

(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
27. Februar 2003 (27.02.2003)

PCT

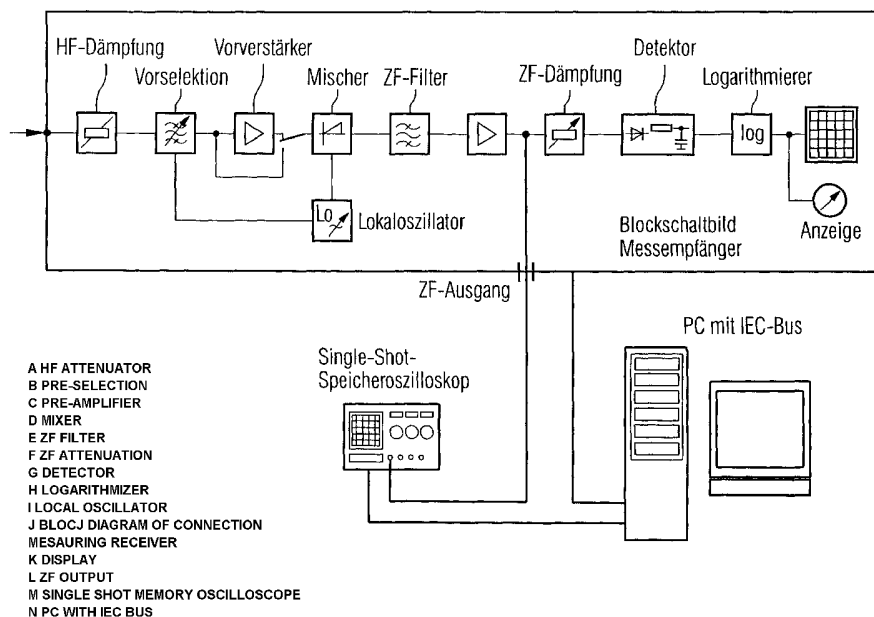
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/016927 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: **G01R 23/165**, 23/18
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **NICKEL, Jean-Claude** [DE/DE]; J.B.-Mehler-Strasse 2, 93183 Kallmünz (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02609
- (22) Internationales Anmeldedatum: 17. Juli 2002 (17.07.2002)
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (30) Angaben zur Priorität: 101 36 626.4 26. Juli 2001 (26.07.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE SPECTRAL PROGRESSION OF ELECTROMAGNETIC SIGNALS INSIDE A GIVEN FREQUENCY RANGE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN DES SPEKTRALEN VERLAUFS VON ELEKTROMAGNETISCHEN SIGNALEN INNERHALB EINES VORGEGEBENEN FREQUENZBEREICHS



(57) Abstract: The electromagnetic compatibility measurement is carried out in rough steps with a large measuring bandwidth of 1 MHz. The electromagnetic compatibility measurement signal is filtered by the measuring bandwidth. The filtered signal is time scanned. The other subdivision of the frequency range is carried out by means of Fast Fourier Transformation (FFT). Several frequency points are measured at practically the same time, thereby drastically reducing the measuring time.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/016927 A1



(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,

TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die EMV-Abstrahlungsmessung wird in groben Schritten mit einer grossen Messbandbreite von 1 MHz durchgeführt. Das EMV-Signal wird durch die Messbandbreite gefiltert. Das gefilterte Signal wird zeitlich abgetastet. Die weitere Unterteilung des Frequenzbereichs geschieht mittels Fast-Fourier-Transformation (FFT). Dadurch werden mehrere Frequenzpunkte praktisch gleichzeitig gemessen, was die Messzeit drastisch reduziert.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen des spektralen Ver-
laufs von elektromagnetischen Signalen innerhalb eines vorgege-
5 gegebenen Frequenzbereichs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum
Bestimmen des spektralen Verlaufs von elektromagnetischen
Signalen innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs.

