

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. November 2008 (06.11.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/131954 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01V 3/08 (2006.01)

(74) **Anwalt: RÖSSIG, Rolf**; Beck & Rössig, Cuvilliesstrasse
14, 81679 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/003433

(81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. April 2008 (28.04.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 020 873.3 26. April 2007 (26.04.2007) DE

(71) **Anmelder** (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **IDENT TECHNOLOGY AG** [DE/DE]; Argelsriederfeld 5, 82234 Wessling (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (*nur für US*): **IVANOV, Artem** [DE/DE]; Bajuwarenstrasse 2, 82205 Gilching (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SENSOR APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING SIGNALS INDICATIVE OF THE POSITION OR CHANGE IN POSITION OF LIMBS

(54) **Bezeichnung:** SENSOREINRICHTUNG, SOWIE VERFAHREN ZUR GENERIERUNG VON HINSICHTLICH DER POSITION ODER POSITIONSÄNDERUNG VON GLIEDMASSEN INDIKATIVEN SIGNALEN

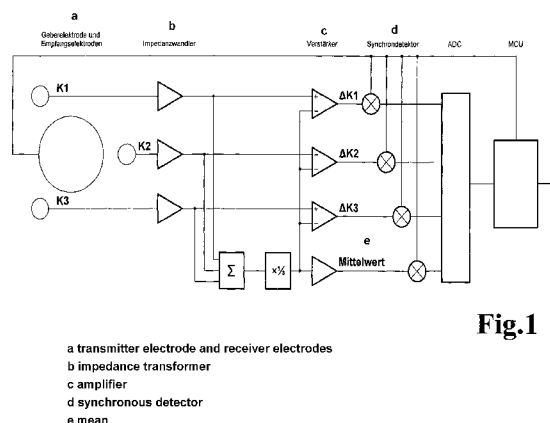


Fig.1

(57) **Abstract:** The invention relates to a sensor apparatus and a method for generating electronic signals that are indicative of a spatial position and/or the movement of limbs, especially a user's hand relative to the sensor apparatus. Said electronic signals can then be used for carrying out input processes in data processing devices, communication devices, and other electrical devices. The aim of the invention is to find ways to generate, in a particularly advantageous manner, signals that are indicative of the position and/or the movement of limbs. Said aim is achieved by a sensor apparatus for generating electrical signals that are indicative of the position or movement of limbs relative to a reference area. Said sensor apparatus comprises a transmitter electrode device, a voltage generator for applying an alternating voltage to the transmitter electrode, a first receiver electrode device, a second receiver electrode device, and a third receiver electrode device. The first, the second, and the third receiver electrode device are each connected to high-resistance tapping systems. Preferably, the first, the second, and the third receiver electrode device are each connected to high-resistance inputs of an impedance transformer system. The data indicative of a location or movement is obtained on the basis of differences between the electrical events applied to the outputs of the respective impedance transformer.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/131954 A2



MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Sensoreinrichtung sowie auch auf ein Verfahren zur Generierung von elektronischen Signalen die als solche Aufschluss über eine räumliche Position, und/oder die Bewegung von Gliedmaßen, insbesondere der Hand eines Anwenders gegenüber der Sensoreinrichtung geben. Diese elektronischen Signale können dann zur Abwicklung von Eingabevorgängen bei Datenverarbeitungs-, Kommunikations- und anderweitigen Elektrogeräten herangezogen werden. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen zu schaffen durch welche hinsichtlich der Position und/oder der Bewegung von Gliedmaßen indikative Signale in besonders vorteilhafter Weise generiert werden können. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Sensoreinrichtung zur Generierung von elektrischen Signalen die als solche Aufschluss über die Position oder Bewegung von Gliedmaßen gegenüber einem Bezugsbereich geben, mit einer Geberelektrodeneinrichtung, einer Spannungsgenerator, zur Beaufschlagung der Geberelektrode mit einer Wechselspannung, einer ersten Empfangselektrodeneinrichtung, einer zweiten Empfangselektrodeneinrichtung, und einer dritten Empfangselektrodeneinrichtung, wobei die erste, die zweite und die dritte Empfangselektrodeneinrichtung jeweils an hochohmige Abgriffssysteme angebunden sind. Vorzugsweise sind die erste, die zweite und die dritte Empfangselektrodeneinrichtung jeweils an hochohmige Eingänge eines Impedanzwandlersystems angebunden, wobei anhand von Unterschieden zwischen den und den Ausgängen des jeweiligen Impedanzwandlers anliegenden elektrischen Ereignissen die orts- oder bewegungsindikativen Informationen gewonnen werden.

**Sensoreinrichtung, sowie Verfahren zur Generierung von hinsichtlich
der Position oder Positionsänderung von Gliedmaßen
indikativen Signalen**

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Sensoreinrichtung sowie auch auf ein Verfahren zur Generierung von elektronischen Signalen die als solche Aufschluss über eine räumliche Position, und/oder die Bewegung von Gliedmaßen, insbesondere der Hand eines Anwenders gegenüber der Sensoreinrichtung geben. Diese elektronischen Signale können dann zur Abwicklung von Eingabevorgängen bei Datenverarbeitungs-, Kommunikations- und anderweitigen Elektrogeräten herangezogen werden.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen zu schaffen durch welche hinsichtlich der Position und/oder der Bewegung von Gliedmaßen indikative Signale in besonders vorteilhafter Weise generiert werden können.

Erfindungsgemäße Lösung

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Sensoreinrichtung zur Generierung von elektrischen Signalen die als solche Aufschluss über die Position oder Bewegung von Gliedmaßen gegenüber einem Bezugsbereich geben, mit einer Geberelektrodeneinrichtung, einem Spannungsgenerator, zur Beaufschlagung der Geberelektrode mit einer Wechselspannung, einer ersten Empfangselektrodeneinrichtung, einer zweiten Empfangselektrodeneinrichtung, und einer dritten Empfangselektrodeneinrichtung, wobei die erste, die zweite und die dritte Empfangselektrodeneinrichtung jeweils an hochohmige Abgriffssysteme angebunden sind.

Vorzugsweise sind die erste, die zweite und die dritte Empfangselektrodeneinrichtung jeweils an hochohmige Eingänge eines Impedanzwandlersystems angebunden, wobei anhand von Unterschieden zwischen den and den Ausgängen des jeweiligen Impedanzwandlers anliegenden elektrischen Ereignissen die orts- oder bewegungsindikativen Informationen gewonnen werden.

Aus den von den Empfangselektroden abgegriffenen Pegeln kann ein Summensignal gebildet werden, das die Summe der an den Empfangselektroden anliegenden Spannungen abbildet. Dieses Summensignal kann mit einem vorgegebenen Verstärkungsfaktor normiert werden und einem Komparatoreingang des jeweiligen Impedanzwandlersystems zur Verfügung gestellt werden.

Vorzugsweise ist ein Synchrondetektorsystem vorgesehen ist, das als solches hinsichtlich der Synchronität des Ausgangssignals am jeweiligen Impedanzwandlersystem, insbesondere bezüglich des Spannungspegels und/oder der Phase gegenüber der Erregerspannung indikative Signale liefert. Anhand von Unterschieden zwischen den and den Ausgängen des jeweiligen Synchrondetektors anliegenden elektrischen Ereignissen können die orts- oder bewegungsindikativen Informationen gewonnen werden.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Empfangselektroden symmetrisch um die Geberelektrodeneinrichtung herum angeordnet. Die Geberelektrode wird vorzugsweise von einem Generator (Mikrocontroller) mit Wechselspannung versorgt um um sich herum ein elektrisches, an sich vorzugsweise quasistatisches elektrisches Feld zu bilden. Die Empfangselektroden sind vorzugsweise symmetrisch um die Geberelektrode angeordnet.

Die an den Empfangselektroden anliegende elektrische Spannung beinhaltet Information über die Verteilung des Feldes der Geberelektrode.

Die Empfangselektroden sind an die hochohmigen Eingänge der Impedanzwandler angeschlossen um das elektrische Feld der Geberelektrode nicht zu stören. Aus den jeweiligen Signalen nach dem Impedanzwandler wird ein Mittelwert gebildet. Dieser Mittelwert kann verstärkt werden. Aus den verstärkten Signalen kann mit Hilfe eines Synchrondetektors die Amplitude gewonnen werden und weiter von einem ADC digitalisiert und für Auswertung in einen Mikrocontroller übergeben werden. Statt des Synchrondetektors kann auch ein Diodengleichrichter oder Peakdetektor verwendet werden.

Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung kann insbesondere der Erfassung von Gesten, Bewegungen oder Hand-Positionen dienen. Vorzugsweise ist zumindest der überwiegende Teil der Sensorelektronik inklusive Messelektroden in einer kompakten chip-ähnlichen Form aufgebaut. Hierdurch wird eine besonders vorteilhafte Anwendung der Sensortechnik ermöglicht.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

- Figur 1** ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung des Grundaufbaus einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung;
- Figur 2** ein Schaltbild zur Veranschaulichung des Aufbaus der Eingangsschaltung;
- Figur 3** eine Schemadarstellung zur Veranschaulichung eines beispielhaften Aufbaus der Geber- und der Empfangselektrodeneinrichtungen;
- Figur 4** einen Schaltplan zur Veranschaulichung einer erfindungsgemäßen Ausgangsschaltung;
- Figur 5** ein Koordinatensystem zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Auswertungsprinzips mit Blick auf die XY-Ebene;

- Figur 6** eine räumliche Ansicht des Koordinatensystem zur weiteren Erläuterung des erfindungsgemäßen Auswertungsprinzips;
- Figur 7** eine perspektivische Darstellung zur Veranschaulichung eines erfindungsgemäß errechneten Normalvektors;
- Figur 8** ein Gittersystem mit einem darin auf Grundlage des erfindungsgemäßen Konzept gestenbasiert positionierten Cursor-Punkt;
- Figur 9** ein erstes Diagramm zur Veranschaulichung der räumlichen Zuordnung von Messwerten
- Figur 10** ein zweites Diagramm zur Veranschaulichung der räumlichen Zuordnung von Messwerten;
- Figur 11** ein drittes Diagramm zur Veranschaulichung der räumlichen Zuordnung von Messwerten;
- Figur 12** ein viertes Diagramm zur Veranschaulichung der räumlichen Zuordnung von Messwerten;
- Figur 13** ein Diagramm zur Veranschaulichung des Verlaufs von Äquipotentiallinien.

