapsel 21 wird bevorzugt.

**[00157]** Fig. 31 zeigt zwei mögliche, erfindungsgemäße Anordnungen von mehreren Markern 20. Dies ist bevorzugt, da in der Anwendung nicht ein rotationssymmetrisches Feld garantiert werden kann. So können durch magnetische Teile in der Maschine oder durch magnetische Teile in der Umgebung die Magnetfelder der Sendespule 12 ungleichmäßig abgelenkt werden. Um möglichst unabhängige Messergebnisse zu erhalten, die von der zufälligen Rotation beim Einlegen der Behälter 21 in die Extraktionsmaschine 23 unabhängig sind, ist es vorteilhaft mehr als einen Marker in eine kreisrunde Kapsel 21, wie in Abbildung 31 ersichtlich, zu positionieren. Mit steigender Anzahl der Marker 20 wird die Rotationssymmetrie verbessert. Bei nicht rotationssymmetrischen Behältern 21, wie auch in Abbildung 31 dargestellt, kann ein einziger Sensor 20 jedoch ausreichen. Es ist auch denkbar den Marker in das Zentrum der Kapsel 21 zu positionieren, sodass keine Abhängigkeit von der Rotation der Kapsel 21 entsteht und somit auch nur ein Marker 20 erforderlich ist.

**[00158]** Fig. 32 und Fig. 33 stellen mögliche radiale oder entlang der Drehachse des Kaffeepads 21 zentrierte Ausrichtungen eines Markers 20 an der Außenwand eines Kaffeepads 21 oder innerhalb des Feststoffes 22 dar. Bei beiden Anordnungen wird der Marker 20 derart in dem Kaffeepad 21 positioniert, dass er nicht durch das Einstechen der äußeren Hülle vor der Extraktion beschädigt wird.

**[00159]** Fig. 34 stellt eine praktische Anordnung der diskriminierenden Detektion dar, wobei Anregespule 12 sowie kompensierte Detektionsspule 11 der Extraktionsmaschine 23 in einer definierten, beispielsweise konzentrischen Ausrichtung zum Behälter 21 positioniert sind. Der Behälter 21, in diesem Anwendungsbeispiel eine Kaffeekapsel, enthält Feststoff 22 und den Marker 20, welcher an der Behälterwand fixiert, beispielsweise aufgeklebt oder versiegelt ist. In Folge der störungsfreien Detektion und Diskriminanz des Markers 20 durch die erfindungsmäßige Anordnung und Methode werden Behälter 21 und somit auch deren Feststoffbefüllungen 22 klar unterschieden und Zubereitungsparameter 24, wie beispielsweise Wasserdruck, Wassermenge, Temperatur, Durchflussgeschwindigkeit oder die prinzipielle Akzeptanz der Kapsel der Extraktionsmaschine 23 gesteuert. In Abhängigkeit der Varianz der Zubereitungsparameter 24 können unterschiedliche Extrakte 25, wie beispielsweise verschiedene Kaffeesorten, Tees oder Babynahrungen hergestellt werden sowie auch eine Erkennung der prinzipiellen Eignung des Behälters 21 für die Extraktionsmaschine 23 geprüft werden.

## Patentansprüche

1. Behälter (21) für die Extraktion von Nahrungsmittel (22) in Extraktionsmaschinen (23), wobei der Behälter (21) zumindest in einem Segment eine Rotationssymmetrie aufweist mit Rotationsachse  $c_1$  und der Behälter (21) mindestens einen magnetischen Marker (20) beinhaltet, welcher zur Identifikation des Behälters (21) genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) mindestens ein weichmagnetisches Element beinhaltet, welches eine stetige nicht-lineare  $\mu_0 H - J$  Kurve aufweist und, dass der Entmagnetisierungsfaktor des weichmagnetischen Elements in die Richtung der Rotationsachse  $c_1$  kleiner als 0,05 ist.
2. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Marker (20) von einem elektrisch leitenden Material umgeben ist.
3. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die charakteristische nicht - Linearität der  $\mu_0 H - J$  Kurve zur Identifikation des Markers (20) dient und unterschiedliche Marker (20) unterschiedliche  $\mu_0 H - J$  Kurven aufweisen.
4. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Koerzitivfeld des weichmagnetischen Elements kleiner als,  $\mu_0 H_c < 1 \times 10^{-3}$  Tesla ist.
5. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die intrinsische Suszeptibilität des weichmagnetischen Elements größer als 2.000 ist.
6. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die intrinsische Suszeptibilität des weichmagnetischen Elements größer als 10.000 ist.
7. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element als dünnes Plättchen ausgestaltet ist mit einer Schichtstärke dünner als 70 Mikrometer.
8. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element länger als 8 mm ist.
9. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element als dünner Draht ausgestaltet mit einem Durchmesser kleiner als 0.1 mm.
10. Behälter (21) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrisch leitende Material zwischen dem Behälter (21) und dem magnetischen Marker (20) eingebracht ist.
11. Behälter (21) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrisch leitende Material der Behälter (21) für die Extraktion von Nahrungsmittel ist.
12. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein magnetischer Marker (20) von einem leitenden Material umgeben ist und mindestens ein magnetischer Marker (20) nicht von einem leitenden Material umgeben ist.
13. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element keine Barkhausensprünge aufweist.
14. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Koerzitivfeld die intrinsische Suszeptibilität des weichmagnetischen Elements kleiner als  $3 \times 10^6$  ist.
15. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Koerzitivfeld des weichmagnetischen Elements für die Identifikation genutzt wird und unterschiedliche Marker 20 unterschiedliche Koerzitivfelder besitzen.
16. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sättigungsfeld des weichmagnetischen Elements für die Identifikation genutzt wird und unterschiedliche Marker (20) unterschiedliche Sättigungsfelder besitzen.
17. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die intrinsische Suszeptibilität des weichmagnetischen Elements für die Identifikation genutzt wird und unterschiedliche Marker (20) unterschiedliche intrinsische Suszeptibilitäten besitzen.

18. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Suszeptibilität des weichmagnetischen Elements für die Identifikation genutzt wird und unterschiedliche Marker (20) unterschiedliche Suszeptibilitäten besitzen.
19. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass unterschiedliche Marker (20) unterschiedliche Geometrien besitzen und somit unterschiedliche magnetische Eigenschaften aufweisen, die für die Identifikation genutzt werden.
20. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Anlegen eines sinusförmigen Wechselfeldes mit der Amplitude von 2 Militesla die Amplitude der zehnten ungerade harmonische Schwingung mindestens 10% von der zweiten ungeraden harmonischen Amplitude ist.
21. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Anlegen eines sinusförmigen Wechselfeldes mit der Amplitude von 2 Militesla die Amplitude der vierten ungerade harmonische Schwingung mindestens 20% von der zweiten ungeraden harmonischen Amplitude ist.
22. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Anlegen eines sinusförmigen Wechselfeldes mit der Amplitude von 2 Militesla die Amplitude der ungeraden harmonischen Schwingung mit dem Index  $i$  grösser als die Amplitude der ungeraden harmonischen Schwingung mit dem Index  $j$  ist und  $i$  grösser als  $j$  ist.
23. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetischen Element Bor zwischen 1 und 20 Atomprozent enthält.
24. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) als Funktion des angelegten elektrischen Feldes keine oder nur solche kleinen Sprünge der Magnetisierung aufweisen, die kleiner als 1% der Sättigungsmagnetisierung des weichmagnetischen Elements sind.
25. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sättigungsfeld  $B_s$ , wobei  $B_s$  das Feld ist, in dem sich im Intervall  $B > \mu_0 H_c$ , die Suszeptibilität des weichmagnetischen Elements um mindestens einen Faktor 10 ändert und  $B_s$  kleiner als 10 Militesla ist.
26. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Suszeptibilität des weichmagnetischen Elements als Funktion des angelegten Feldes ein Maximum beim Koerzitivfeld aufweist und mit steigendem positiven Feld die Suszeptibilität abnimmt.
27. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) ein Koerzitivfeld aufweist, dass kleiner als  $\mu_0 H_c < 3 \times 10^{-6}$  Tesla ist.
28. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element der Behälter (21) selbst ist und der Behälter (21) keine weiteren weichmagnetischen Elemente beinhaltet.
29. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetostriktion  $\lambda$  des weichmagnetischen Elements kleiner als 10 ppm ist.
30. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetostriktion  $\lambda$  des weichmagnetischen Elements kleiner als 1 ppm ist.
31. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element zumindest zu 70% aus einer amorphen Legierung besteht.
32. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element aus einer nanokristallinen Legierung besteht.
33. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weichmagnetische Element aus einer NiFe Legierung besteht mit einem Ni Anteil zwischen 35% und 80%.

34. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) neben dem weichmagnetischen Element noch mindestens ein hartmagnetisches oder semihartmagnetisches Element beinhaltet.
35. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) neben dem weichmagnetischen Element zusätzlich hartmagnetische oder semihartmagnetische Elemente beinhaltet und der Magnetisierungszustand des semiharten magnetischen Materials oder hartmagnetischen Materials die  $\mu_0 H - J$  des weichmagnetischen Elements verändern.
36. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) irreversible veränderte Eigenschaften aufweist, falls die Temperatur grösser als 90°C ist.
37. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) ein Material beinhaltet mit einer Curietemperatur kleiner als 150°C.
38. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der magnetische Marker (20) eine Magneto - Shape Memory Legierung oder ein magnetokalorisches Material beinhaltet.
39. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Phasenübergang erster Ordnung oder ein Phasenübergang zweiter Ordnung von einem zusätzlichen magnetischen Element in dem Behälter (21), die  $\mu_0 H - J$  des weichmagnetischen Elements verändert.
40. Behälter (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Marker 20 in oder an dem Behälter (21) angebracht sind, wobei die Abstände entlang einer Rotationsachse des Behälters (21) zwischen den Markern (20) annähernd gleich sind.