10

Bei Messungen der Störaussendung zur elektromagnetischen Ver-
träglichkeit (EMV) werden elektromagnetische Signale analy-
siert. Insbesondere werden Geräte hinsichtlich ihrer EMV un-
tersucht, indem die von dem Gerät erzeugten und abgestrahlten
15 elektromagnetischen Signale analysiert werden. Die abge-
strahlten elektromagnetischen Wellen werden als Störsignale
bezeichnet. Bestimmt wird die spektrale Intensität bzw. das
Spektrum der Störsignale, d. h. die Intensität der Störsigna-
le als Funktion der Frequenz. Dazu muss ein vorgegebener Fre-
20 quenzbereich, z. B. zwischen 20 MHz und 1 GHz, vermessen wer-
den.

EMV-Messungen erfolgen üblicherweise mit Hilfe einer Antenne,
die die von dem Gerät ausgesandten elektromagnetischen Wellen
25 empfängt. Das Ausgangssignal der Antenne wird einem Messemp-
fänger zugeführt. Ein Messempfänger ermöglicht das Ausmessen
des Spektrums der Störsignale in kleinen Frequenzschritten
entsprechend zugehörigen kleinen Frequenzintervallen von ty-
pischerweise 10 kHz. Die genaue Funktionsweise eines Messemp-
30 fängers ist im Zusammenhang mit Fig. 1 weiter unten beschrie-
ben. Die Breite der Frequenzintervalle wird als Zwischenfre-
quenz- oder ZF-Bandbreite des Messempfängers bezeichnet. Sie
stellt die Messbandbreite dar, also den Frequenzbereich, der
vom Messempfänger zu einem vorgegebenen Zeitpunkt erfasst
35 wird.

Jedes Frequenzintervall muss eine bestimmte Zeit lang vermessen werden. Die Dauer T einer EMV-Messung ergibt sich somit aus

$$5 \quad T = T_{\text{mess}} \cdot (f_{\text{max}} - f_{\text{min}}) / \text{Frequenzschrittweite}$$

wobei T_{mess} die Zeitdauer bezeichnet, mit der ein einzelnes Frequenzintervall vermessen wird, f_{max} die obere Grenze des zu vermessenden Frequenzbereichs, f_{min} die untere Grenze des zu vermessenden Frequenzbereichs und die Frequenzschrittweite 10 angibt, um welche Frequenzdifferenz das für die Messung verwandte Frequenzintervall zwischen zwei Messpunkten verschoben wird.

15 Um Messfehler durch das Filter zu vermeiden, das die ZF-Bandbreite bestimmt, wird die Frequenzschrittweite in der Regel gleich der halben ZF-Bandbreite gewählt, d. h.

$$\text{Frequenzschrittweite} = \text{ZF-BB} / 2$$

20

wobei ZF-BB die ZF-Bandbreite bezeichnet. Die Dauer der Messung T ergibt sich dann aus

$$T = 2 \cdot T_{\text{mess}} \cdot (f_{\text{max}} - f_{\text{min}}) / \text{ZF-BB}$$

25

Typische Werte für T_{mess} sind 1 bis 100 ms. Typische Werte für die ZF-Bandbreite sind 9 kHz und 120 kHz.

Bei einem großen Frequenzbereich mit kleiner Messbandbreite und damit kleiner Schrittweite kommen lange Messzeiten zu- 30 stande. Beispielsweise bei dem Scannen eines Frequenzbereichs von 20 MHz bis 1 GHz und einer ZF-Bandbreite von 9 kHz sowie einer Schrittweite von 5 kHz und einer Messdauer T_{mess} pro Frequenzschritt von 12 ms ergibt sich eine Gesamtmessdauer 35 von etwa einer Stunde.

Werden drei Geräte in jeweils zwei Betriebszuständen und sowohl in horizontaler als auch vertikaler Polarisationsrichtung vermessen (zusammen 12 Messungen) und zusätzlich noch eine Nullmessung (Überprüfung des Messplatzes auf externe
5 Störungen) durchgeführt (insgesamt 13 Messungen), wobei jeweils sowohl der Spitzenwert als auch der Mittelwert im Frequenzintervall gemessen wird, so ergeben sich 37h 45' für die Messung.