Ausführliche Beschreibung der Figuren

In Figur 1 ist in Form eines Blockschaltbildes ein bevorzugter Schaltungsaufbau einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung dargestellt.

Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung umfasst vorzugsweise drei Messelektroden K1, K2, K3. Hierbei ergibt sich gegenüber Zwei-Elektroden Konzepten ein homogeneres Feld.

Zur Linearisierung des Responses in Abhängigkeit vom Abstand erfolgt vorzugsweise eine Logarithmierung (z.B. durch Dioden). Vorzugsweise werden die analogen Signale synchron erfasst, beispielsweise mit Hilfe eines schnellen ADC von MSP430-Microcontroller (F2012). In das erfindungsgemäße Modul kann in vorteilhafter Weise ein direkter Anschluss an ein Ident USB-Modul zur Anbindung an PC eingebunden sein.

Bei der Schaltung gemäß Figur 1 wird die Geberelektrode G von einem Generator (Mikrocontroller) mit Wechselspannung versorgt und bildet um sich herum ein elektrisches Feld. Die Empfangselektroden K1, K2, K3 sind symmetrisch um die Geberelektrode G angeordnet, die elektrische Spannung an ihnen beinhaltet Information über die Verteilung des Feldes der Geberelektrode G. Die Spannungen (ac) an den Empfangselektroden K1, K2 und K3 liegen an den Kanälen 1, 2 und 3 der Impedanzwandler I1, I2, I3 an. Um das elektrische Feld nicht zu stören, sind die Empfangselektroden K1, K2, K3 an die hochohmigen Eingänge der Impedanzwandler I1, I2, I3 angeschlossen.

Aus den Signalen nach dem Impedanzwandler wird einen Mittelwert gebildet. Für jeden Kanal wird im Weiteren die Differenz seines Signals und des Mittelwertes verstärkt: $\Delta K1$, $\Delta K2$ und $\Delta K3$. Der Mittelwert wird auch verstärkt.

Aus den verstärkten Signalen wird mit Hilfe eines Synchrondetektors die Amplitude gewonnen und weiter von einem ADC digitalisiert und zur Auswertung an einen Mikrocontroller übergeben. Statt des Synchrondetektors kann z.B. ein Diodengleichrichter, ein Peakdetektor usw. eingesetzt werden, oder alternativ kann vom ADC direkt die Wechselspannung digitalisiert werden.

Der Mikrocontroller stellt ausgewertete oder teilweise ausgewertete Ergebnisse zur weiteren Verarbeitung, insbesondere Extraktion von X,Y und ggf. Z-Informationen zur Verfügung.

In Figur 2 ist eine bevorzugte Gestaltung einer erfindungsgemäßen Eingangsschaltung veranschaulicht. Die in Figur 2 gezeigte Eingangsschaltung bildet drei Kanäle. Jeder Kanal hat eine Empfangselektrode (EL1 bis EL3 bezeichnet) und ist mit einem MOSFET aufgebaut. Die Schaltung ist als ein Differenzverstärker konzipiert, allerdings mit mehr als zwei (in diesem Fall mit drei) Kanälen. Alle drei Transistoren Q1, Q2 und Q3 hängen zusammen auf einer Stromquelle (realisiert mit T1). Die Signale werden an Drains der Transistoren abgenommen: jeder Kanal hat einen eigenen Ausgang O_S1 bis O_S3. Zusätzlich gibt es noch einen Ausgang (O_S0). Dieser zeigt die Summe aus den drei Eingangssignalen und kommt vom Emitterfolger T2.

Die MOSFETs haben Widerstände in ihren Quellen, um die unterschiedlichen Kennlinien der Transistoren auszugleichen.

In Figur 3 ist die geometrische Anordnung der Elektroden K1, K2, K3 dargestellt. Auf diesem Bild sieht man, dass in der Mitte die große Fläche (GND1) liegt, die die ganze Schaltung mit den ganzen Bauelementen vom äußeren elektrischen Feld abschirmt. Die Elektroden liegen symmetrisch mit einem 120° Winkel zueinander und bilden somit ein Dreieck.

Das Signal GND1 ist relativ zu Ground nicht konstant: es oszilliert beispielsweise mit einer Trägerfrequenz von ca. 100 kHz. Die Amplitude an GND1 ist etwa 5 Volt Spitze-Spitze. Erzeugt wird diese Schwingung im zweiten Teil der Schaltung.

Das Feld, das durch das Signal GND1 erzeugt wird, wird vom Menschen gestört und zwar so, dass die menschliche Hand bzw. das menschliche Bein einen Kurzschluss zu Erde darstellt. Das Feld nimmt in der Richtung, in der die Hand steht, schnell ab. Das spiegelt sich in elektrischen Signalen an den Elektroden K1, K2, K3 wieder und an den Ausgängen der Schaltung.

Die Idee, die Schaltung als einen Differenzverstärker aufzubauen, führt dazu, dass in einem ungestörten Zustand, in dem das Feld vom Signal GND1 nicht beeinflusst ist, jede Elektrode aus Symmetriegründen ein gleiches Potential und eine gleiche Wechselfeldamplitude hat. Diese Wechselfeldamplitude beträgt ca. 1 bis 2 Volt und ändert sich relativ zu diesem Pegel wenig, wenn man eine Hand in die Nähe der Schaltung bringt. Dadurch dass die Differenzeingangsschaltung dieses gleichphasige Eingangssignal sehr stark abschwächt, werden an den Ausgängen nur die Unterschiede zwischen den Elektrodensignalen dargestellt.

Diese Unterschiede verstehen sich dann als kleine Signale, die weiter verstärkt werden können.

In Figur 4 ist eine erfindungsgemäße Schaltung dargestellt mit welcher eine logarithmische Kompression realisiert werden kann. In dieser Schaltung werden die Ausgangssignale der Elektroden weiter verstärkt, mit Hilfe eines Analog/digital Wandlers im Controller digitalisiert und vom Controller durch das UART Interface an den PC übertragen. Der Controller übernimmt gleichzeitig die Erzeugung der Trägerfrequenz und die synchrone Detektion der einzelnen Signale.

Die Output-Signale der Eingangsschaltung (O_S0 bis O_S3) kommen an die Input-Anschlüsse I_S0 bis I_S3 an. Die Verstärkung des Kanals S0 (Summensignal) erfolgt linear mit einem Koeffizienten von ca.7 (T7-2, T9-1, T9-2). Die Elektrodensignale S1 bis S3 werden mit einer logarithmischen Kennlinie verstärkt. Unterschiede in der schaltungstechnischer Ausführung der Verstärker bestehen nur in der Rückkopplung – resistiv bzw. mit Dioden – die Grundverstärker selbst sind vorzugsweise gleich ausgeführt.

Der Grundverstärker besteht aus 3 Transistoren, seine Verstärkung beträgt etwa 40dB. Durch diese relativ hohe Verstärkung wurde erreicht, dass die Eigenschaften aller Kanäle und der Hexagon-Schaltungen zueinander trotz der Transistorstreuung sehr gleich bleiben.

Die Funktionsweise des Verstärkers wird unter Bezugnahme auf den Kanal S3 beispielhaft erläutert. Die Transistoren T1-1 und T2-2 sind als Emitterfolger geschaltet und dienen zur Anpassung des Eingangs- bzw. des Ausgangswiderstandes. Der Transistor T2-1 wirkt als Verstärker, wobei die Verstärkung eigentlich durch den Spannungsabfall auf den Emitterwiderstand bestimmt ist, d.h. dass die Verstärkung ist eigentlich von der Speisespannung abhängig. Bei der angewendeter Speisespannung von ca. 9,5V ergibt sich die Verstärkung ca. 40dB.

Durch die Verwendung der Logarithmierung für die Kanäle S1 bis S3 wird es möglich, die stark unlineare Abhängigkeit der Signale vom Abstand zu kompensieren. Das heißt, die kleinen Signalen, die von einem weit gelegenen Objekt kommen, werden starker verstärkt als die großen Signale, die in der Nähe der Schaltung auftreten. Damit wird für die gesamte Schaltung eine flachere Übertragungskurve erreicht. Für das Summensignal S0 ergeben sich bessere Ergebnisse bei der linearen Verstärkung.

Zur Erzeugung des GND1 Signals dient der Schaltungsteil um die Transistoren Q1,T3 und T4. Die Ausgangsspannung V+ (Ausgang OUT_V+) ist relativ zu GND1 konstant und beträgt ca. 9,5 Volt, wobei die beide Spannungen zusammen relativ zu Erde – in unserem Fall GND – mit etwa 5 Volt Spitze-Spitze, abhängig von dem Ausgang des Controllers, hin- und herspringen. Dieses Springen erfolgt mit der Trägerfrequenz von ca. 100 kHz. Diese Frequenz ist synchron mit der Abtastfrequenz für jeden Kanal, damit ist die Synchronität und die Synchrondetektion von den Kanaleingängen gewährleistet.

Die Anbindung an den PC erfolgt via TX Leitung, die beispielsweise an das durch die Anmelderin entwickelte Ident USB-Modul angeschlossen werden kann. Da der Controller auch relativ zu GND1 arbeitet, muss sein Ausgangssignal zu Erde relativiert werden. Das geschieht mit Hilfe eines Stromspiegels, aufgebaut um den Transistor T6.

Als Mikrocontroller ist der MSP430F2012 eingesetzt. Dieser hat eine Taktfrequenz von 16 Megahertz und kann bis über 200 Kilosamples pro Sekunde digitalisieren, was ihn für unsere Synchronmodulation sehr geeignet macht.

Layout

Die erfindungsgemäße Eingangsschaltung und die Ausgangsschaltung sind vorzugsweise jeweils als eigene (sechseckige) Leiterplatte gestaltet. Geometrisch sind die Kontakte für die GND1, V+, S0 bis S3 vorzugsweise so ausgeführt, dass die LP übereinander platziert werden können und mit geraden Drahtabschnitten zusammengeführt werden.