**Hierzu 34 Blatt Zeichnungen**

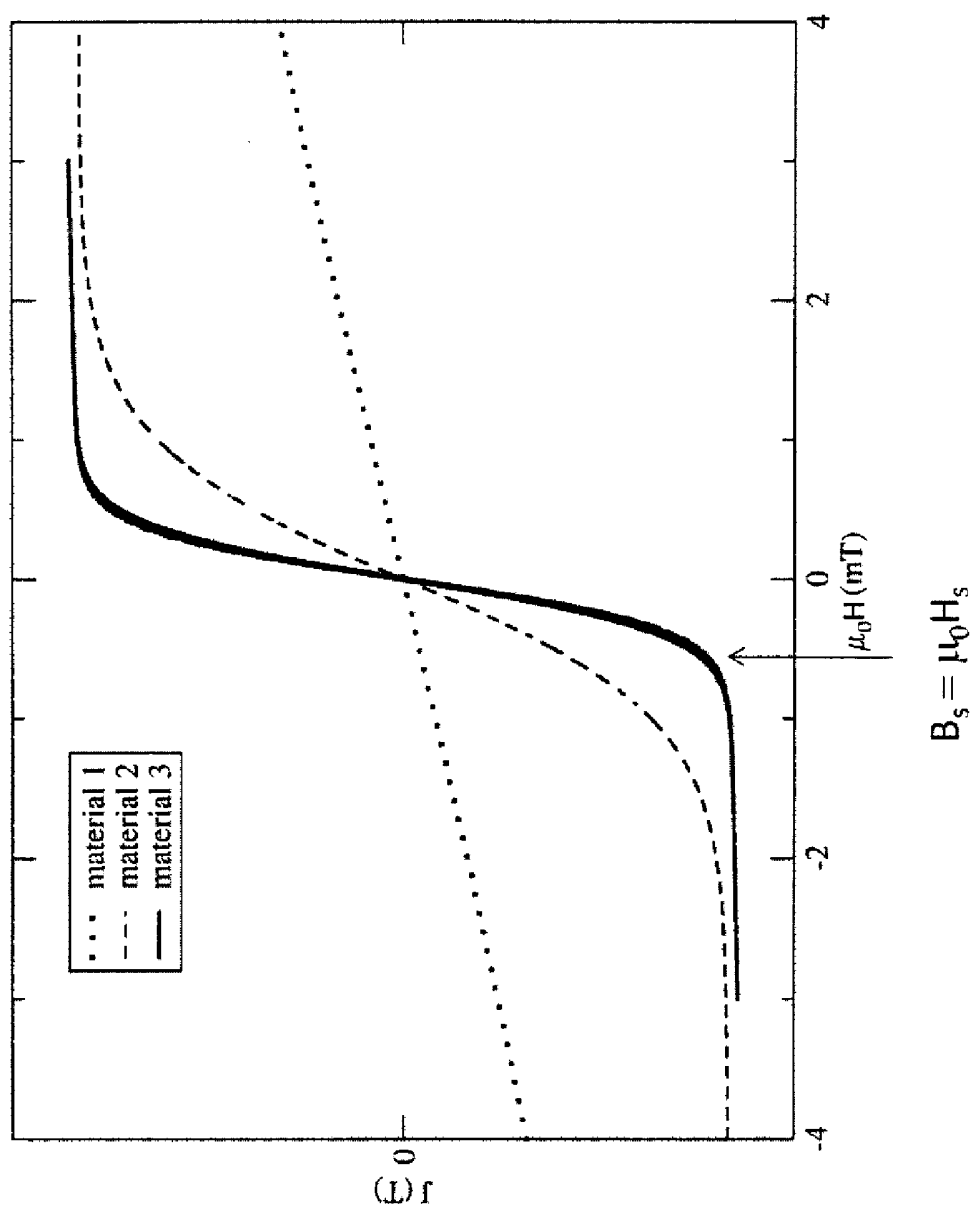


Fig. 1

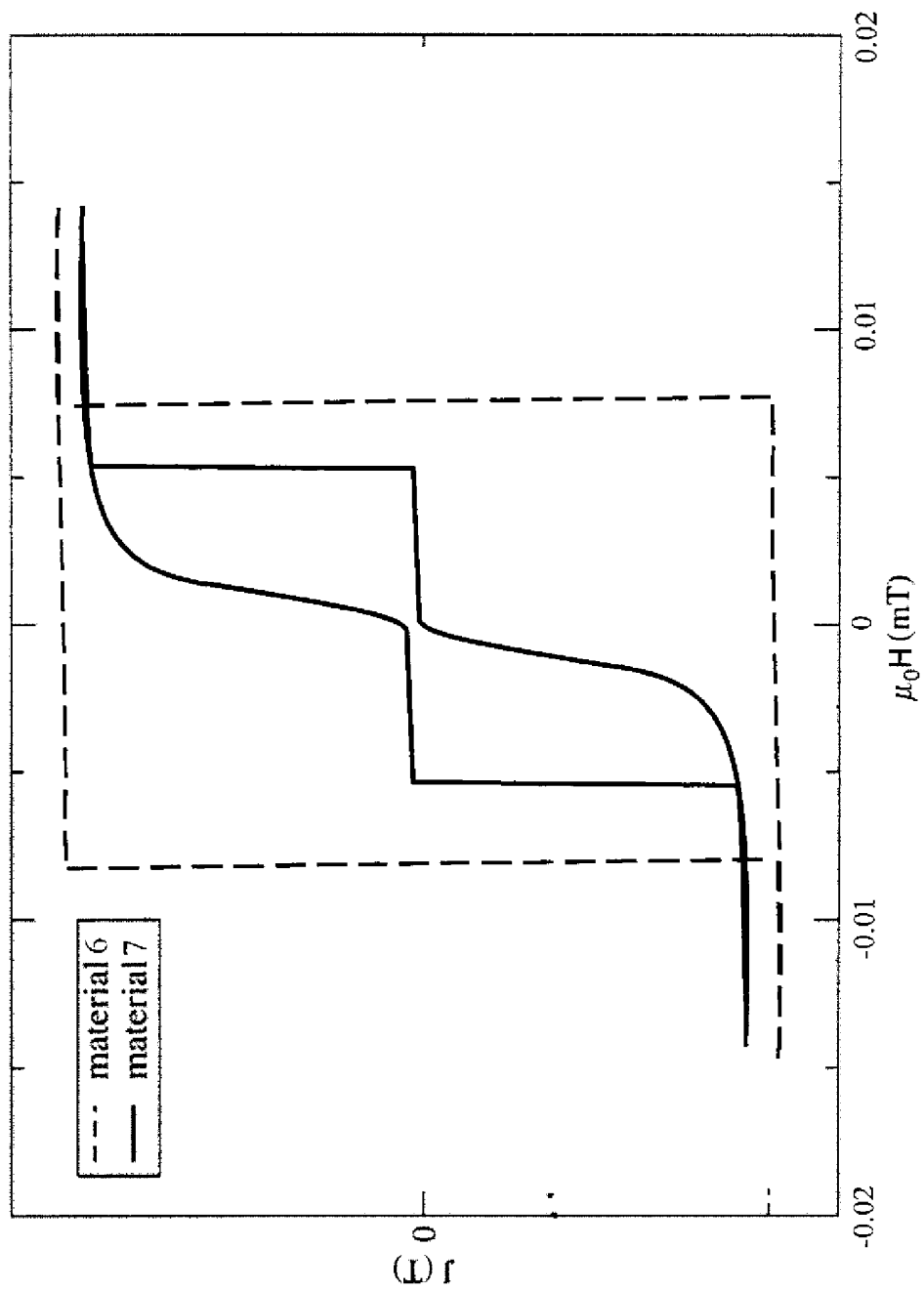


Fig. 2

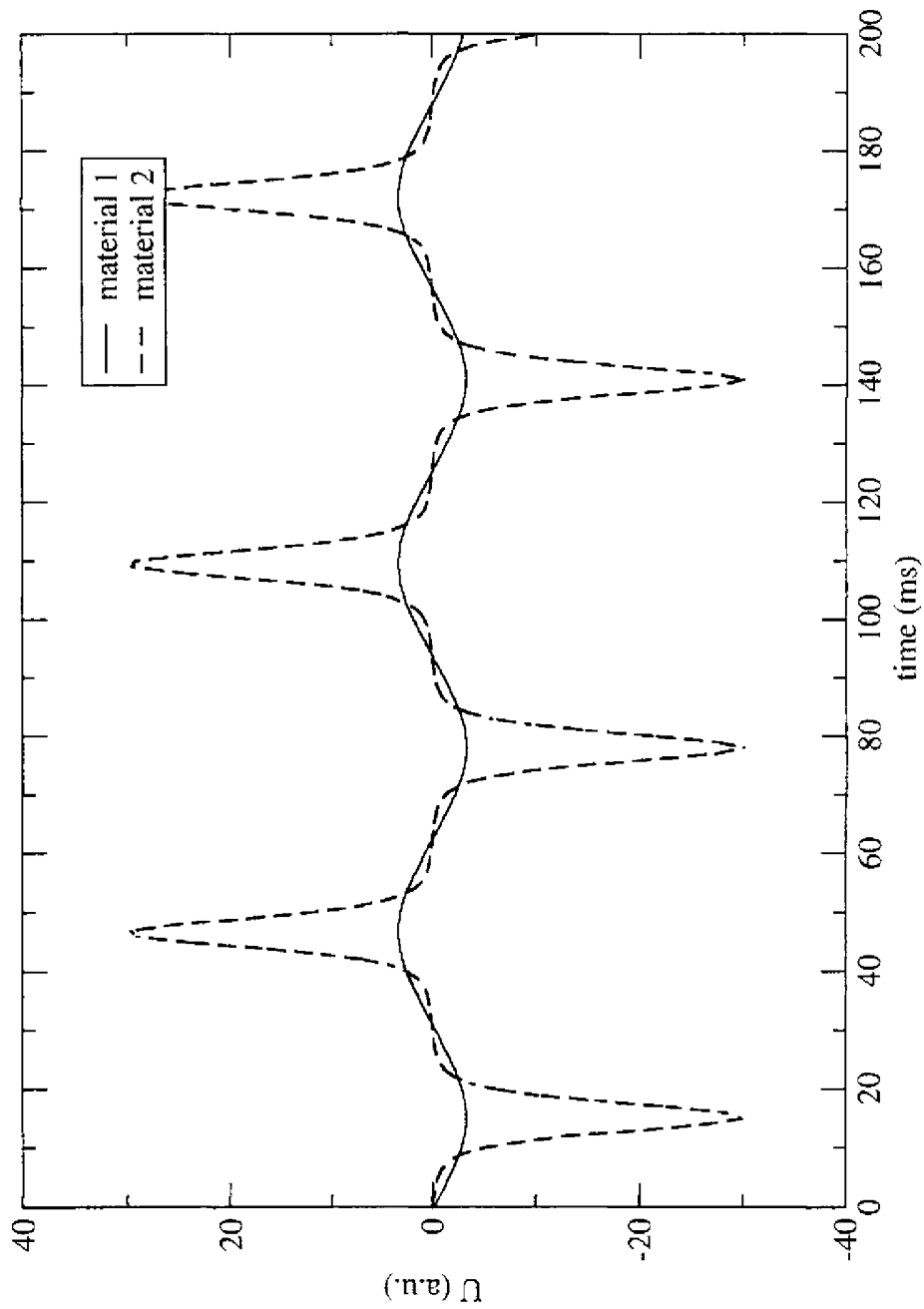


Fig. 3

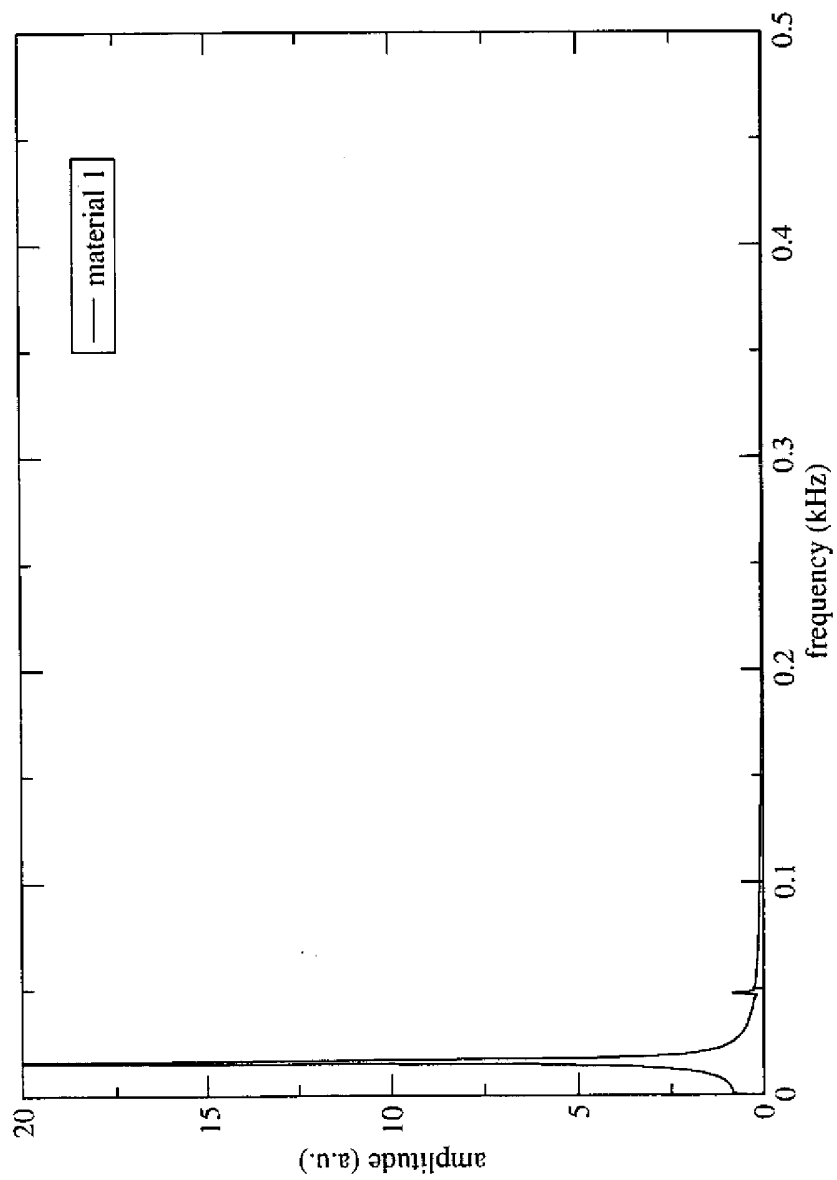


Fig. 4

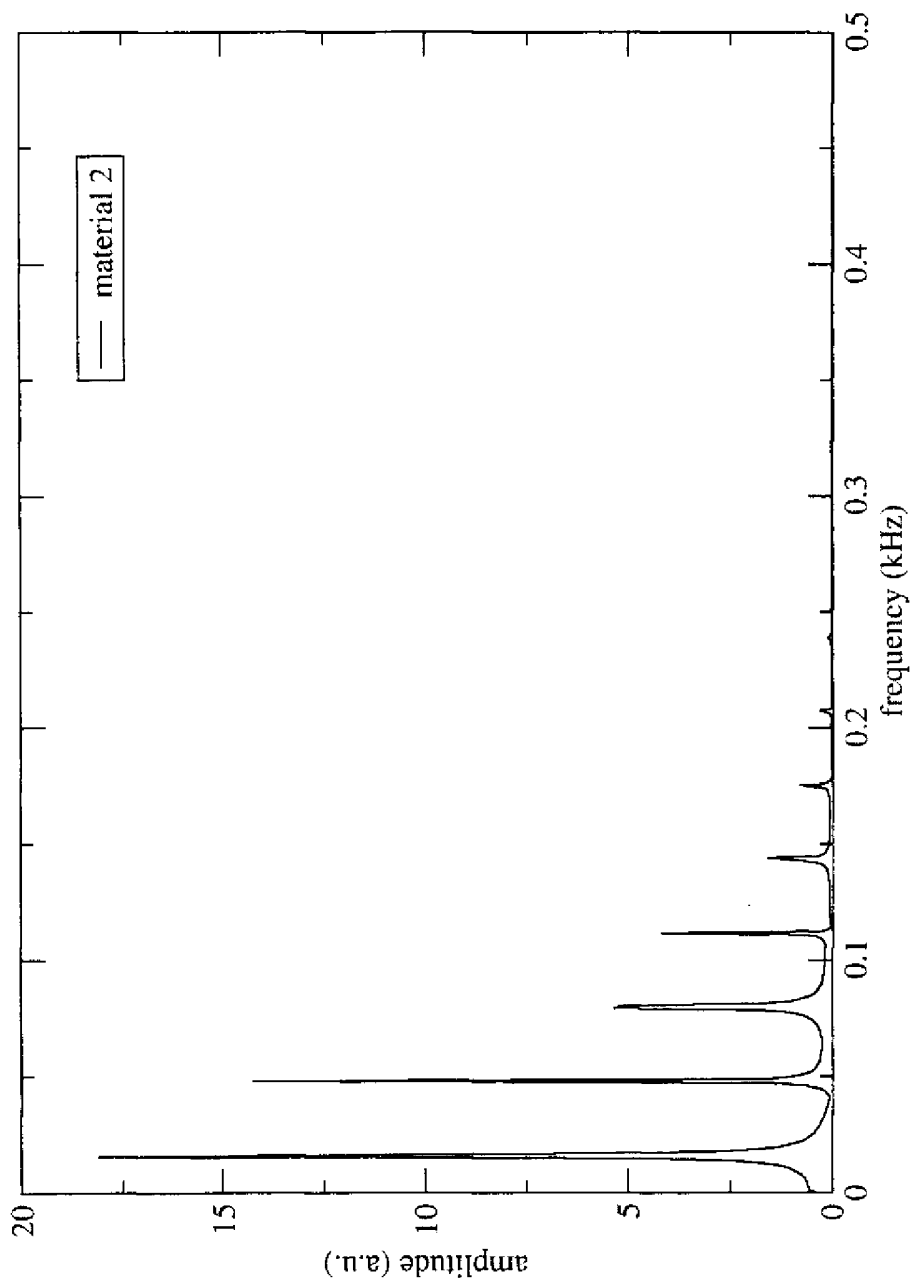


Fig. 5

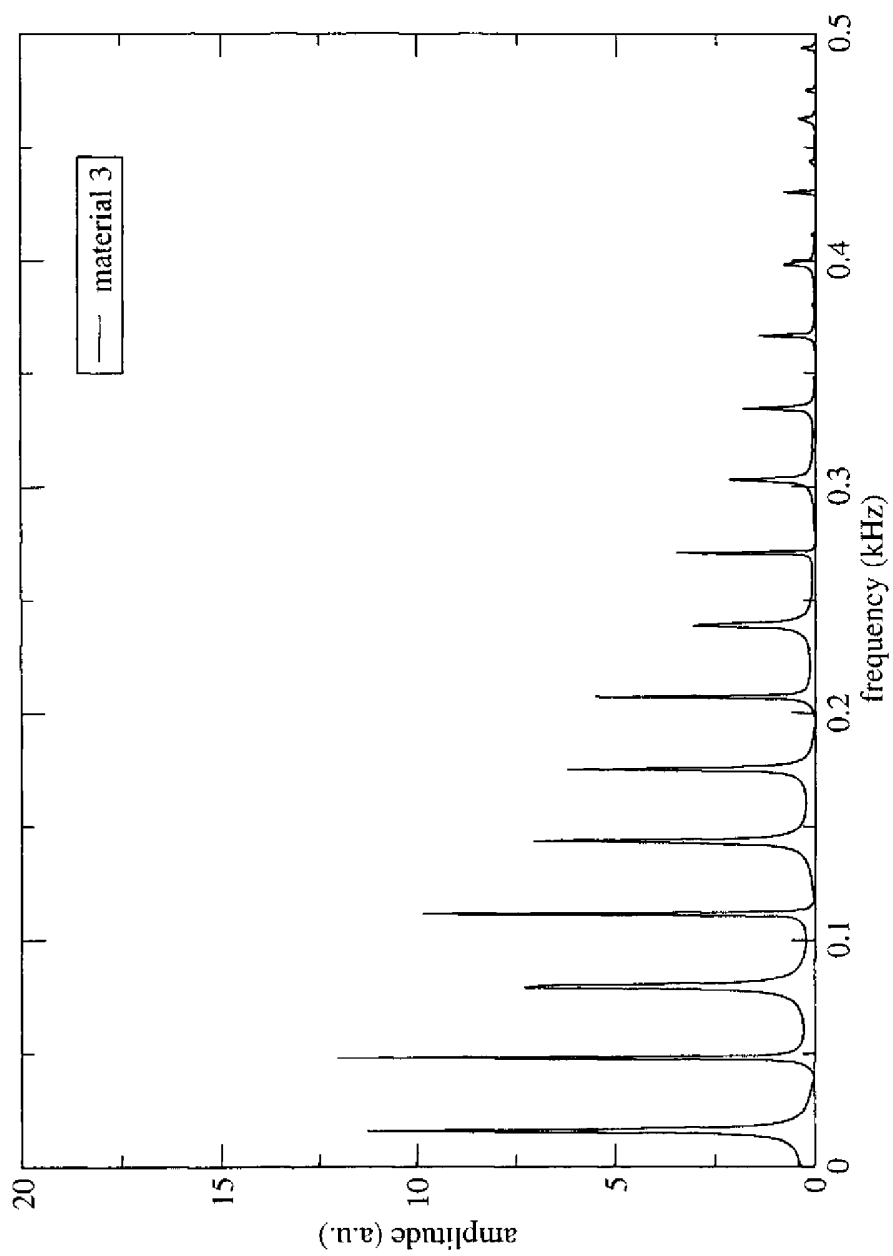


Fig. 6

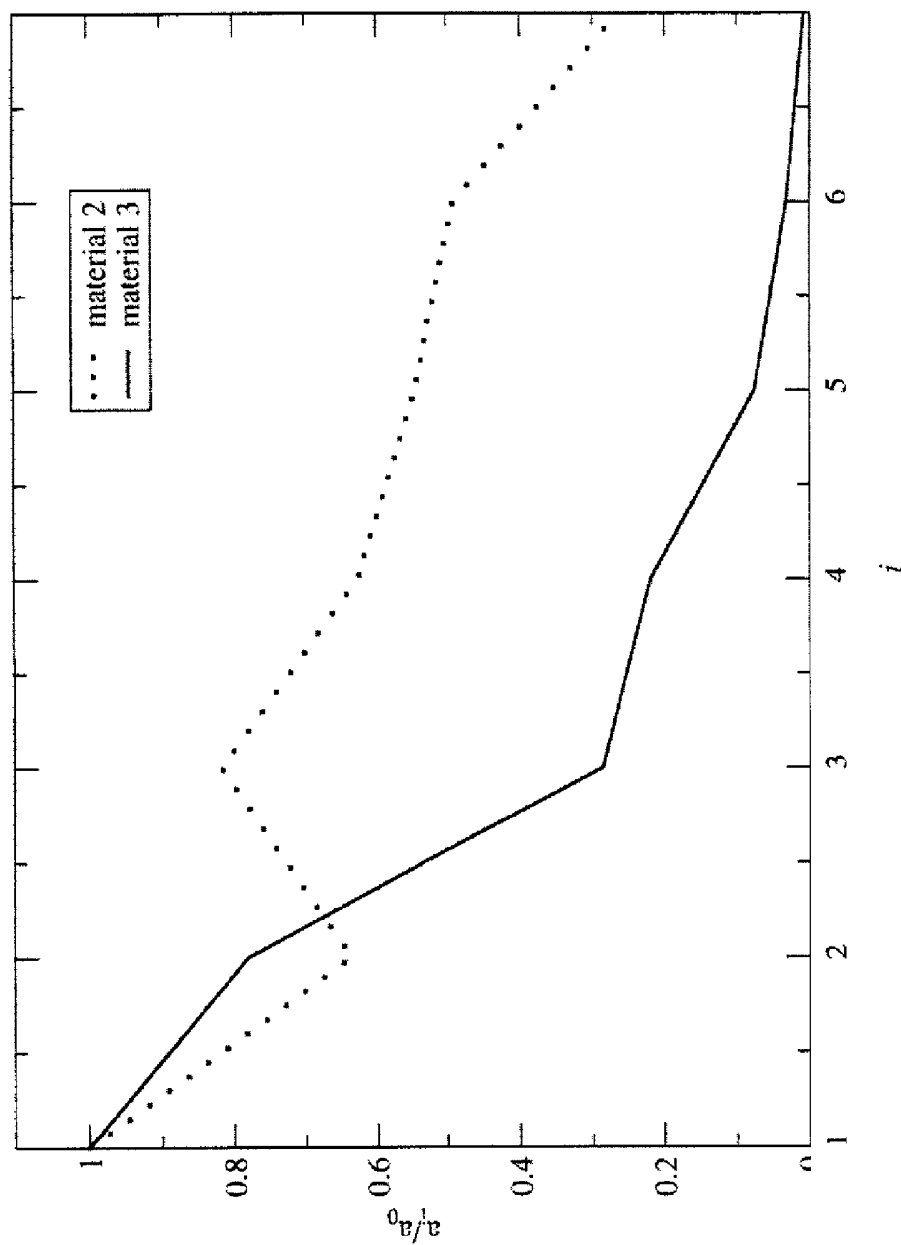


Fig. 7

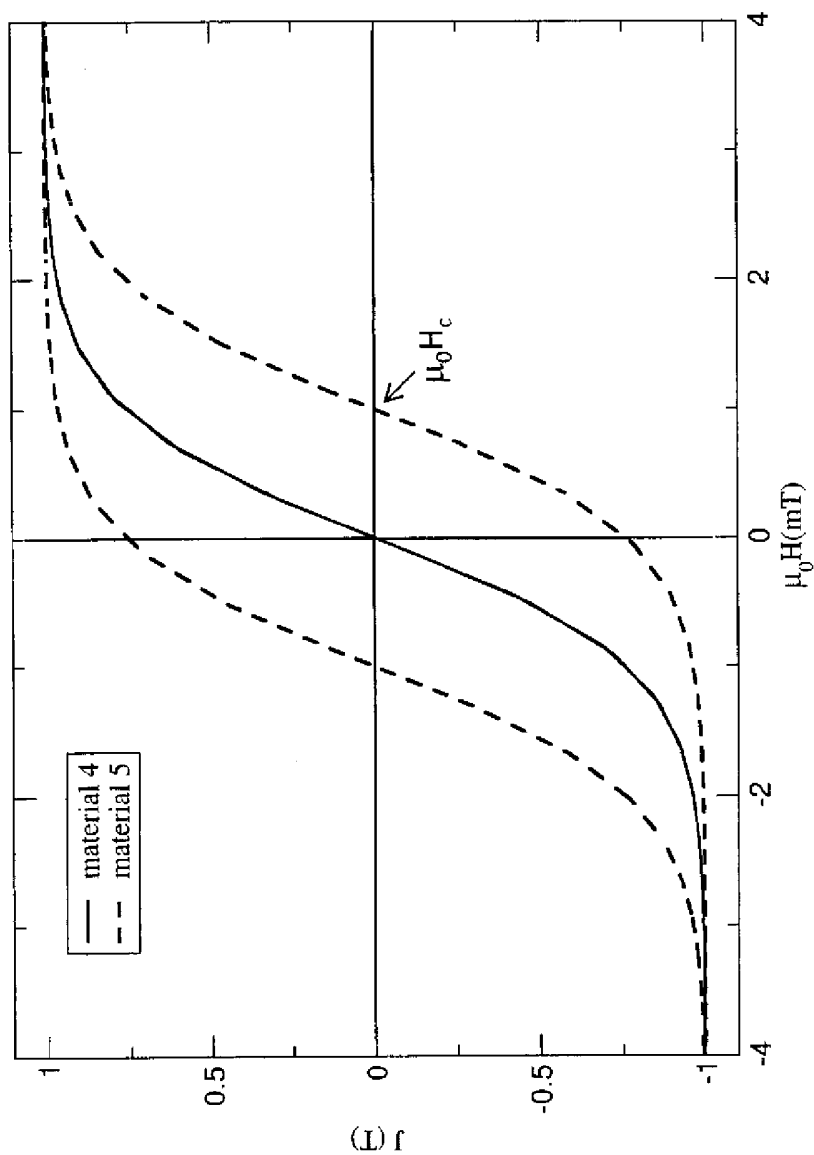


Fig. 8