Das Layout der beiden Leiterplatten hat sich als bedeutsam erwiesen. Vorzugsweise erfolgt die Abstimmung derart, dass zu einem, die Messelektroden in gleichen Bedingungen bezüglich elektrischen Feldes liegen, und zum anderen, die gesamte Verstärkung aller Kanäle gleich ist ohne wesentlich von parasitären Kapazitäten gestört zu werden. .

Die oben genannten Anforderungen können in besonders vorteilhafter Weise erfüllt werden indem:

1. die Elektroden müssen mit 120°-Symmetrie angeordnet werden.
2. die LP die gleiche Symmetrie wie die Elektroden haben, um das Feld darauf nicht zu stören. Das heißt: dreieckig, sechseckig usw. bis rund.

3. die relativ zu GND0 konstanten Signale (GND0, +20V) werden von den Messelektroden möglichst abgeschirmt, da diese gleich dem Signal vom Anwender sind.

Datenauswertung / Software

Es sind insbesondere zwei funktional hervortretende Ansätze zur Auswertung der Messgrößen erprobt worden. Als erster Ansatz wird hierbei die Feldapproximation mit einer geneigten Ebene und Ausrechnung der Koordinaten mit Hilfe einer hinterlegten Referenztabelle beschrieben. Die nachfolgende Beschreibung des Ansatzes der Feldapproximation mit einer geneigten Ebene erfolgt in Verbindung mit den Figuren 5, 6 und 7.

Feldapproximation mit einer geneigten Ebene

Diese Art der Auswertung basiert auf relativ groben Modellvorstellungen über die Weise, wie das elektrische Feld um das Hexagon vom Menschen beeinflusst wird. Diese Methode erfordert relativ geringe Rechenkapazitäten und eignet sich insbesondere für einfachere Anwendungen wie Feststellung der Ankommrichtung oder grobe Tastenfunktionen. Die größten Ungenauigkeiten bei dieser Methode treten in unmittelbarer Nähe zum Hexagon auf.

Für das Modell werden 3 Achsen eingeführt: X und Y in der Ebene der Elektroden, und die Signal-Achse S (s. Fig.5 und Fig.6).

Die Elektroden sind in Fig.5 mit 1, 2, 3 bezeichnet. Die Seite des Dreiecks, an dem die Elektroden liegen ist 2L. Die Ausgangssignale von Hexagon für die Elektroden 1 bis 3 sind als S_1 bis S_3 bezeichnet und auf der Signalachse dargestellt (Fig.6).

Diese 3 Punkte im (x,y,z)-Raum definieren eine Ebene, die zu derjenigen Elektrode am stärksten „geneigt“ ist, die das kleinste Signal hat. Die Richtung der Neigung der Ebene stimmt mit der Richtung des Störers des elektrischen Feldes (d.h. Menschlichen Hand); die Neigung der Ebene nimmt zu, wenn der Störer näher an die Elektroden kommt.

Die quantitativen Aussagen über die Richtung und Abstand zum Störer können mit Hilfe der analytischen Geometrie überraschend zuverlässig gewonnen werden. Dafür wird die Gleichung für die Ebene in der Form

$$x + by + cS + d = 0$$

geschrieben, wobei der Normalvektor $\vec{n} = (1, b, c)$ ist (Fig.5). Nach Ansetzen der Werte für die Elektroden in die Gleichung und Lösen des linearen Systems, kommt man an die Parameter des Normalvektors:

$$c = -\frac{2L}{S_1 - S_2}, \quad b = -\frac{S_1 + S_2 - 2S_3}{\sqrt{3}(S_1 - S_2)}.$$

Aus diesen Parameter werden die gesuchte Werte für die Richtung φ und Abstand R (ausgedrückt durch die Neigung β) gewonnen (Fig. 7).

$$\varphi = \arctg(b),$$

$$R = R_0 \frac{2\beta}{\pi}, \quad \beta = \arctg\left(\frac{c}{\sqrt{1+b^2}}\right).$$

Die Koordinaten des Störers sind dann als R und φ bekannt.

Diese Koordinaten sind eindeutig für die Positionen der Hand nicht sehr nah zum Hexagon (ausgenommen der Uneindeutigkeit bei unterschiedlichen Finger zur Faust/Hand Stellungen). Die errechnete Richtung der Bewegung der Hand stimmt nicht immer mit der tatsächlichen Richtung der Bewegung überein.

Berechnung der Koordinaten mit Hilfe einer hinterlegten Referenztafel
(zweiter Ansatz)

Diese Auswertungsmethode wird in Verbindung mit Figur 8 erläutert. Dieses Konzept ermöglicht es insbesondere auch die Möglichkeiten der Hardware und Software zu Testen. Die Methode basiert auf dem Vorhandensein einer Tabelle der Werte aller Kanäle über einer „Tischfläche“. Diese Werte werden aus einer Messung gewonnen (Eingelernt). Die Messung findet in mehreren quadratisch angeordneten äquidistanten Punkten statt. Als geeignet hat sich ein Gitter mit 20cm x 20cm und 2cm Schritt erwiesen (Fig. 8). Dabei werden die Messwerte in allen Kreuzpunkten des Gitters erfasst – insgesamt 121 Punkt, markiert mit Indexen i und j – und in eine Tabelle hinterlegt (als Datei für spätere Benutzung gespeichert).

Die hinterlegten Daten haben in diesem Fall beispielsweise die Ortsauflösung von 2cm. Diese relativ grobe Auflösung kann durch Interpolation verfeinert werden. Es hat sich gezeigt, dass durch Interpolation die Auflösung in etwa um den Faktor 8 erhöht werden konnte.

Die Interpolation erfolgt vorzugsweise schrittweise jeweils um den Faktor 2. Um die glatten Kurven zu bekommen werden die Daten anhand der ursprünglichen Werte und der Ableitungen der linken und der rechten Seite interpoliert. Gute Ergebnisse sind bei den relativen Gewichten von ursprünglichen Werten zu Ableitungen 8 zu 1 erreicht.

Die gemessenen Daten können für jeden Kanal als Oberflächen in dem (x,y,S) -Raum dargestellt werden (Fig. 9 bis Fig. 12) dargestellt werden. Die Interpolation bewirkt, dass diese Oberflächen „glatt“ sind und sinnvolle Werte auch zwischen den gemessenen Daten besitzen. Die dargestellten Messdaten wurden mit einem Hexagon aufgenommen, das unter einer 25mm-dicken Tischplatte angeordnet war. Die detektierte Handbewegung wurde unter bei ausgestrecktem Zeigefinger aufgenommen.

Das Prinzip der Koordinatenbestimmung besteht darin, dass jede vom Hexagon erfasste Handposition ihren einmaligen Satz an Werte der Kanäle besitzt. Die Aufgabe besteht dann „lediglich“ daran, eine passende Zelle in der hinterlegten Tabelle zu finden, für die die gemessenen und die hinterlegten Werte übereinstimmen.

Um der Lösung der Aufgabe näher zu kommen, kann man von einer Sichtweise der „Äquipotentiale“ ausgehen: für jeden neu gemessenen Wert existiert eine ganze (x,y) -Kurve, wo die entsprechende (x,y,S) -Oberfläche den Wert annimmt – also ein Äquipotential. Solche

Äquipotentiale sind auch in Fig. 9 bis Fig. 12 dargestellt. Die richtige Zelle (Koordinate) ist dann diejenige, an welcher sich alle 4 Äquipotentiale schneiden.

Bei realer Messung tauchen ggf. folgende Schwierigkeiten auf:

- die Handposition entspricht nicht immer derjenigen, die beim Einlernen benutzt wurde,
- der Einlernende und der Benutzer besitzen nicht unbedingt gleiche Hände,
- Rauschen und Drift der Elektronik erlauben es nicht überall, die genau „wie beim Einlernen“ Werte zu erzielen, usw.

Das alles führt dazu, dass die Äquipotentiale sich nicht mehr im gleichen Punkt schneiden. Außerdem, bei kleinen Abständen zum Hexagon, z.B. wenn es hinter einer dünnen Plastikplatte ($d < 10\text{mm}$) angebracht ist, werden die (x,y,S) -Oberflächen viel komplizierter, die Äquipotentiale zerfallen in mehrere geschlossene Kurven, die viele Schnittmöglichkeiten geben.

Da man nicht von einem einzigen Schnittpunkt der Äquipotentiale ausgehen kann, wird in Software der Abstand zwischen der Äquipotentiale berechnet. Wenn dieser bei allen 4 Äquipotentiale geringer als bestimmter Schwellenwert ist, wird die Koordinate ausgerechnet.

Die Form der (x,y,S) -Oberfläche eines Kanals wird mit $S = f(x, y)$ geschrieben. Zur Berechnung des Abstandes des Äquipotentials des Kanals k mit dem Wert f_1 zu einer Zelle, wo der Äquipotential des Kanals n vergeht (da hat der Kanal k den Wert f_2) wird die Formel

$$\Delta \vec{r} \approx \frac{f_1 - f_2}{\vec{\nabla} f}$$

eingesetzt. Eine einfache Abschätzung des Wertes des Gradienten $\vec{\nabla} f$ kann an den Funktionswerten in den Ecken der betroffenen Zelle gemacht werden:

$$\vec{\nabla} f \approx \frac{f_{\max} - f_{\min}}{a}.$$

Dabei ist $f_{\max}$ und $f_{\min}$ der maximale bzw. der minimale Wert von f in der Zelle, a ist die Zellenseite. Somit kann der Abstand wie folgt berechnet werden:

$$|\Delta \vec{r}| \approx \frac{|f_1 - f_2|}{f_{\max} - f_{\min}} \cdot a.$$

In jeder Zelle wo für alle 4 Kanäle $|\Delta \vec{r}|$ kleiner als einen Schwellenwert ist (z.Zt. $4a$), wird ein Gewichtungsfaktor gebildet:

$$w_{i,j} = \frac{1}{\sum_{k=0}^3 |\Delta \vec{r}|^2},$$

wo die Summierung über alle Kanäle geht.

Die Koordinaten des Fingers werden als gewichtete Summe über alle ausgewählten Zellen definiert:

$$x = \frac{\sum w_{i,j} \cdot i}{\sum w_{i,j}},$$

$$y = \frac{\sum w_{i,j} \cdot j}{\sum w_{i,j}}.$$

Dabei kann der Ausdruck $\sum w_{i,j}$ als Maß für die Genauigkeit der Rechnung angesehen werden.