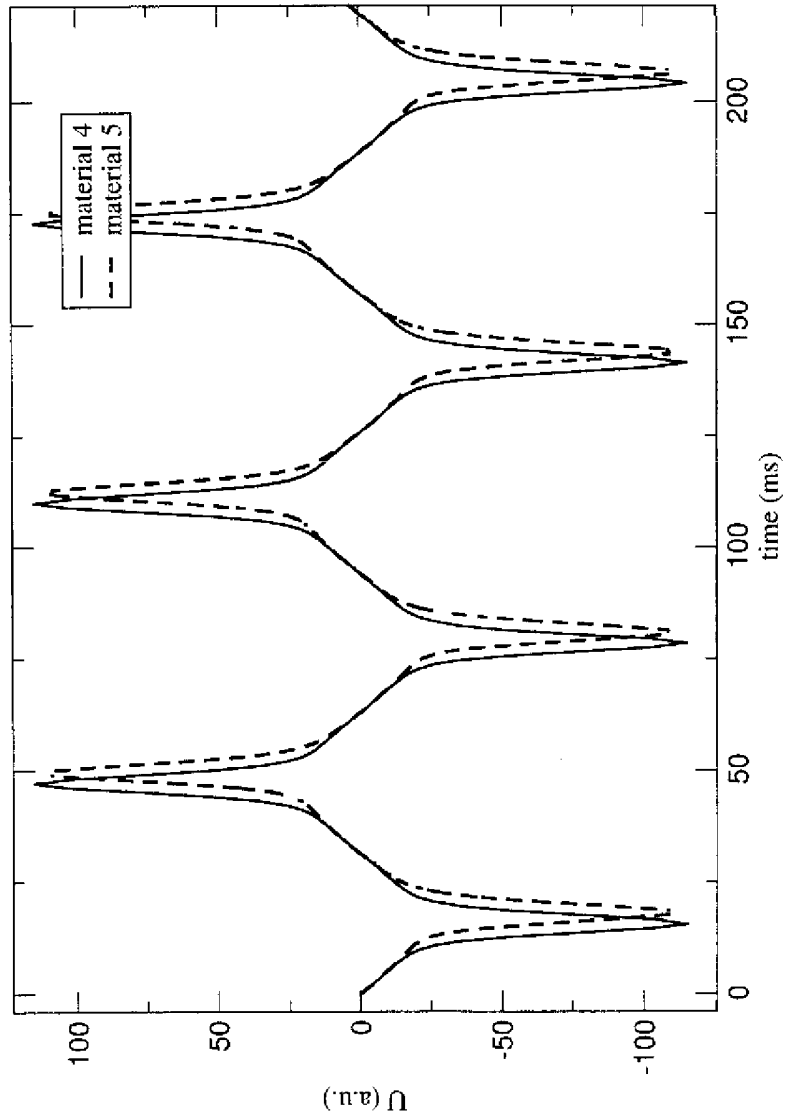


Fig. 9

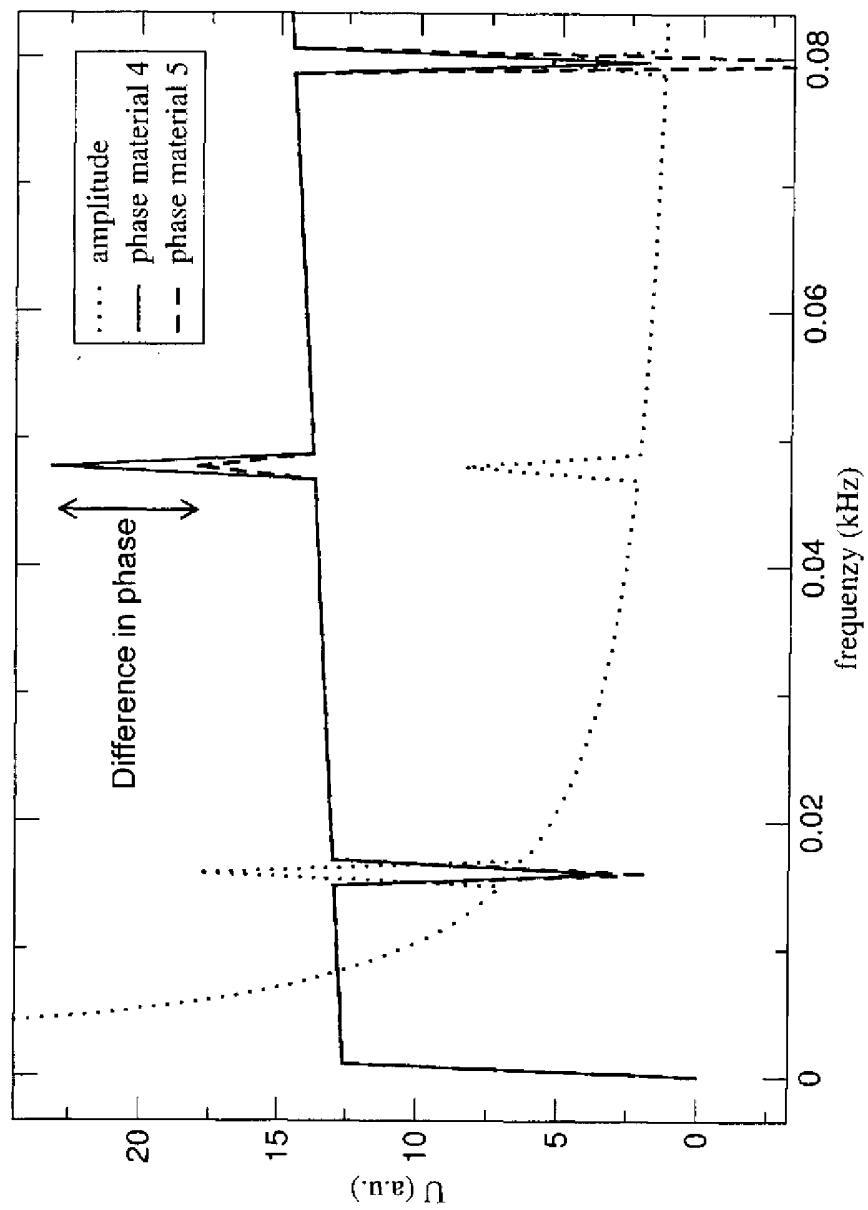


Fig. 10

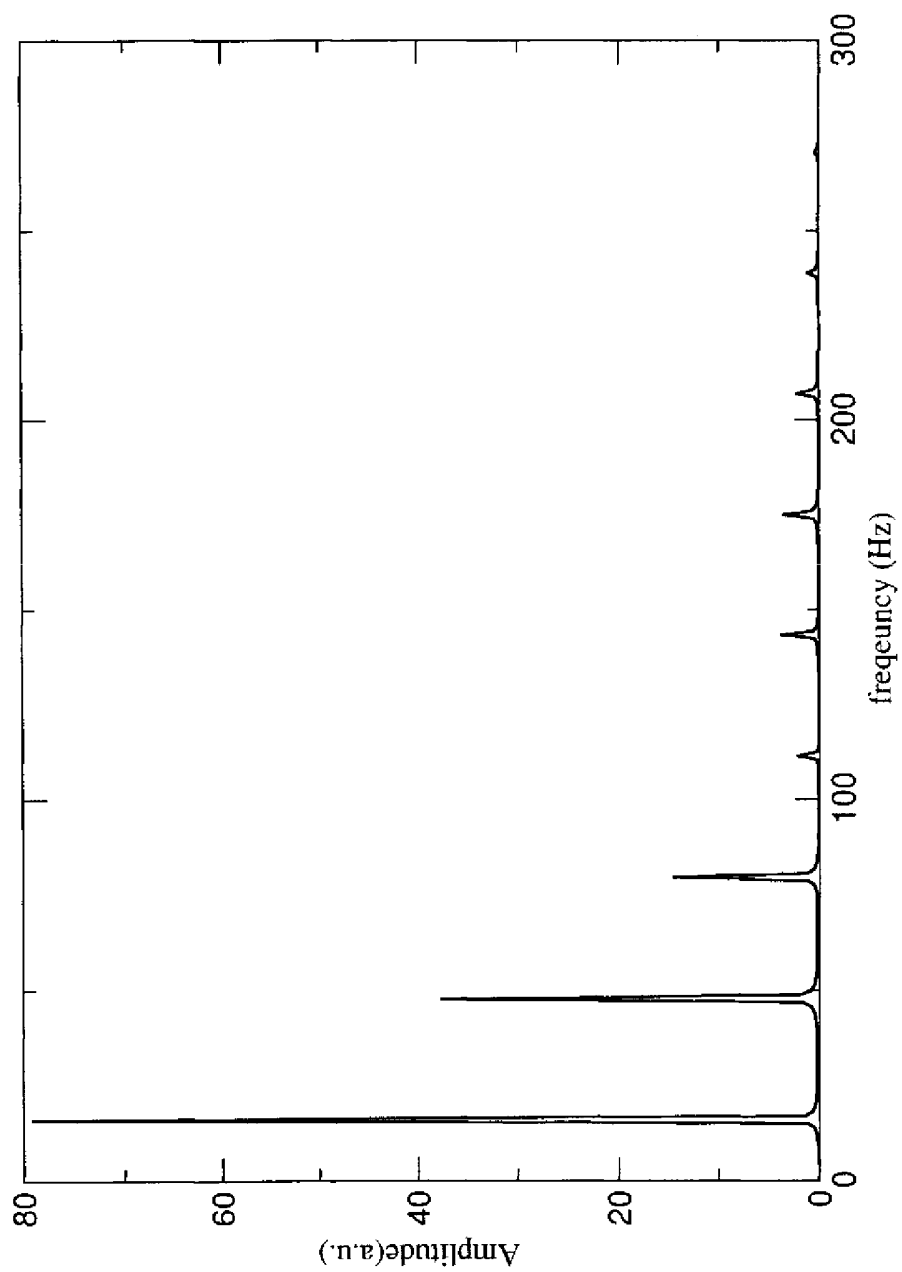


Fig. 11

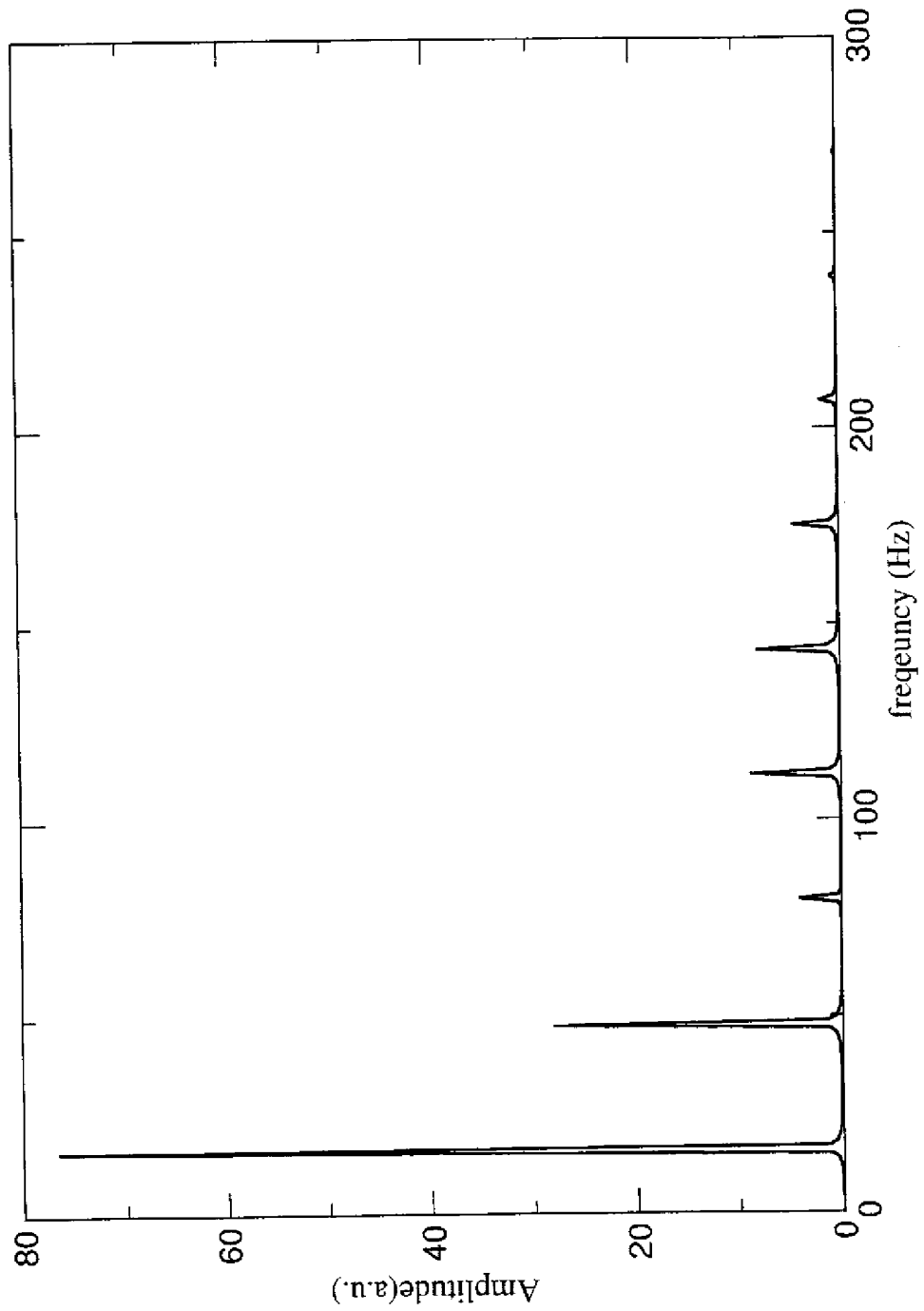


Fig. 12

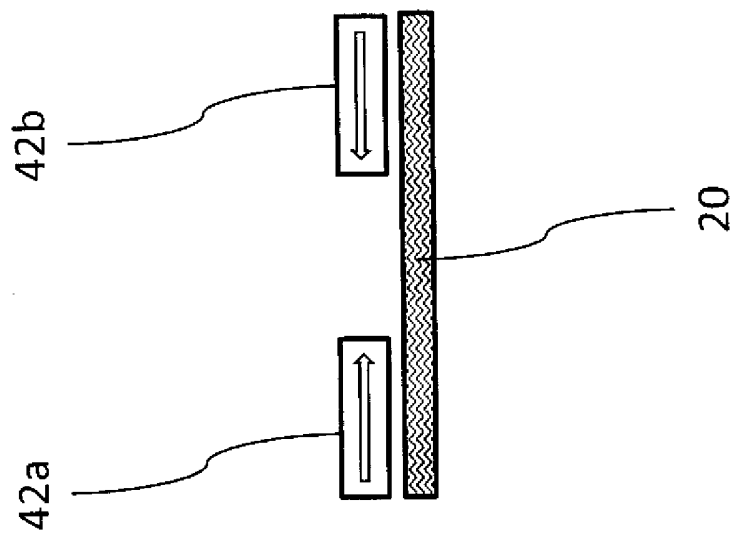


Fig. 13

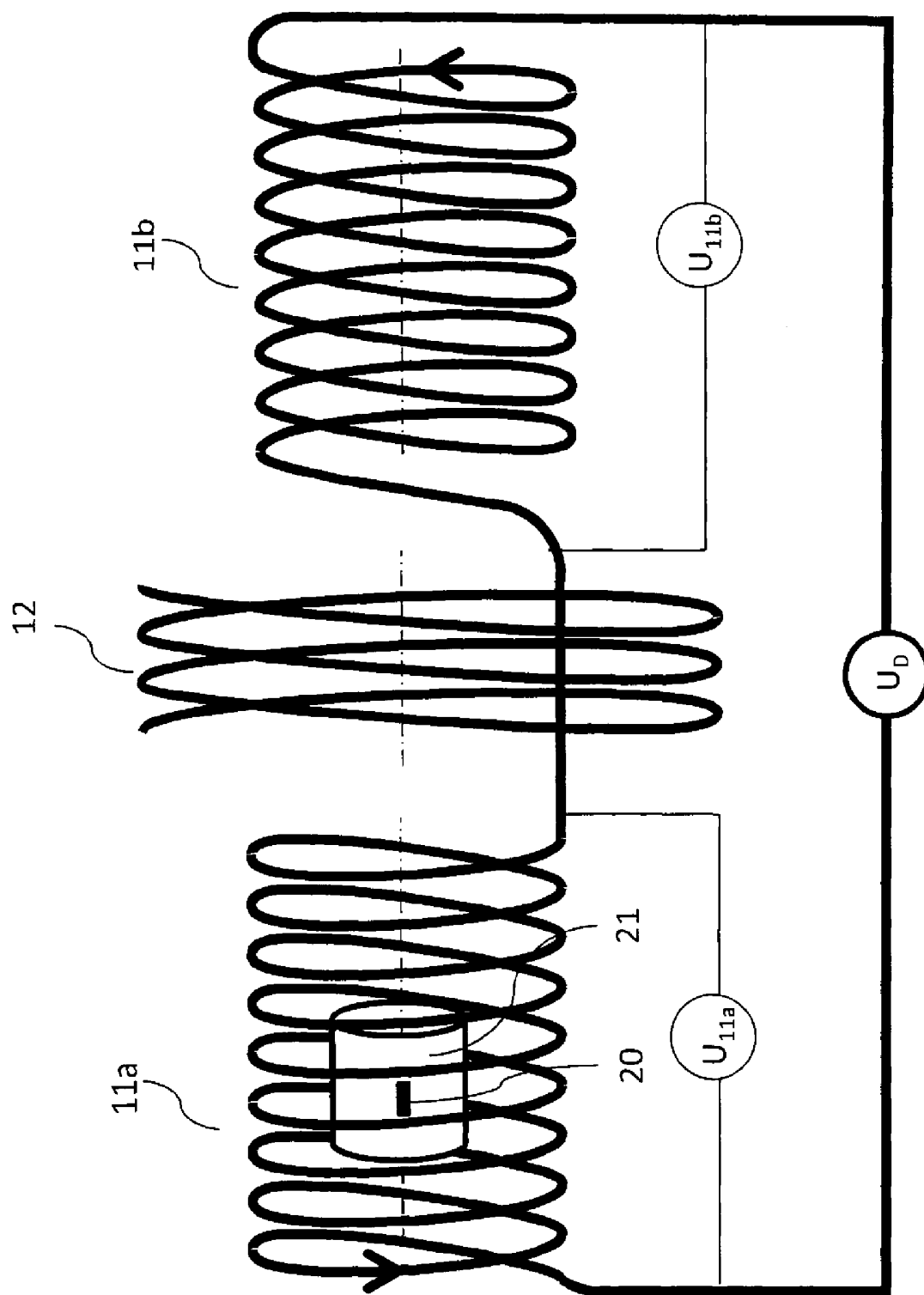


Fig. 14

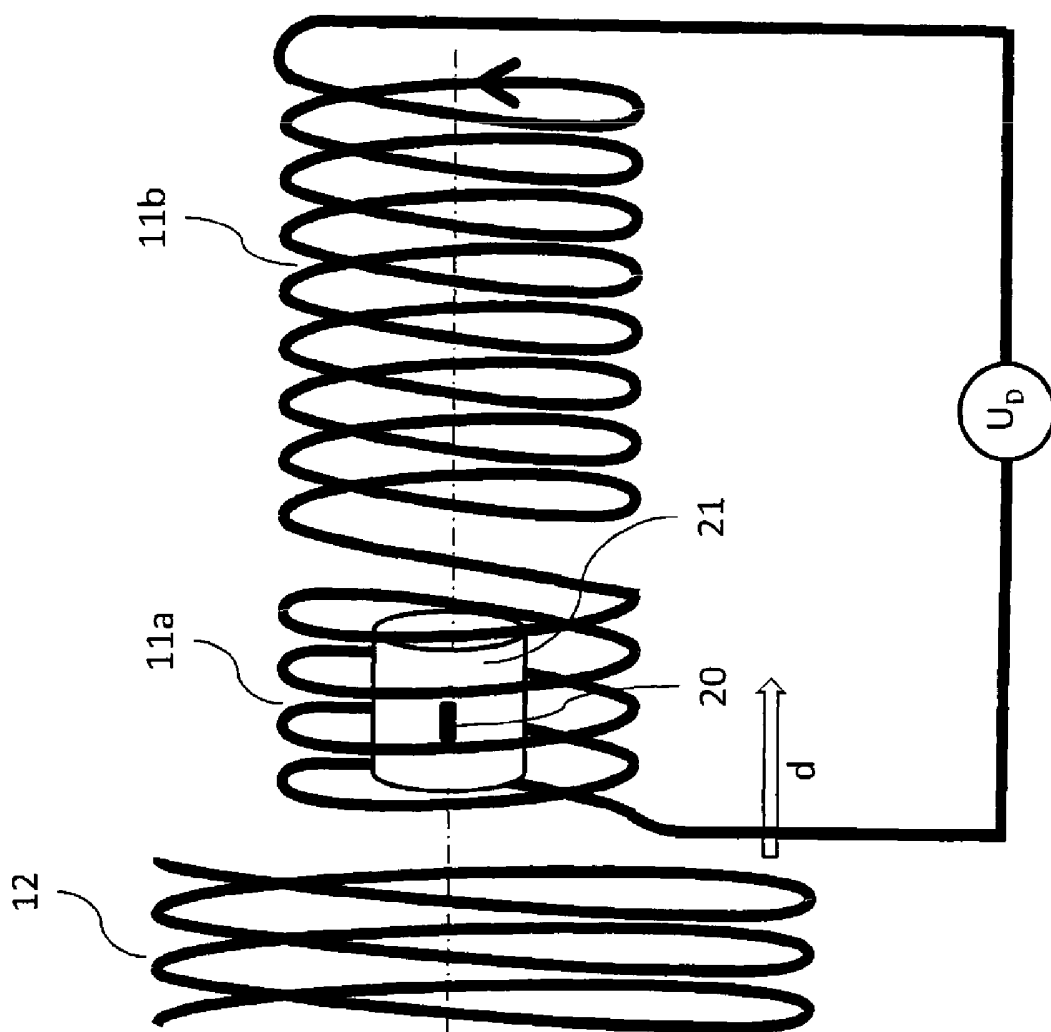


Fig. 15

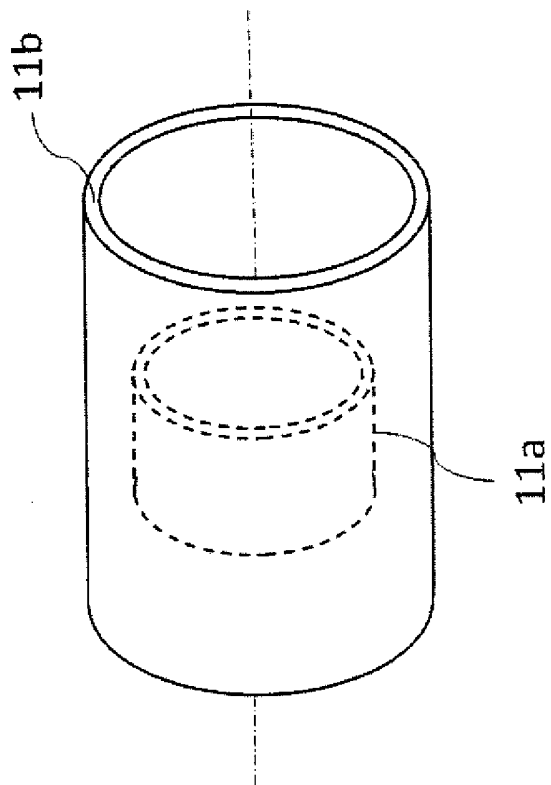
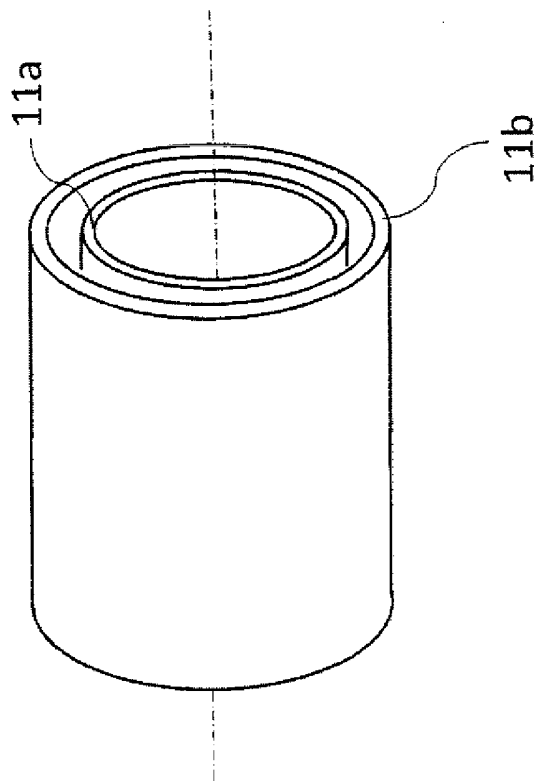