Die oben angegebene Vorgehensweise ist in Fig. 12 veranschaulicht. Im Bild ist eine Momentaufnahme dargestellt mit vier Kurven der Äquipotentiale (S0: Magenta, S1: rot, S2: grün, S3: cyan). Gelb sind Zellen auf den Äquipotentialen markiert, die Abstände zu den 3 anderen Kanälen weniger als $4a$ haben. Schwarz sind Zellen mit Abständen zu den 3

anderen Kanälen weniger als $2a$. Der blauer Kreis liegt in der ausgerechneten Koordinaten (x, y) .

Die Anwendbarkeit dieser Auswertungsmethode wurde auch für die Bestimmung der Z-Position des Fingers untersucht.

Für die Bestimmung der Z-Position muss das Einlernen für noch mindestens eine Ebene über dem Tisch erfolgen. Es kann mit Hilfe einer Unterlage passender Dicke geschehen. Im Experiment wurde eine Dicke von ca. 2cm über dem Tisch eingesetzt. Nach dem Einlernen erfolgt eine lineare Interpolation der Werte zwischen den 2 gemessenen Lagen. Damit werden Daten für einige Z-Schichten produziert.

Die Koordinaten des Fingers werden in der Software immer für alle Schichten berechnet. Als Kriterium für die Auswahl der angezeigten „aktiven“ Schicht und somit der Z-Bestimmung diene der Ausdruck $\sum w_{i,j}$, der für jede Schicht gebildet war. Er stellt ein Maß für die Genauigkeit der Berechnung in jeder Schicht dar. Diejenige Schicht, wo der Ausdruck am größten war (d.h. wo die Äquipotentiale am nächsten zusammen kamen), wurde als „aktiv“ genommen. Die Z-Koordinate des Fingers war dann die Höhe dieser Schicht.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der Nähe vom Hexagon die Z-Koordinate tatsächlich definiert werden kann. Nachteilig für diese Methode war nicht immer richtige Z und relativ hohe Sprünge in des (x,y) -Koordinaten beim Wechseln der aktiven Schicht. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass diese Methode eine besonders sichere Erfassung der räumlichen Bewegung der Hand eines Anwenders innerhalb eines für Handgesten typischen Bewegungsbereiches ermöglicht. Insbesondere bei Anwendungen, bei welchen der Anwender anhand der dargestellten Koordinaten (z.B. am Bildschirm) die Position seiner Hand entsprechend nachstellen kann (z.B. Mouse-Funktion).

Es ist auch möglich, die vorangehend beschriebenen Ansätze zu kombinieren. Weiterhin ist es möglich, zur Kompensation von Übertragungs- und Messwertfehlern Daten, die außerhalb des zulässigen Wertebereichs liegen, werden durch alte, gültige Daten zu ersetzen.

$$y(t) = x(t-1) \quad \forall \quad \begin{cases} x < x_{\min} \\ x > x_{\max} \end{cases}$$

Weiterhin ist es möglich, einen (Gleitenden) Medianfilter einzusetzen. Aus einem Satz von in einem beliebigen Zeitfenster aufeinanderfolgenden Messwerten wird der in der Mitte liegende (Medianwert) ausgewählt. Dadurch werden stark vom Mittelwert abweichende Werte herausgefiltert.

$$y(t) = \text{median}(x(t-a), x(t-a+1), \dots, x(t-1), x(t))$$

Es ist auch möglich, einen (Gleitenden) Mittelwert zu errechnen. So kann aus einem Satz von in einem willkürlich festgelegten Zeitfenster aufeinander folgenden Messwerten ein Mittelwert gebildet werden (arithmetisches Mittel).

$$y(t) = \text{Mittelwert}(x(t-a), x(t-a+1), \dots, x(t-1), x(t))$$

Weiterhin erfolgt vorzugsweise eine Kalibrierung. Bei der Kalibrierung werden die nach 2. gefilterten Messwerte weiter verarbeitet. Ziel der Kalibrierung ist es, Signaländerungen, welche durch eine Bewegung eines Körpers (Hand) im Detektionsfeld verursacht wurden von Signaländerungen, welche durch Änderung der Umgebungsbedingungen (Zeit seit dem Einschalten, Temperatur, etc.) hervorgerufen werden zu trennen. Die folgenden Punkte können wiederum einzeln oder in Kombinationen eingesetzt werden.

Die vorliegend beschriebene Erfindung eignet sich insbesondere zur Realisierung einer Eingabeeinrichtung für kleinbauende mobile Kommunikationsgeräte wie sie in der auf die Anmelderin zurückgehenden deutschen Patentanmeldung DE 10 2007 016 408.6. Der Inhalt dieser früheren Anmeldung ist durch die hier erfolgte Bezugnahme vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung eingebunden.

Patentansprüche

1. Sensoreinrichtung zur Generierung von elektrischen Signalen die als solche Aufschluss über die Position oder Bewegung von Gliedmaßen gegenüber einem Bezugsbereich geben, mit:
 - einer Geberelektrodeneinrichtung,
 - einem Spannungsgenerator, zur Beaufschlagung der Geberelektrodeneinrichtung (G) mit einer Wechselspannung;
 - einer ersten Empfangselektrodeneinrichtung (K1),
 - einer zweiten Empfangselektrodeneinrichtung (K2), und
 - einer dritten Empfangselektrodeneinrichtung (K3),
 - wobei die erste, die zweite und die dritte Empfangselektrodeneinrichtung jeweils an hochohmige Abgriffssysteme angebunden sind.
2. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste, die zweite und die dritte Empfangselektrodeneinrichtung jeweils an hochohmige Eingänge eines Impedanzwandlersystems angebunden sind und anhand von Unterschieden zwischen den and den Ausgängen des jeweiligen Impedanzwandlers anliegenden elektrischen Ereignissen die orts- oder bewegungsindikativen Informationen gewonnen werden.
3. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Summensignal gebildet wird, das die Summe der an den Empfangselektroden anliegenden Spannungen abbildet.
4. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Summensignal dem jeweiligen Impedanzwandlersystem zur Verfügung steht.
5. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Synchrondetektor vorgesehen ist, der als solcher hinsichtlich der Synchronität des Ausgangssignals am jeweiligen Impedanzwandlersystem, insbesondere bezüglich des Spannungspegels und/oder der Phase gegenüber der Erregerspannung indikative Signale liefert.
6. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass anhand von Unterschieden zwischen den and den Ausgängen des jeweiligen

Synchrondetektors anliegenden elektrischen Ereignissen die orts- oder bewegungsindikativen Informationen gewonnen werden

7. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangselektroden symmetrisch um die Geberelektrodeneinrichtung herum angeordnet sind.

8. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Geberelektrode von einem Generator (Mikrocontroller) mit Wechselspannung versorgt wird und um sich herum ein elektrisches Feld bildet.

9. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangselektroden symmetrisch um die Geberelektrode angeordnet sind,

10. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die an den Empfangselektroden anliegende elektrische Spannung Information über die Verteilung des Feldes der Geberelektrode beinhaltet.

11. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die an den Empfangselektroden (K1, K2 und K3) anliegenden Spannungen (ac) an den Empfangselektroden der Kanäle 1, 2 und 3 anliegen.

12. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangselektroden an die hochohmigen Eingänge der Impedanzwandler angeschlossen sind um das elektrische Feld der Geberelektrode nicht zu stören.

13. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass aus den jeweiligen Signalen nach dem Impedanzwandler ein Mittelwert gebildet wird.

14. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Kanal weiterhin die Differenz seines Signals und des Mittelwertes verstärkt: $\Delta K1$, $\Delta K2$ und $\Delta K3$ gebildet wird.

15. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Mittelwert verstärkt wird.
16. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass aus den verstärkten Signalen mit Hilfe eines Synchrondetektors die Amplitude gewonnen wird und weiter von einem ADC digitalisiert und für Auswertung in einen Mikrocontroller übergeben wird.
17. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass statt des Synchrondetektors ein Diodengleichrichter verwendet wird
18. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass statt des Synchrondetektors ein Peakdetektor verwendet wird.
19. Sensoreinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass vom ADC direkt die Wechselspannung digitalisiert wird.
20. Verfahren zur Generierung von elektrischen Signalen die als solche Aufschluss über die Position oder Bewegung von Gliedmaßen gegenüber einem Bezugsbereich geben, mit:
- bei welchem an eine Geberelektrodeneinrichtung ein elektrisches Wechselfeld angelegt wird, und durch wenigstens drei in Nachbarschaft zur Geberelektrodeneinrichtung angeordnete Empfangselektroden Spannungsereignisse abgegriffen werden, wobei diese Spannungsereignisse hochohmig abgegriffen werden. und sich die Geberelektrodeneinrichtung innerhalb eines durch die Geberelektroden definierten Dreiecksbereiches erstreckt.