Fig. 16

Fig. 17



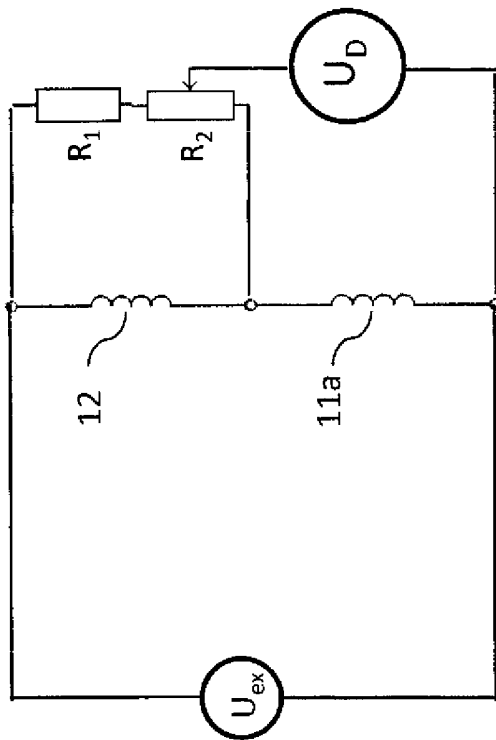


Fig. 18

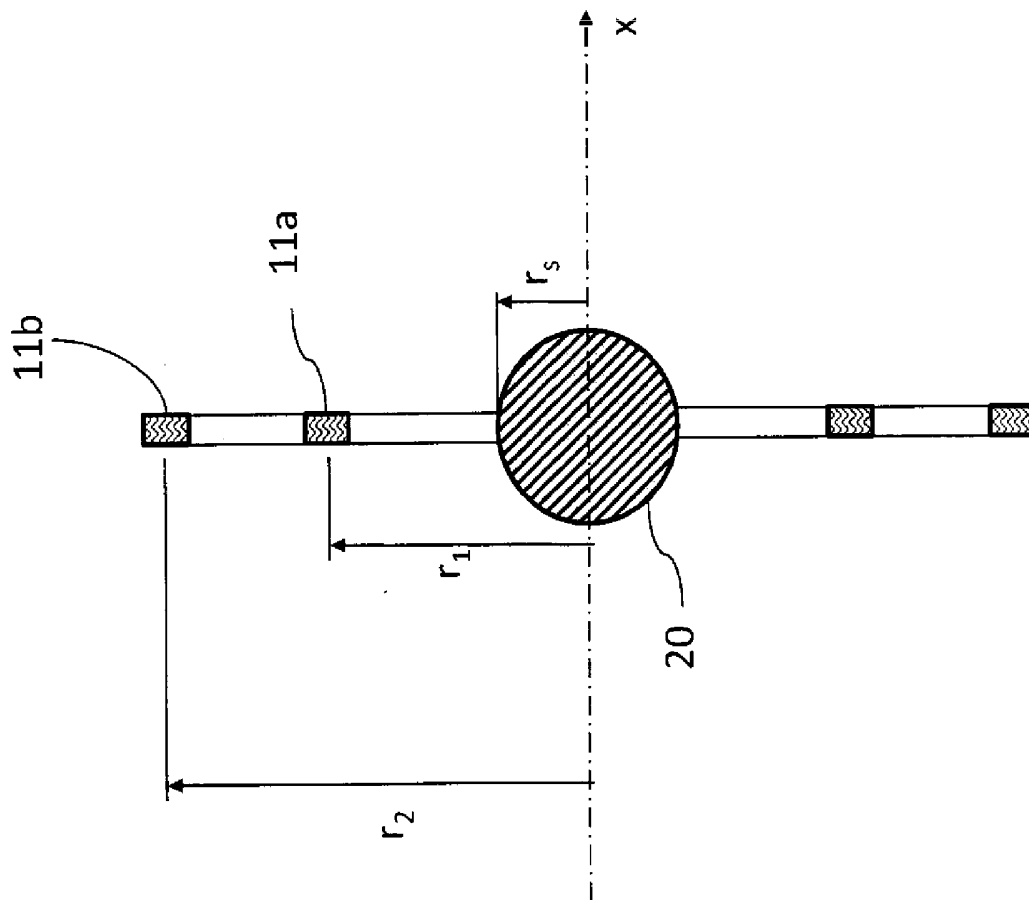


Fig. 19

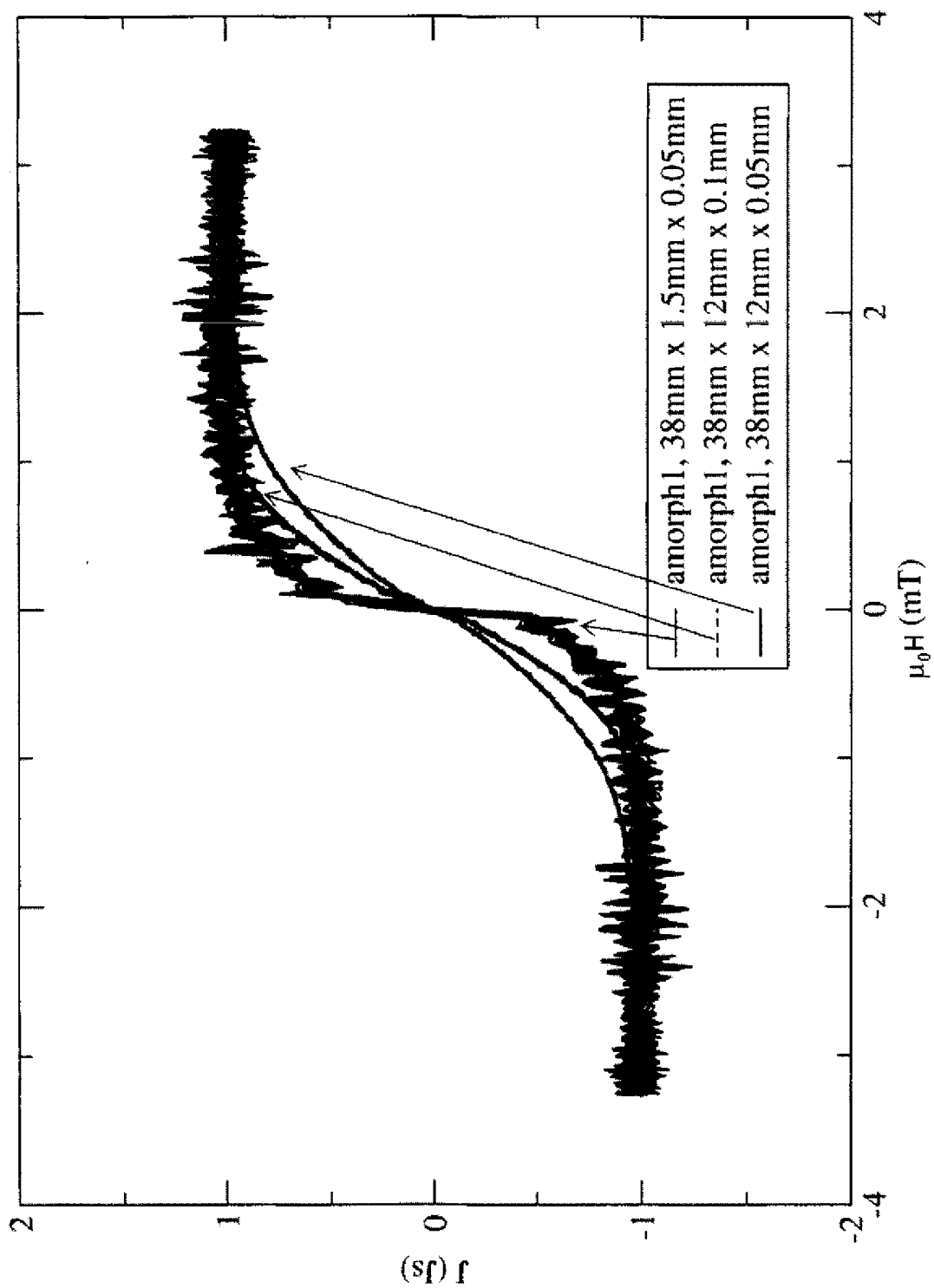


Fig. 20

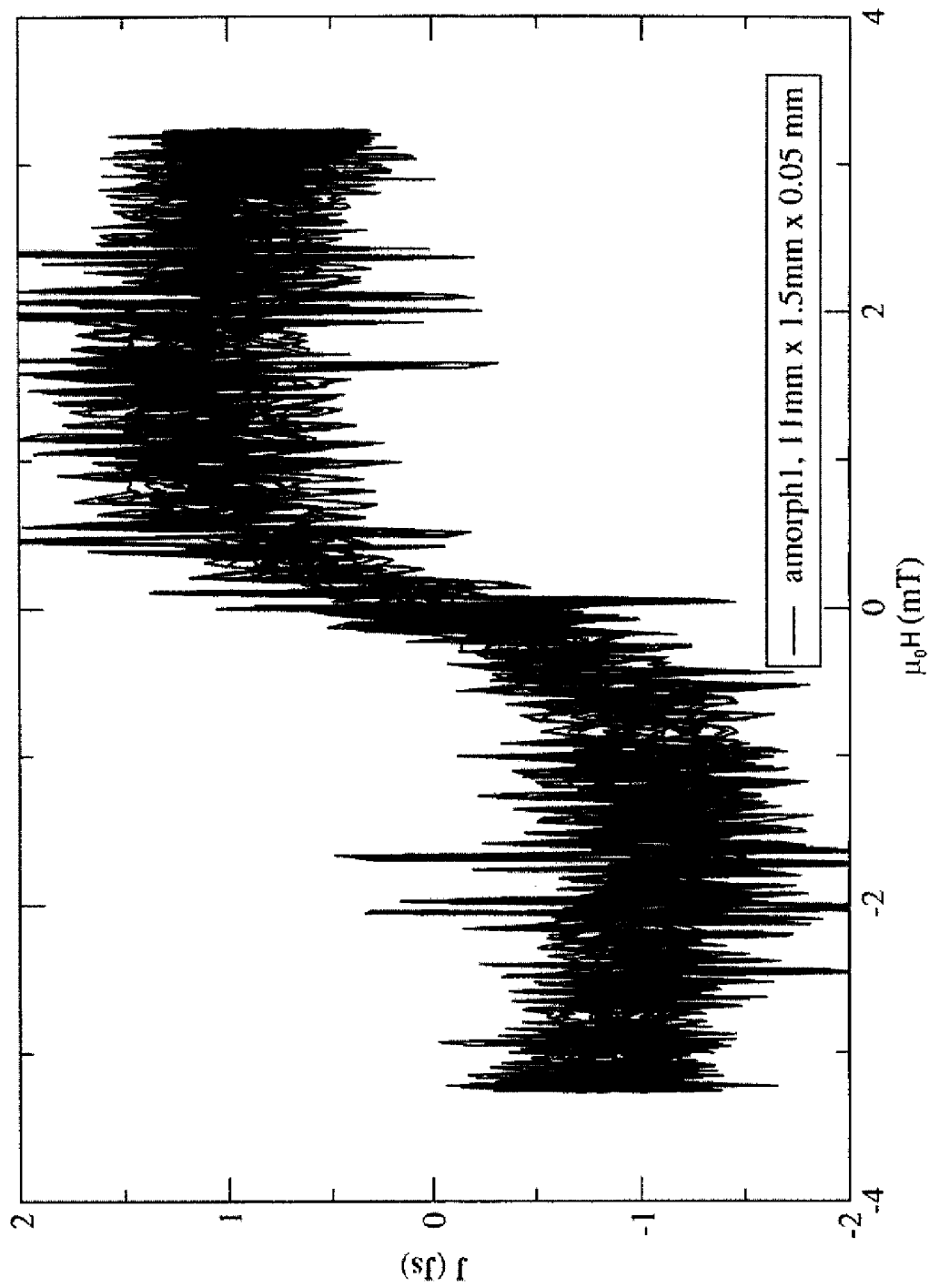


Fig. 21

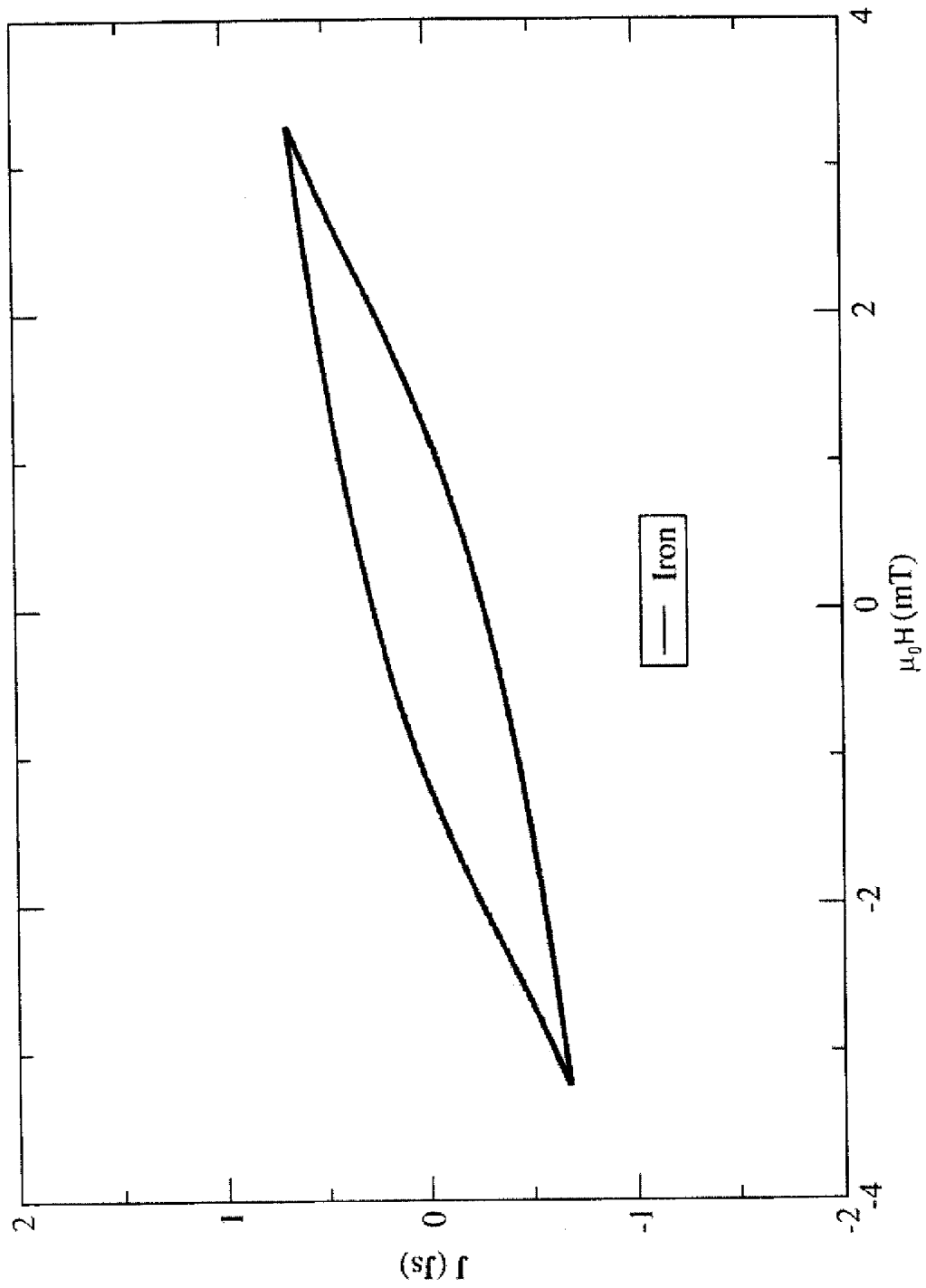


Fig. 22

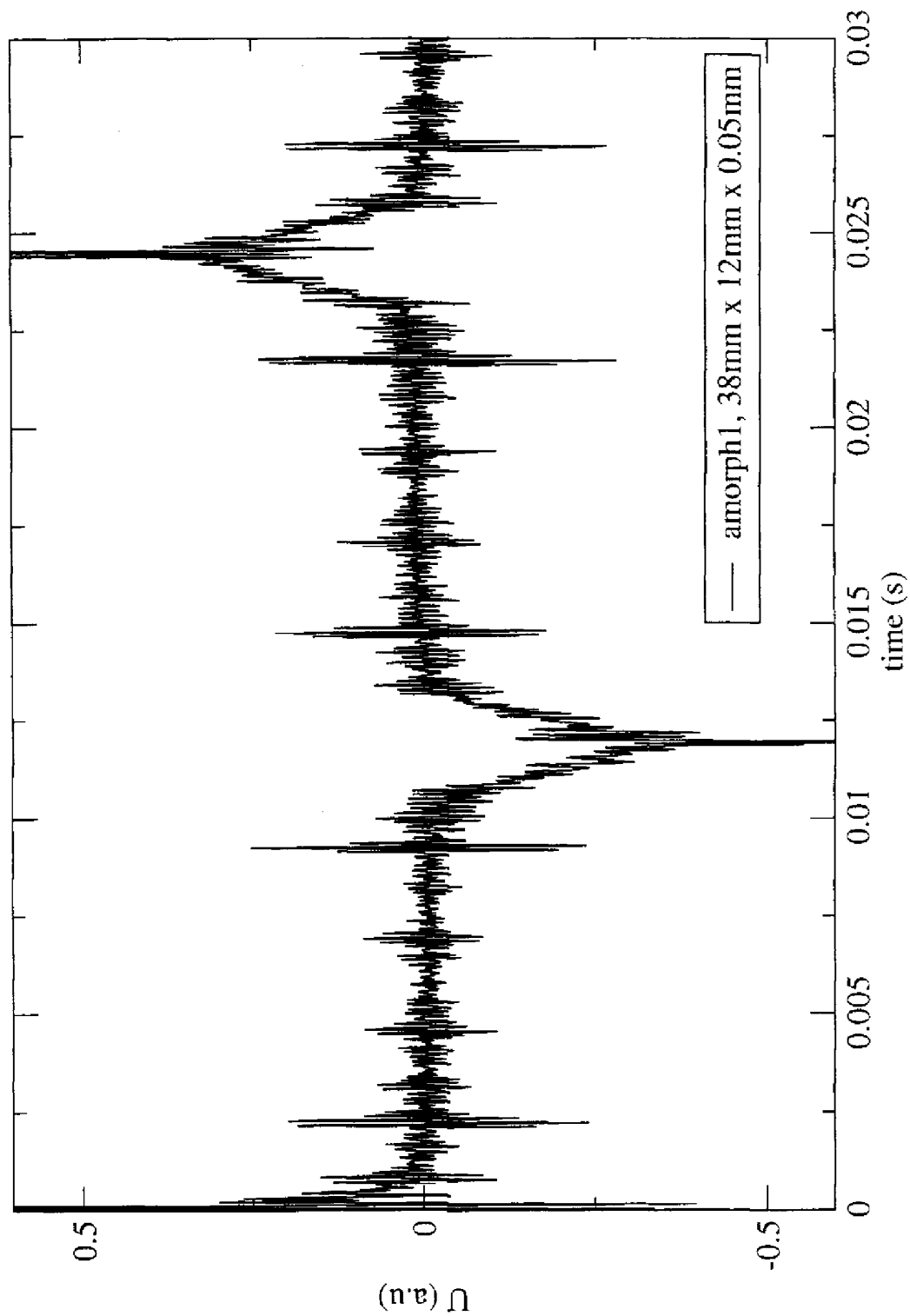


Fig. 23

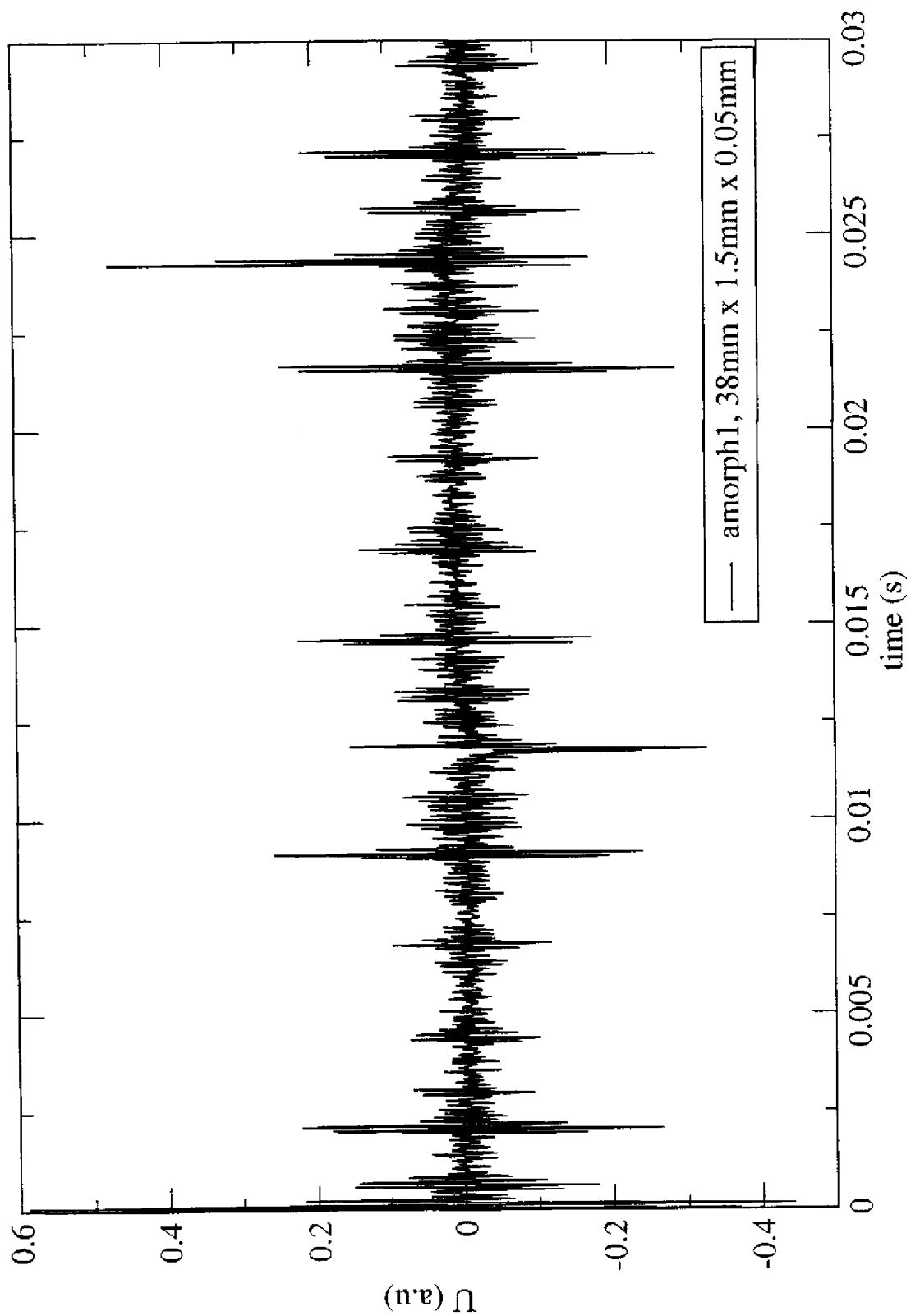


Fig. 24

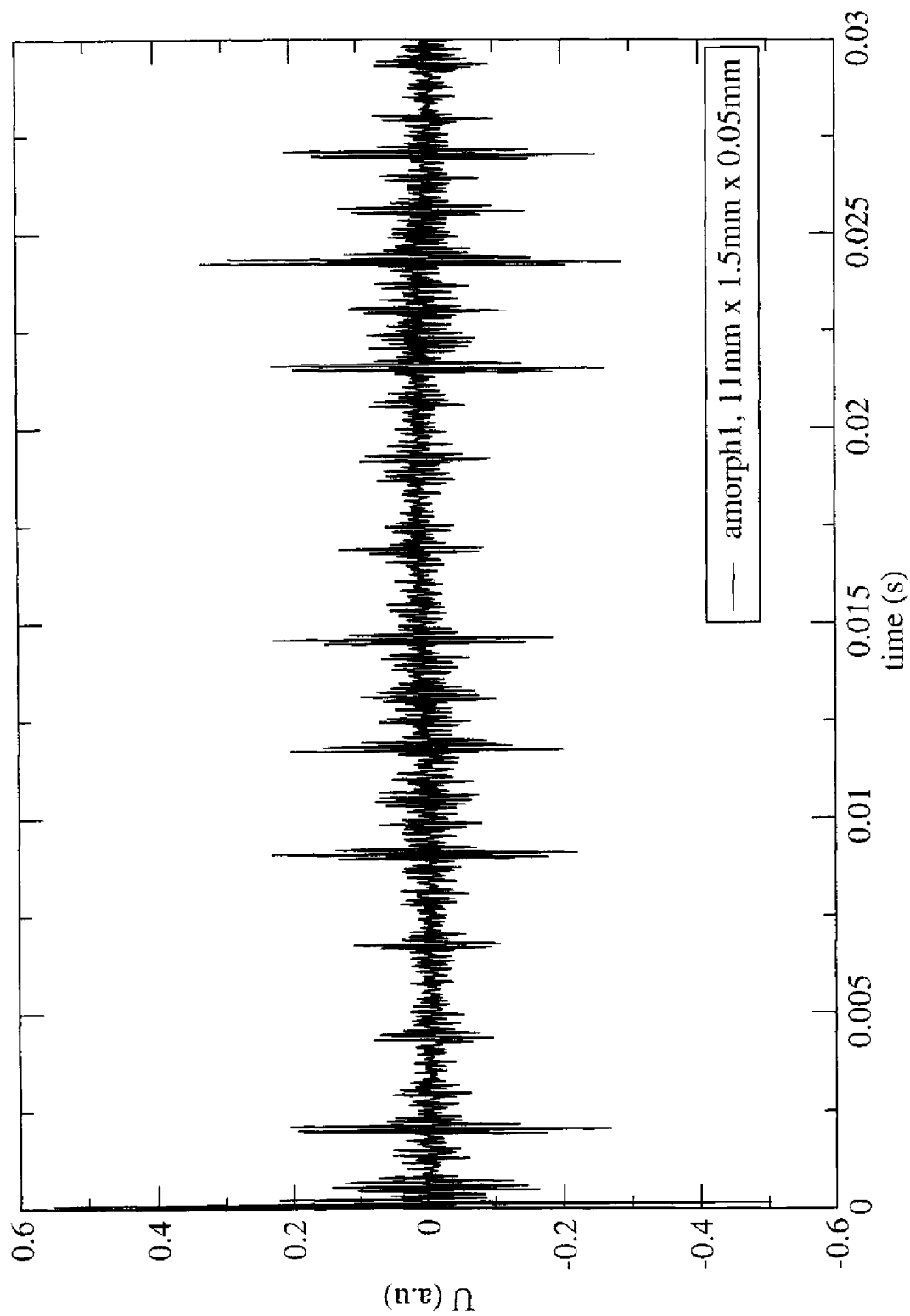


Fig. 25

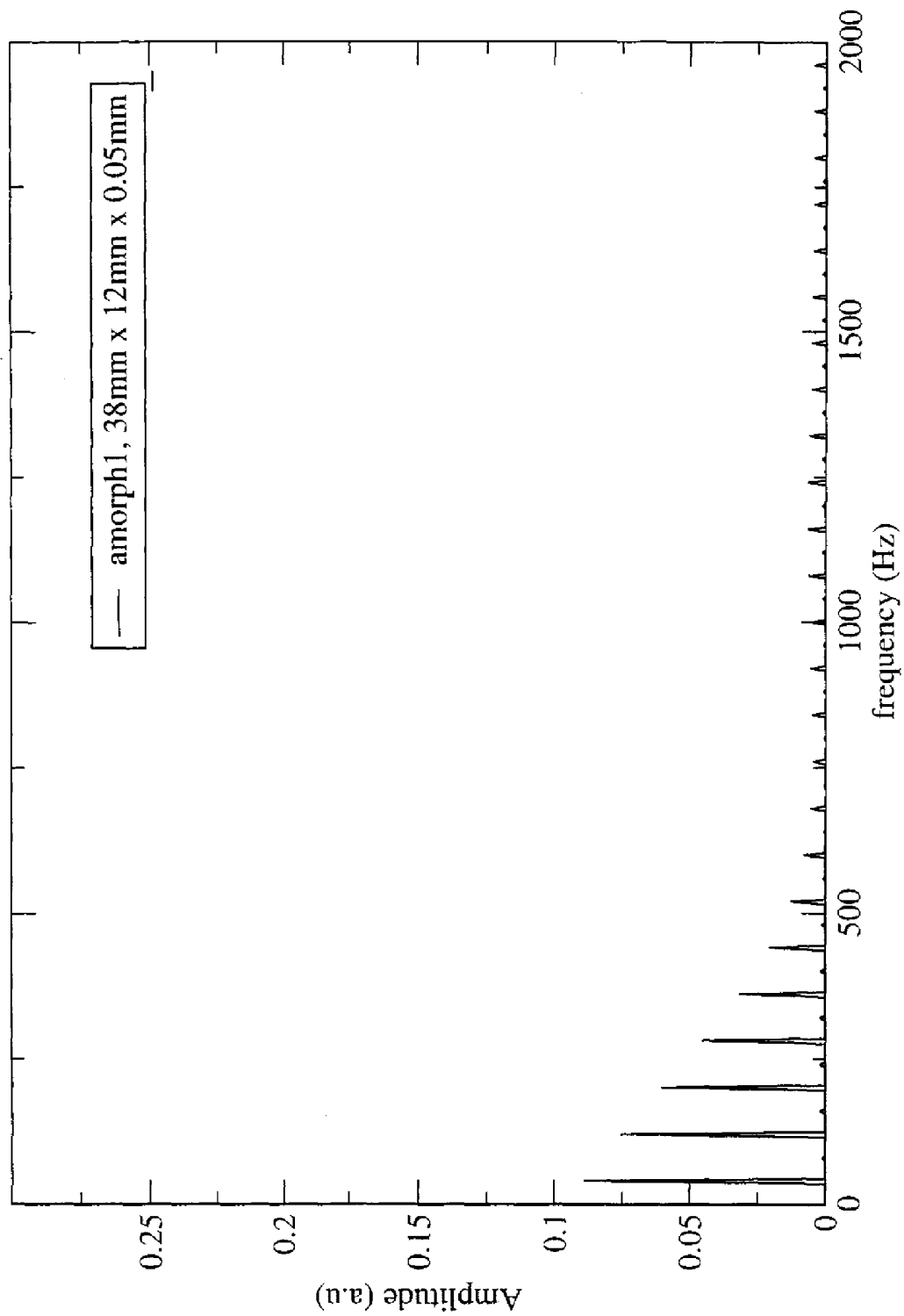


Fig. 26

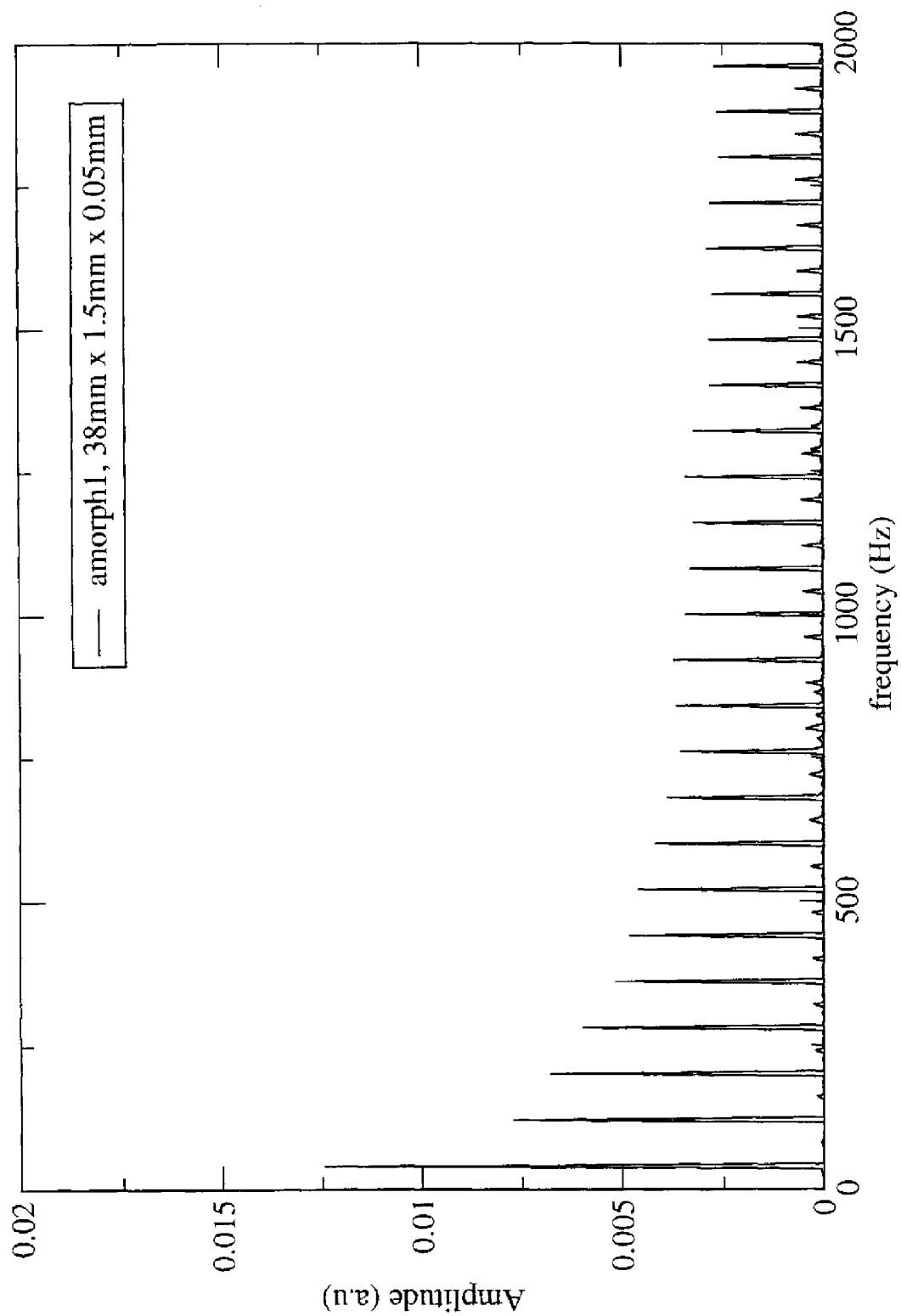


Fig. 27

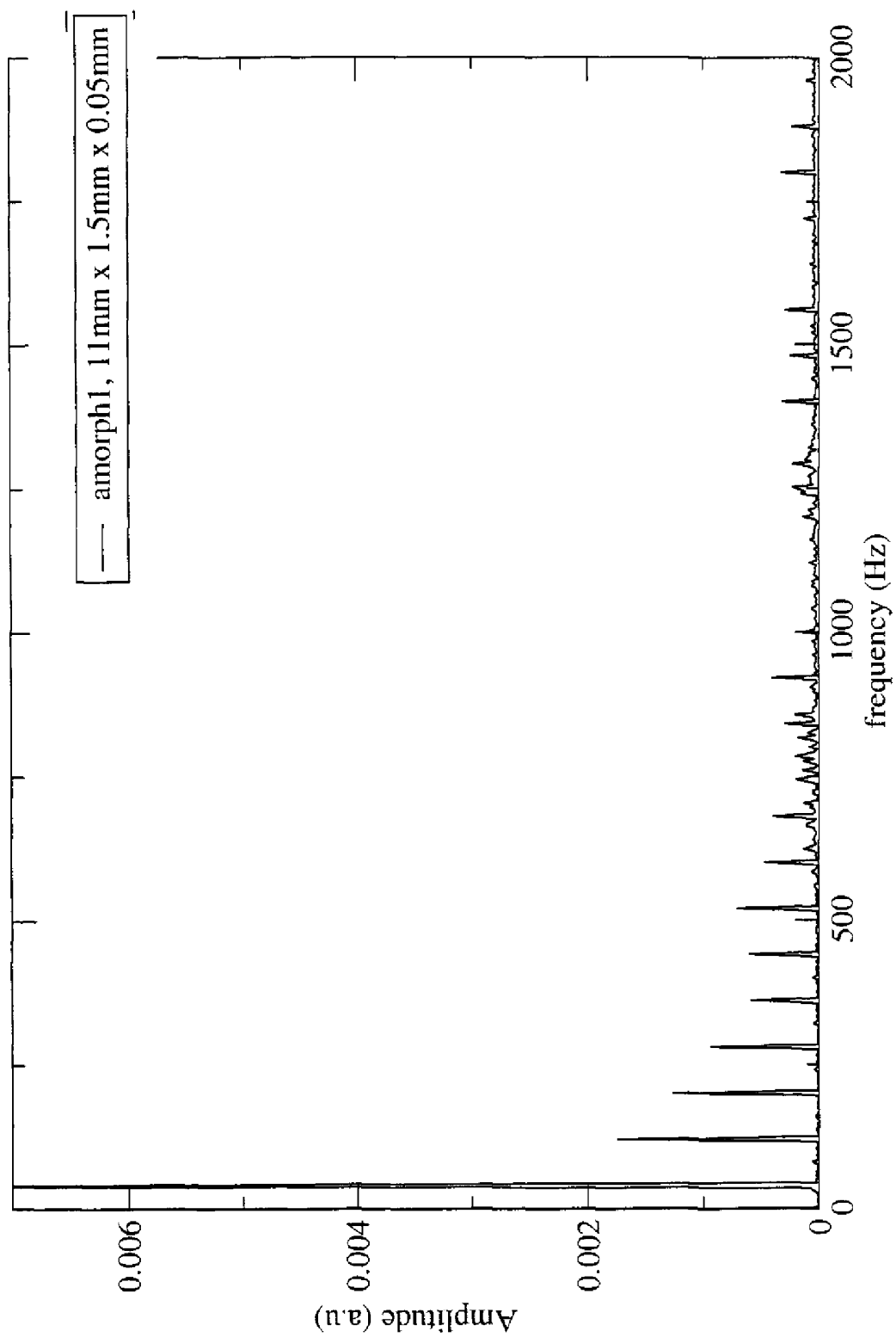


Fig. 28