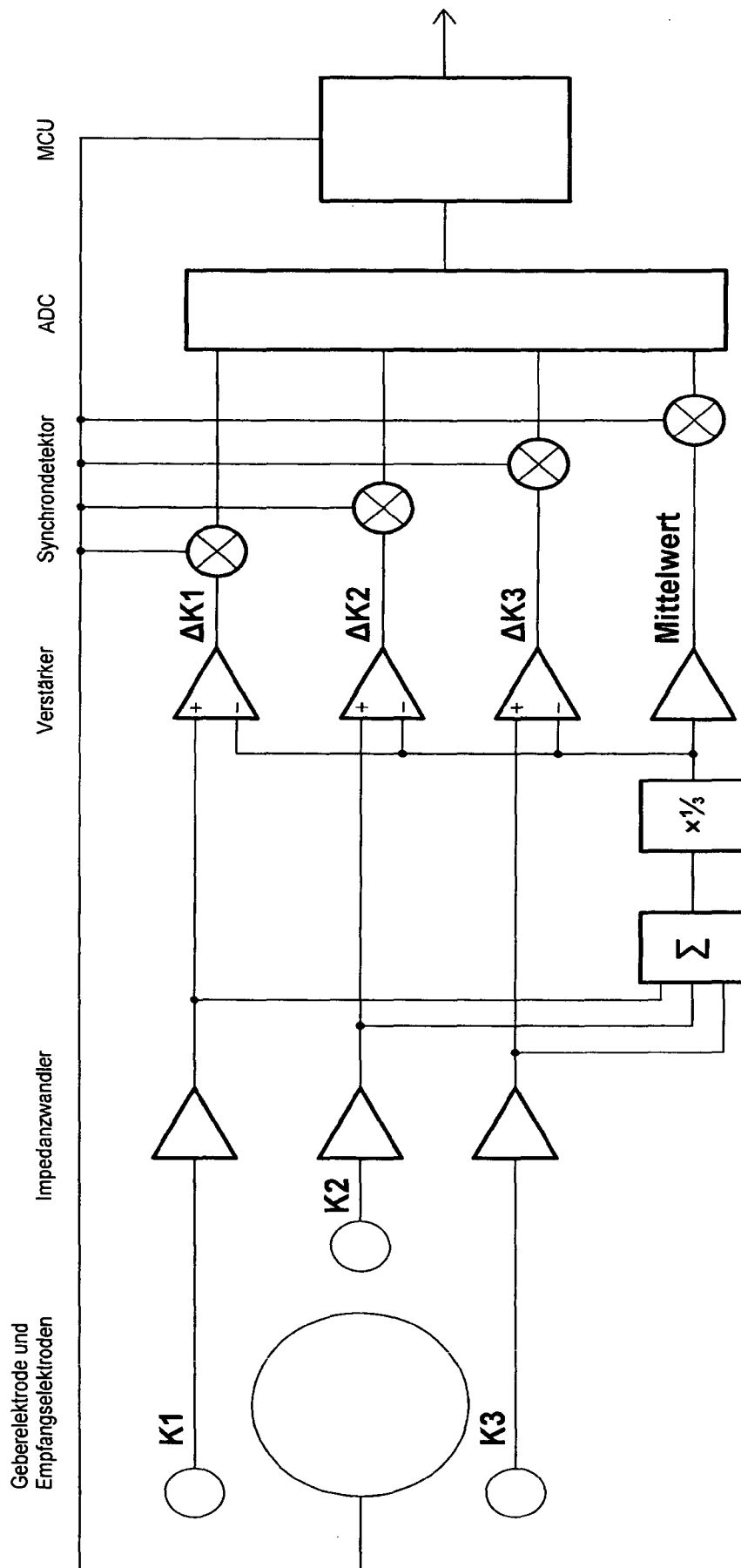
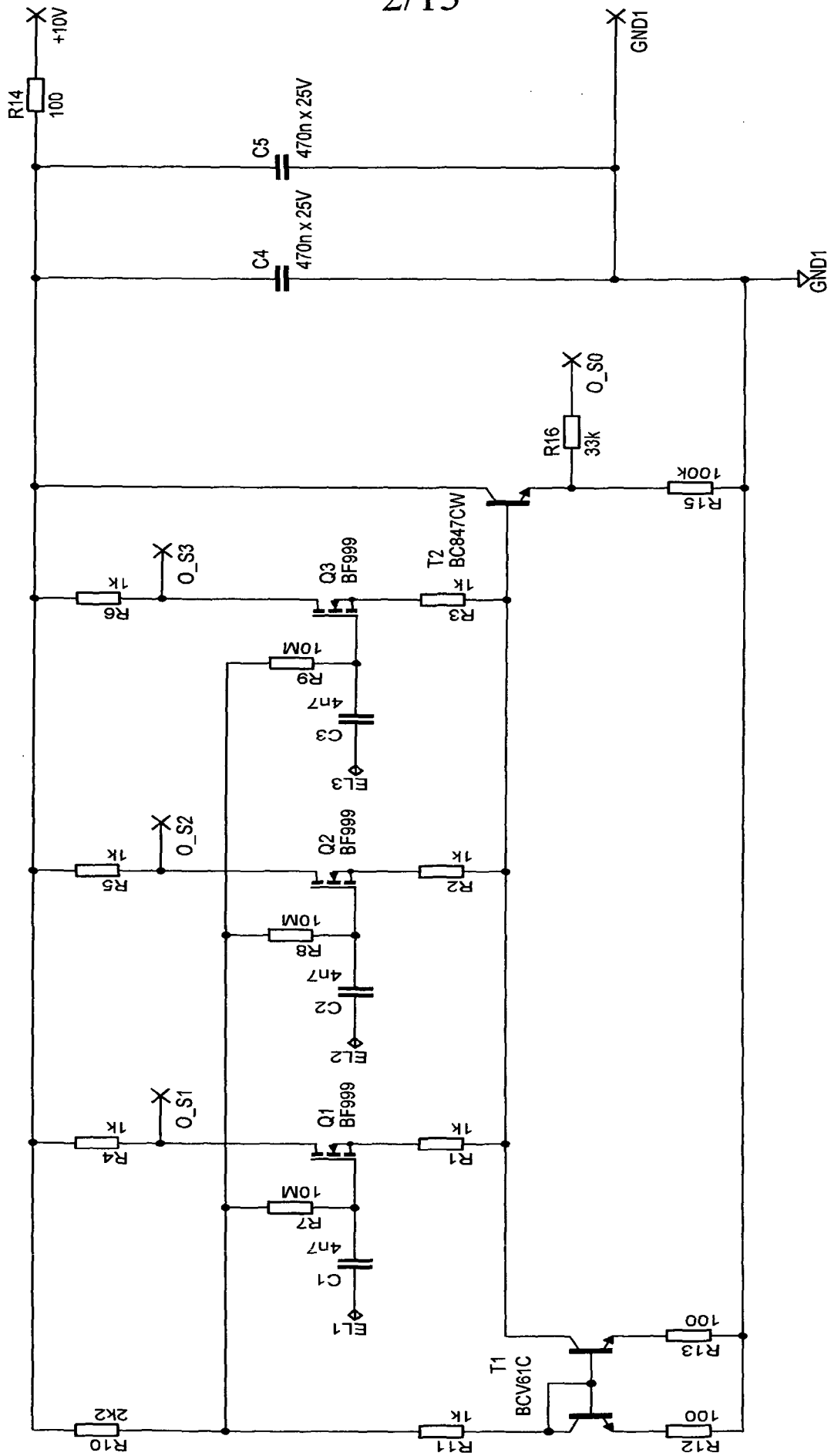


Fig. 1



(c) 11.2006 Dr. Artem Ivanov

Fig. 2

3/13

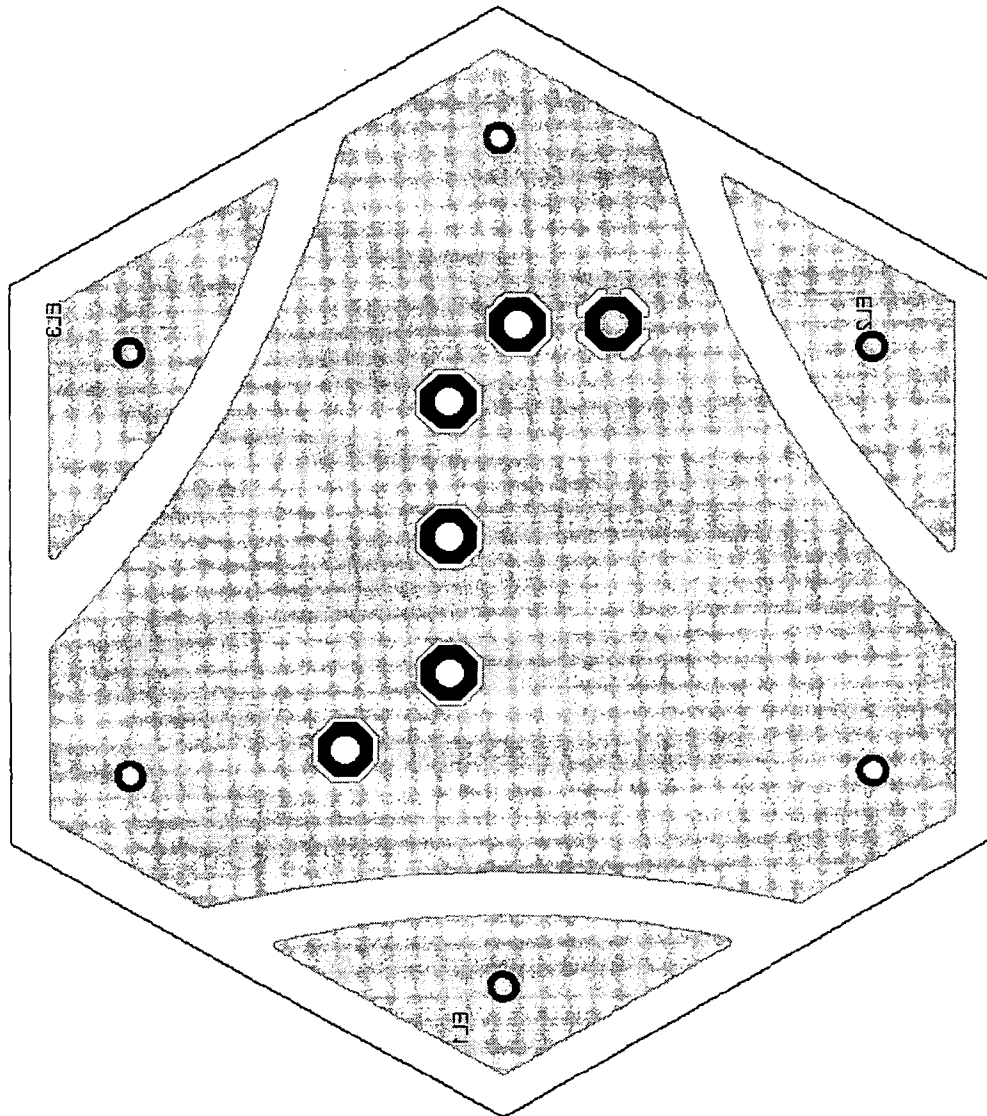
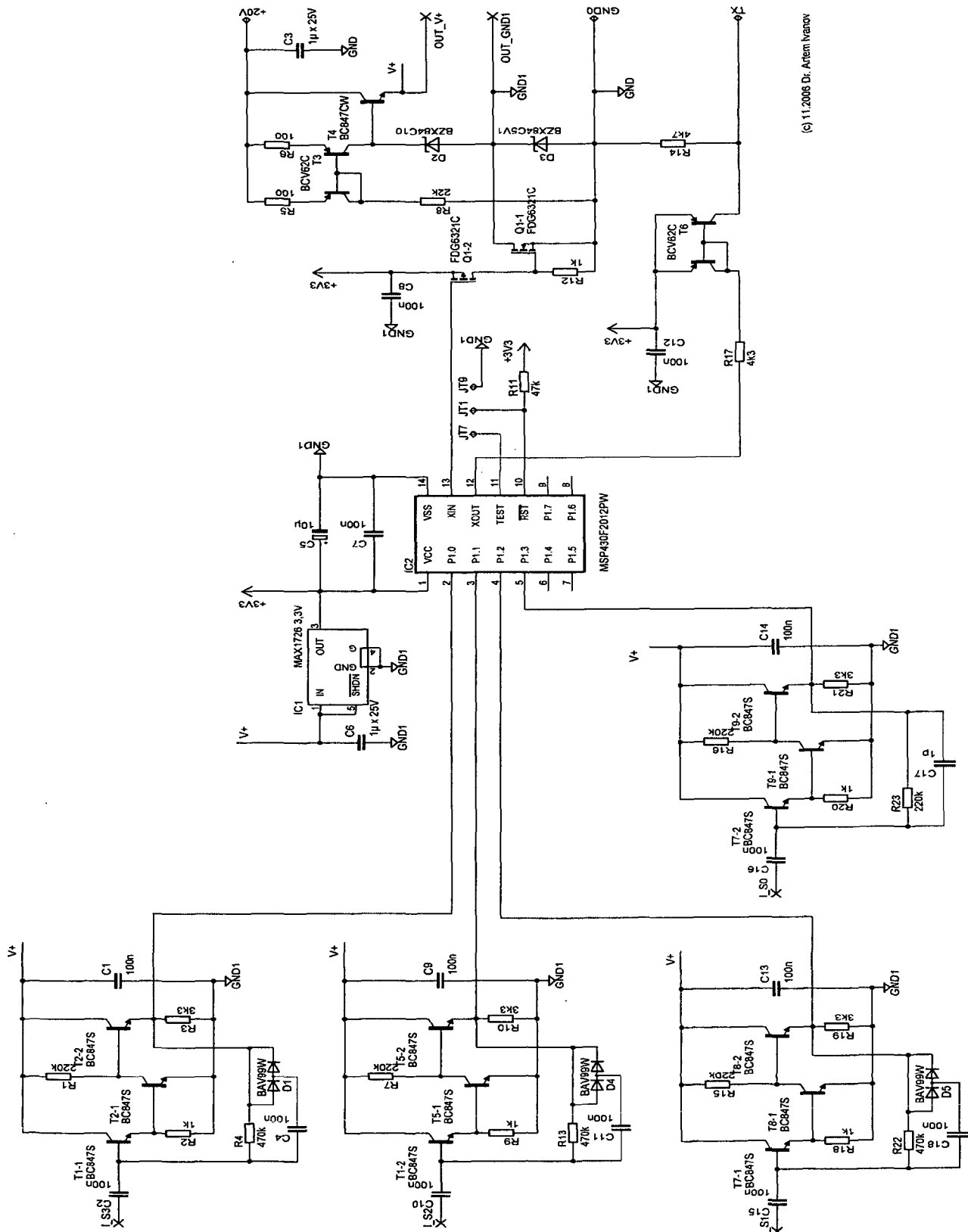


Fig. 3

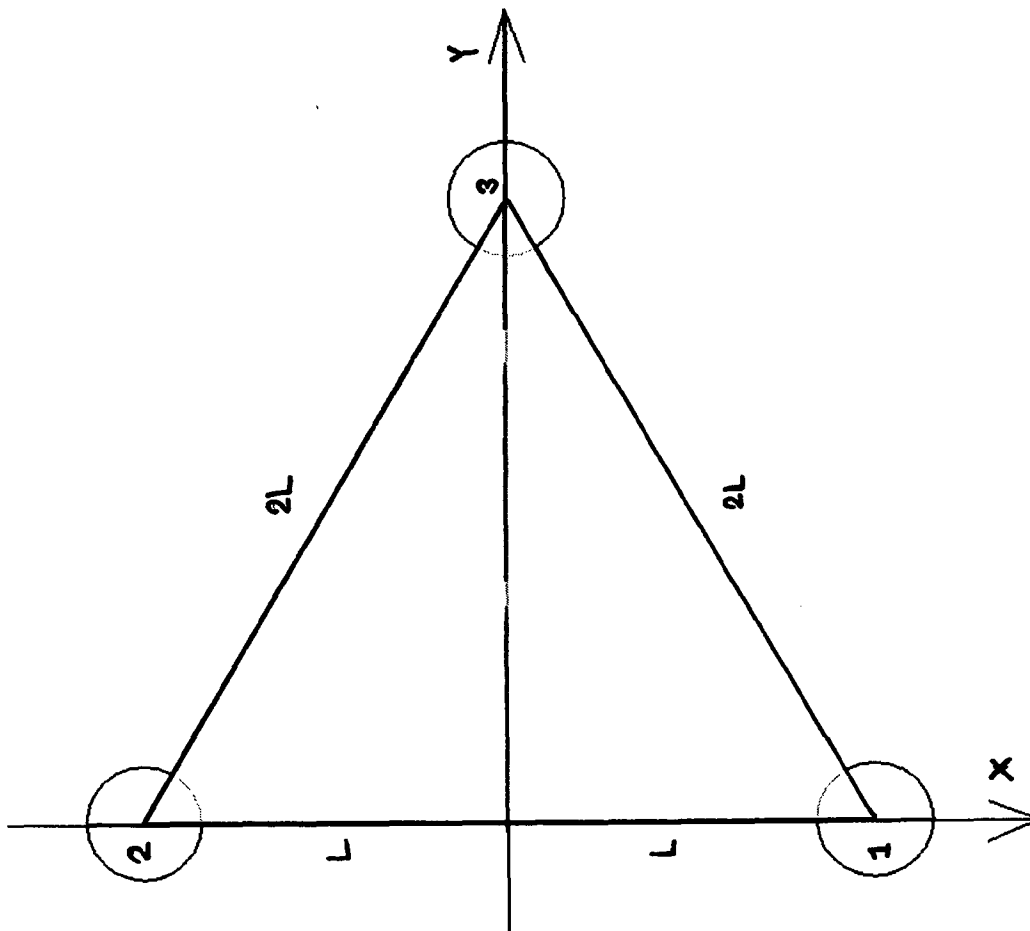
4/13



(c) 11.2006 Dr. Artem Ivanov

Fig.4

5/13

**Fig. 5**

6/13

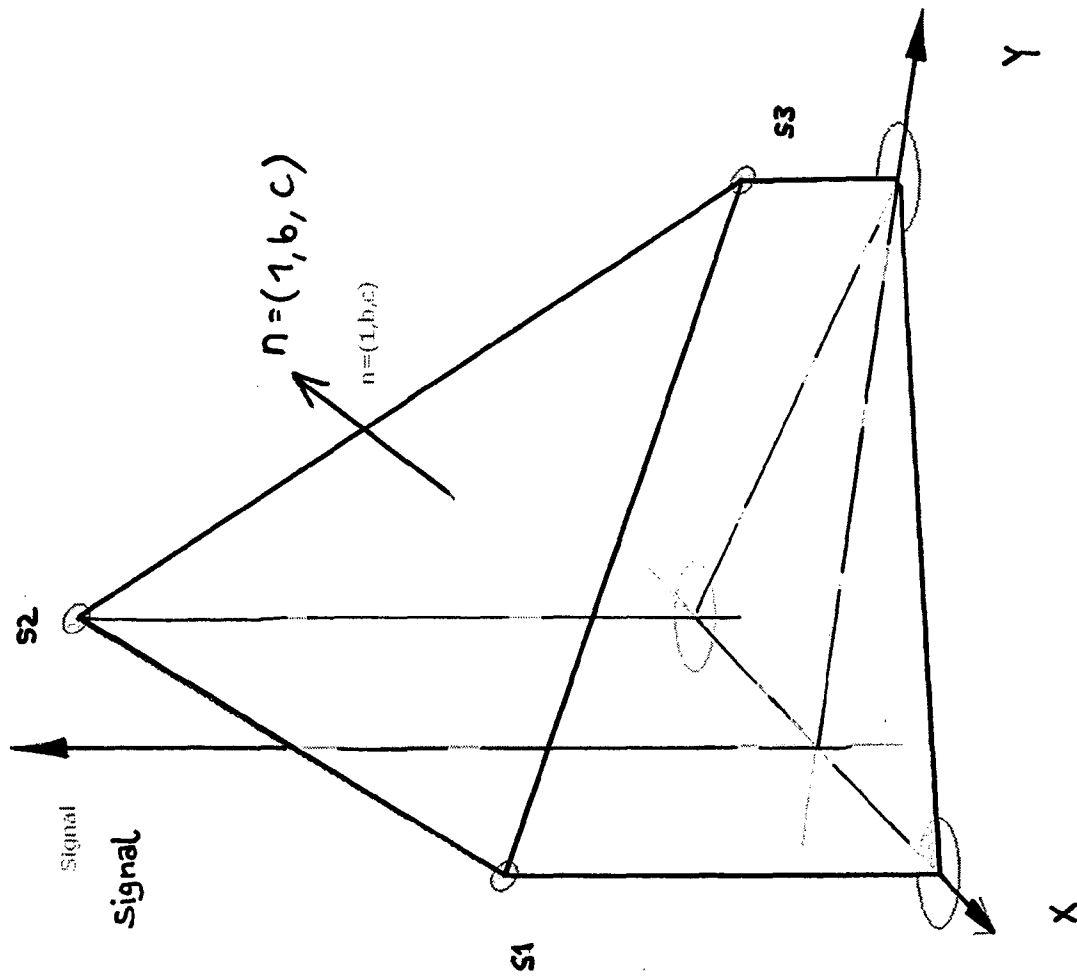


Fig.6

7/13

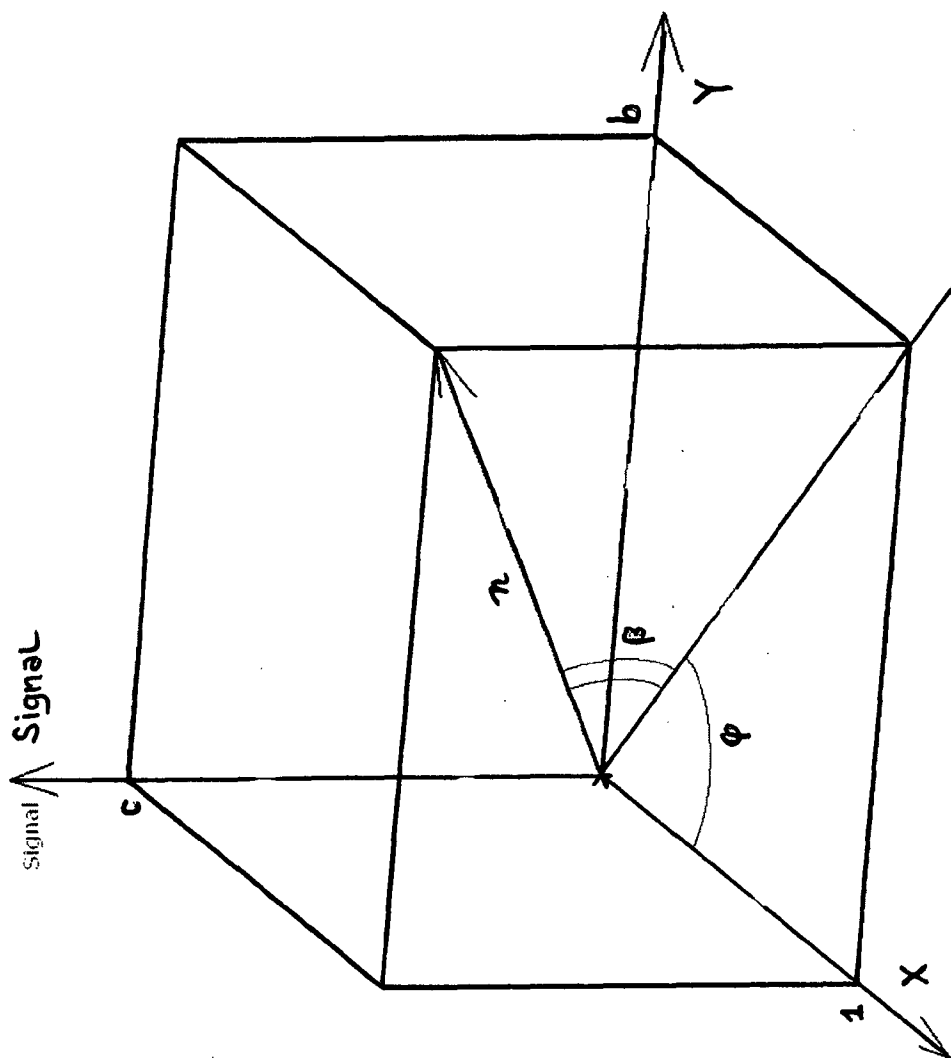