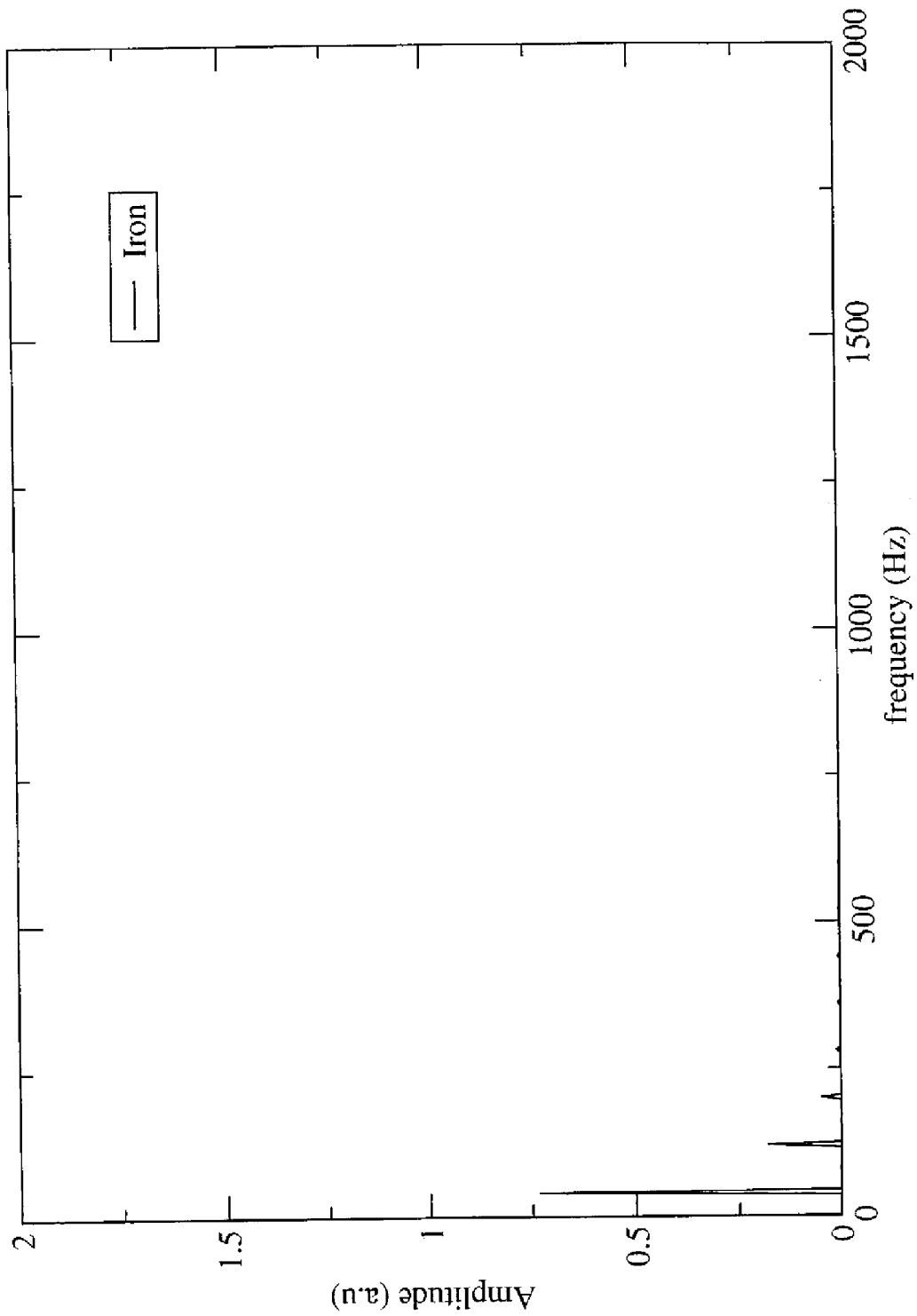


Fig. 29

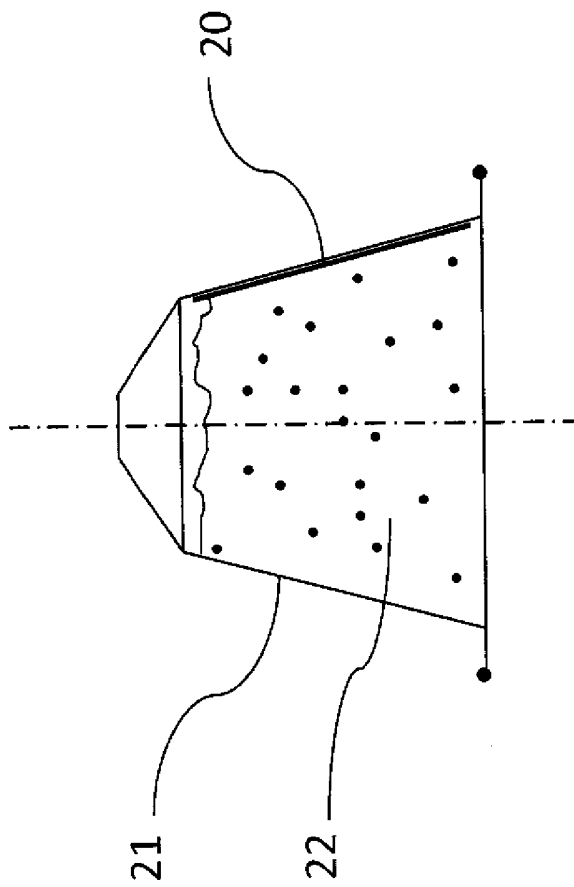


Fig. 30

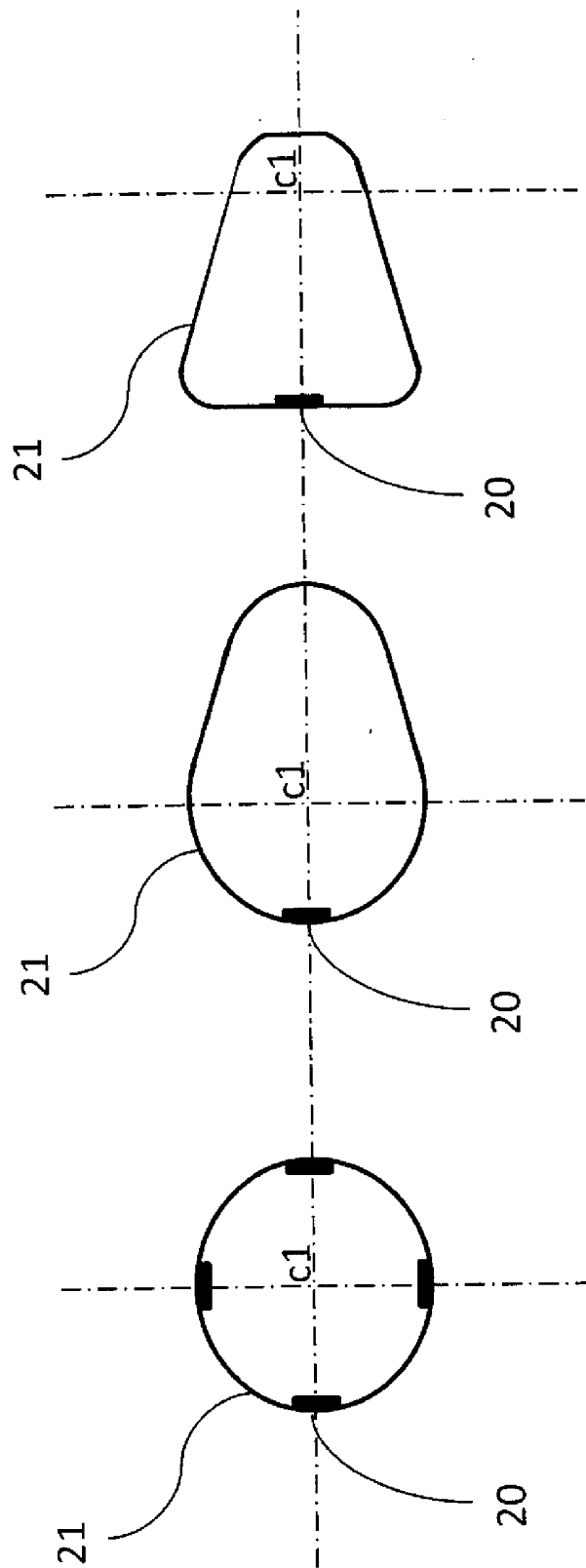


Fig. 31

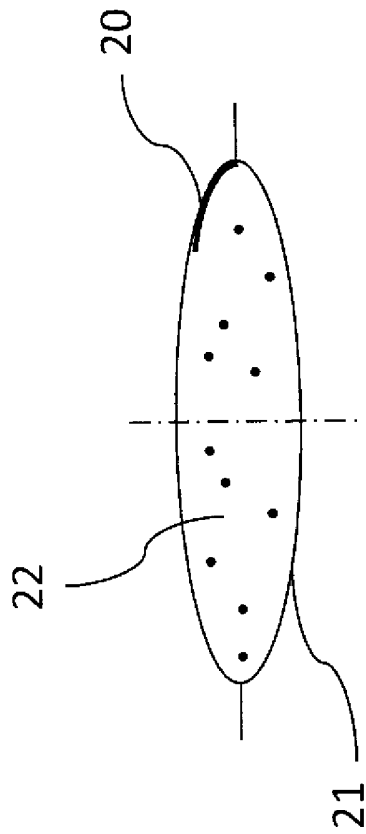


Fig. 32

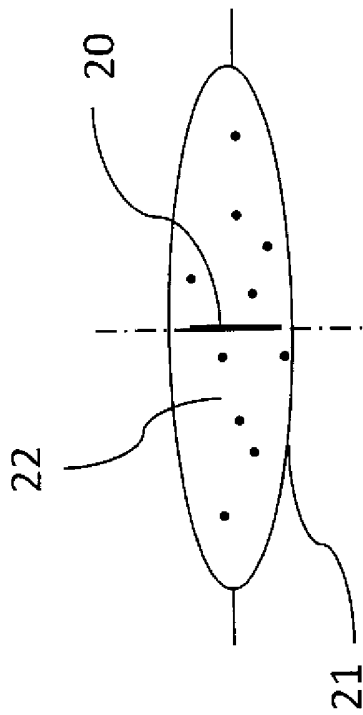


Fig. 33

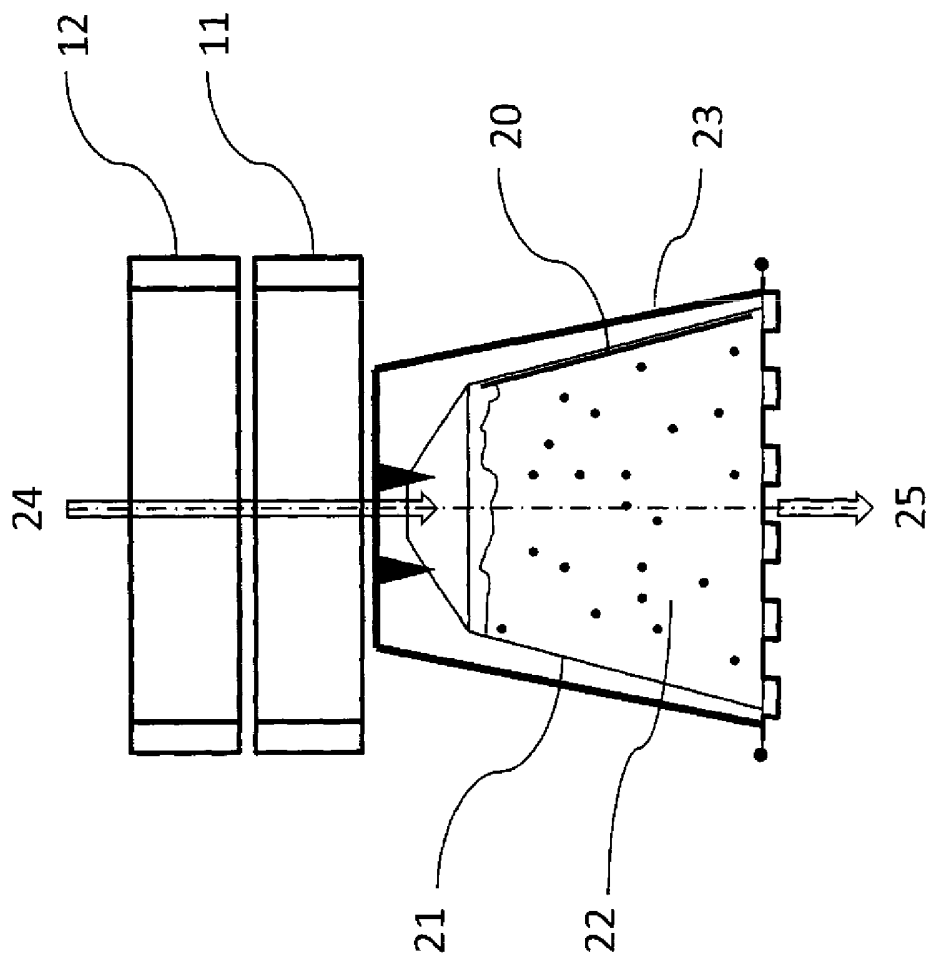


Fig. 34