Fig. 7

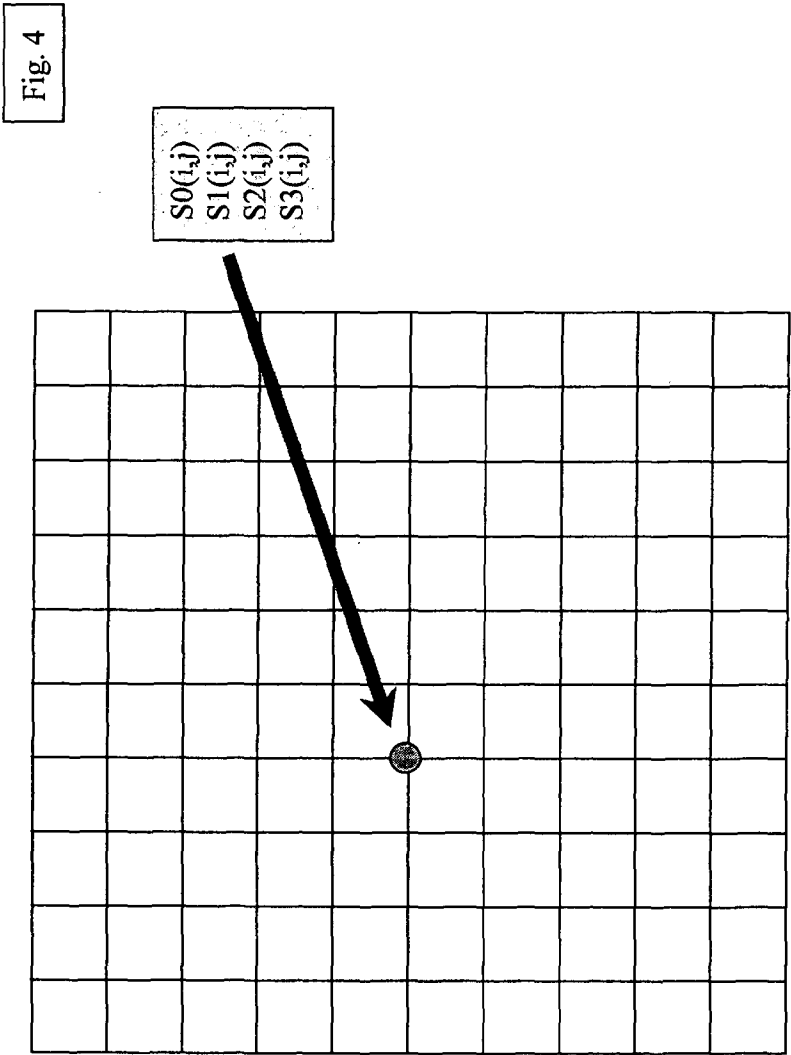


Fig. 8

'c:\hexagon\gnucal65_sid.dat' using 2:3:5
6e+003
4e+003
2e+003
0
-2e+003
-4e+003

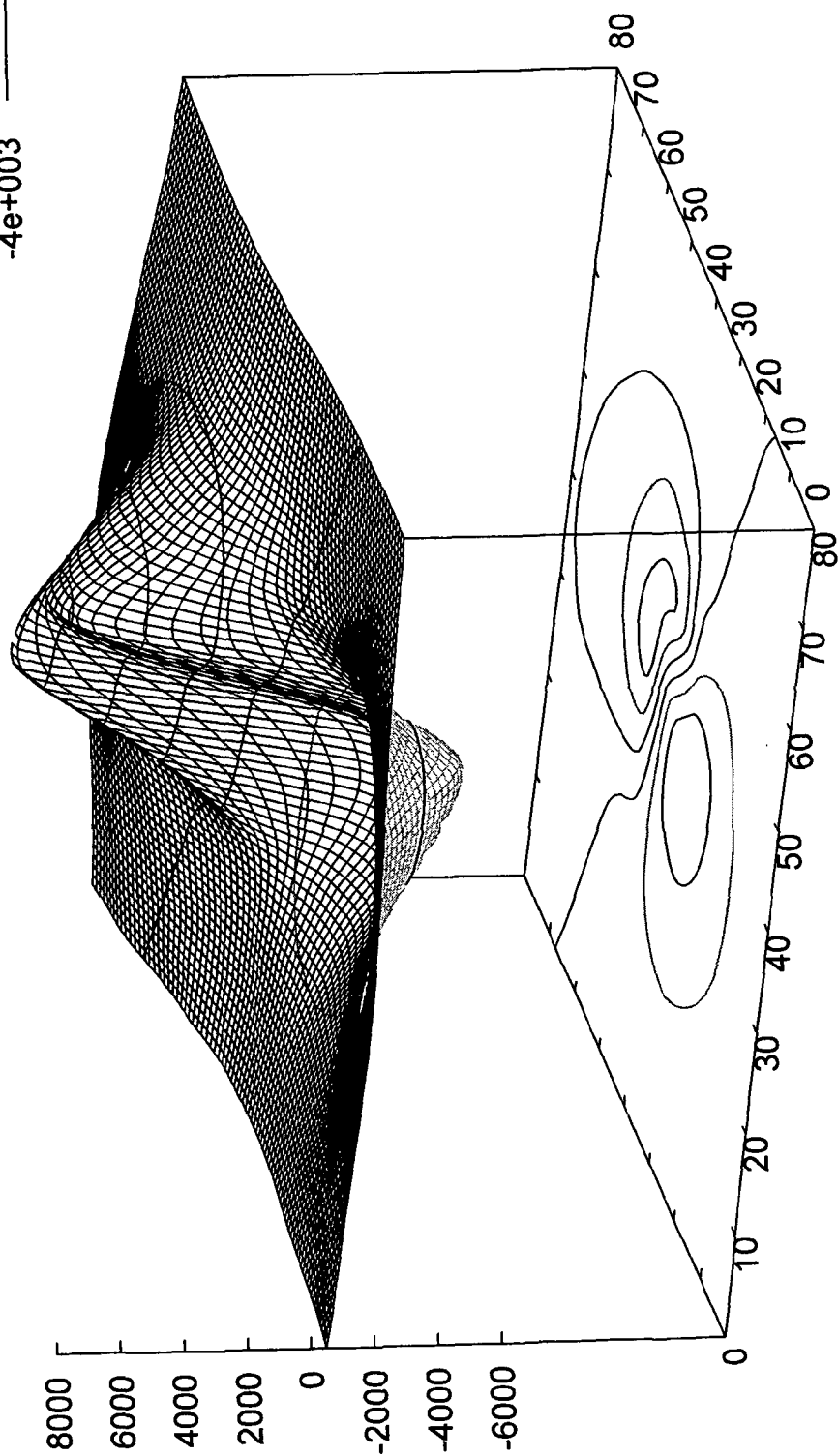


Fig. 9

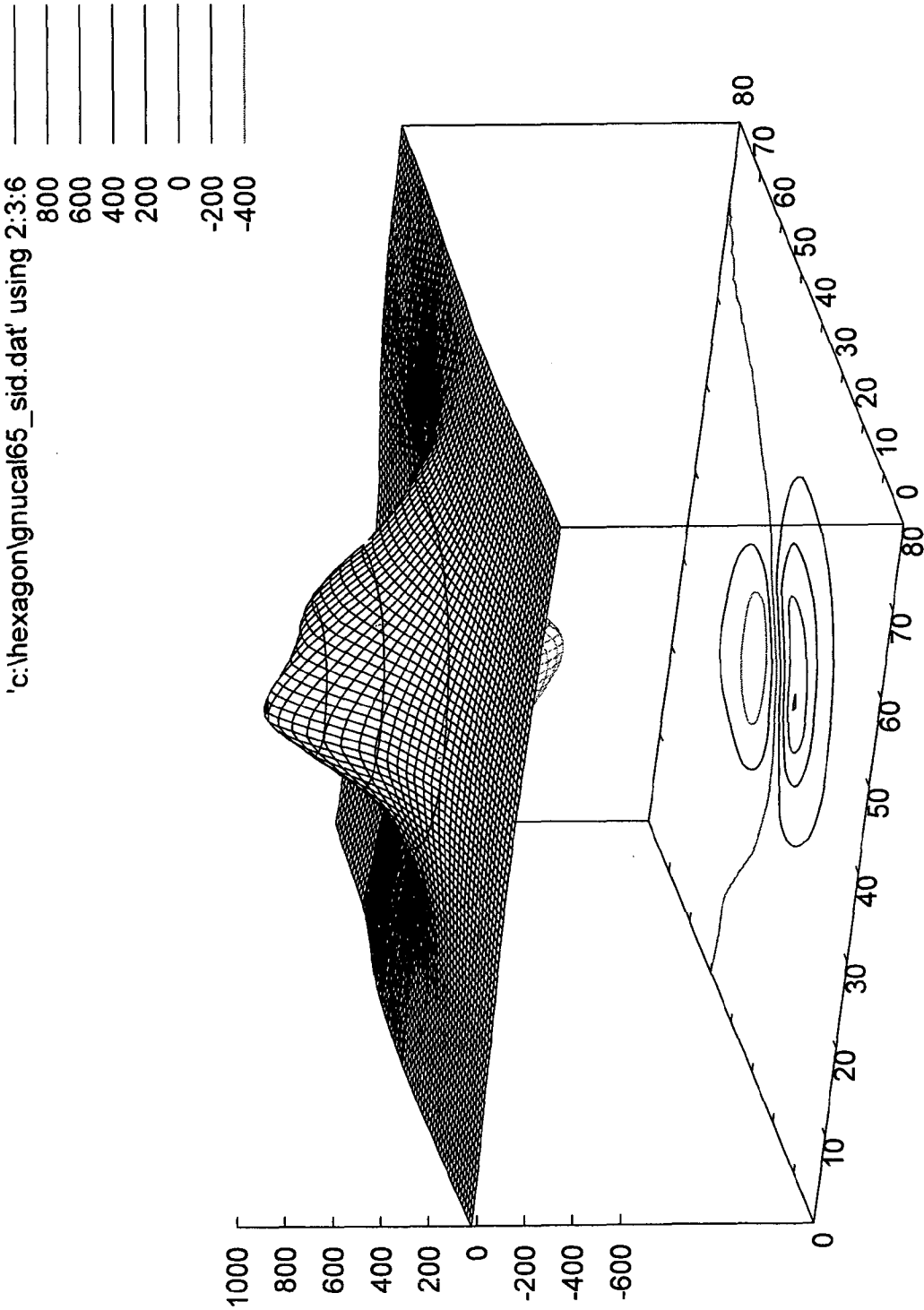


Fig. 10

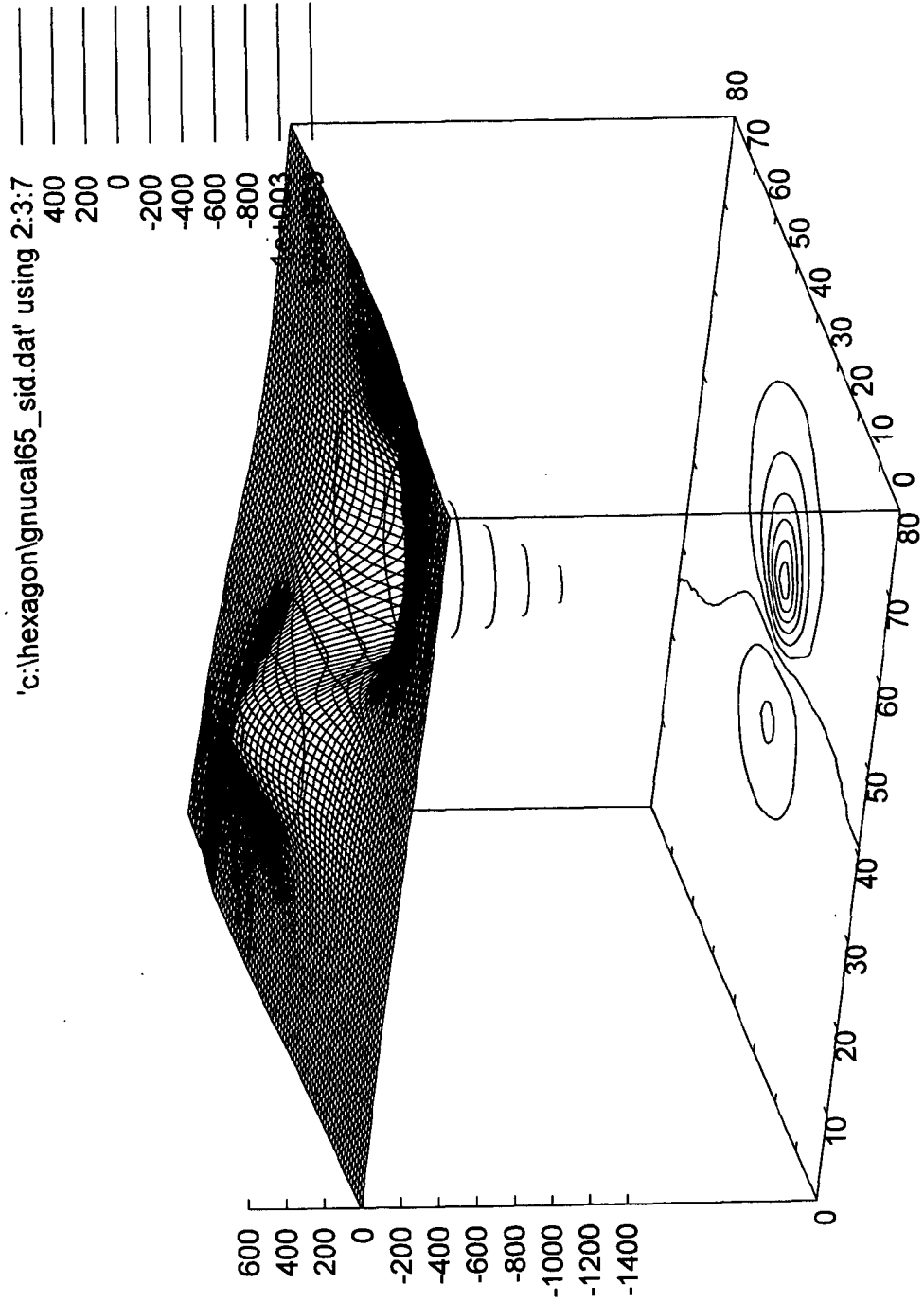


Fig. 11

'c:\hexagon\gnuca165_sid.dat' using 2:3:4
2e+003
1.5e+003
1e+003
500

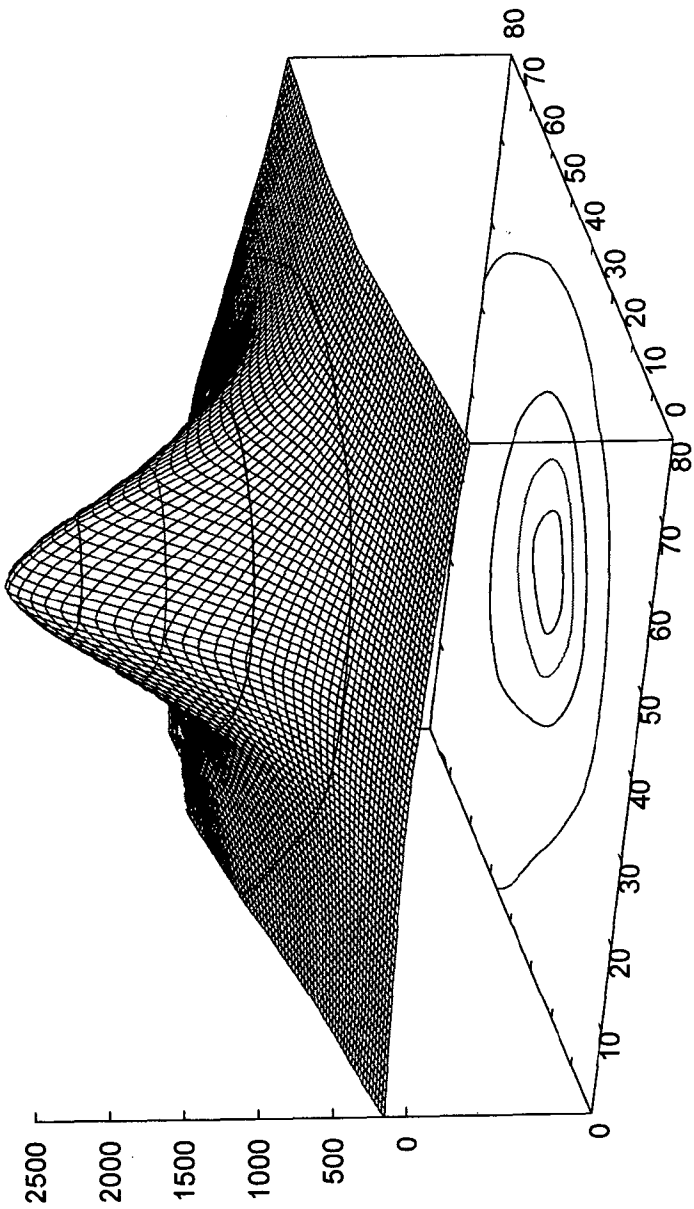


Fig. 12

13/13

Fig.13