10 Aus dem Buch „Grundlagen der Spektrumanalyse“, Christoph Rauscher, Rohde & Schwarz, München, 2000 ist ein Verfahren zum Bestimmen des spektralen Verlaufs von elektromagnetischen Signalen innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs bekannt, bei dem große Frequenzbereiche in einzelne Segmente
15 unterteilt werden, die dann blockweise auf eine Zwischenfrequenz umgesetzt und im Zeitbereich abgetastet werden. Um die Eindeutigkeit zu bewahren wird dabei ein analoges Vorfilter verwendet. Mit Hilfe einer Fourier-Transformation wird aus den Abtastwerten das Spektrum der einzelnen Frequenzblöcke
20 ermittelt.

Aufgabe der Erfindung ist es, das bekannte Verfahren weiter zu verbessern.

25 Diese Aufgabe wird durch das Verfahren und die Vorrichtung gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

30 Es ist heutzutage üblich, Störsignale bis 1 GHz zu bestimmen, teilweise sogar darüber. Würde man derartige Frequenzen zeitlich abtasten wollen, so müsste man für eine Maximalfrequenz von 1 GHz aufgrund des Abtasttheorems (siehe die Erläuterungen zu Fig. 2) mit einer Abtastrate von 2,5 GS/s (S/s = Samples pro Sekunde) abtasten, um den zeitlichen Verlauf eindeutig
35 rekonstruieren zu können. Würde jeder Messpunkt mit einer Auflösung von 1 Byte aufgenommen, so ergäbe sich eine Daten-

rate von 2,5 GByte pro Sekunde, die mit den gegenwärtig zur Verfügung stehenden Mitteln schwerlich handhabbar wäre. Gleichzeitig wäre die längste Messzeit auf die maximale Punktzahl des Oszilloskops dividiert durch die Abtastrate, also beispielsweise auf

$$120\ 000 / (2,5\ \text{GHz}) = 48\ \mu\text{s}$$

beschränkt.

Erfindungsgemäß wird der vorgegebene Frequenzbereich in eine Mehrzahl von Frequenzintervallen aufgeteilt. Der vorgegebene Frequenzbereich mag von 20 MHz bis 1 GHz reichen. Er wird in Frequenzintervalle von beispielsweise 1 MHz eingeteilt. Für jedes Frequenzintervall wird das elektromagnetische Signal hinsichtlich der in das Frequenzintervall fallenden Frequenzen gefiltert. Dazu kann beispielsweise ein handelsüblicher Messempfänger verwendet werden, dessen ZF-Bandbreite die Breite des Frequenzintervalls zu 1 MHz festlegen kann. Der zeitliche Verlauf des gefilterten Signals wird abgetastet, beispielsweise mit einem üblichen Single-Shot-Speicheroszilloskop. Der abgetastete zeitliche Verlauf wird in den Frequenzraum transformiert, um den spektralen Verlauf der elektromagnetischen Abstrahlung des Geräts innerhalb des Frequenzintervalls zu erhalten. Dazu bietet sich z. B. Fourier-Transformation und insbesondere Fast-Fourier-Transformation (FFT) an. Die einzelnen Frequenzintervalle können sukzessive z. B. mit Hilfe eines handelsüblichen Messempfängers durchfahren werden. Der spektrale Verlauf der einzelnen Frequenzintervalle wird zusammengeführt, um den spektralen Verlauf innerhalb des gesamten vorgegebenen Frequenzbereichs zu erhalten.

30

Erfindungsgemäß wird also die EMV-Messung in groben Schritten mit großer Messbandbreite, zum Beispiel 1 MHz, durchgeführt. Die weitere Unterteilung des Frequenzbereichs geschieht mittels Fast-Fourier-Transformation (FFT). Dadurch werden mehrere Frequenzpunkte praktisch gleichzeitig gemessen, was die Messzeit drastisch reduziert.

35

Werden die eingangs beispielhaft erwähnten drei Geräte in jeweils zwei Zuständen und sowohl in horizontaler als auch vertikaler Polarisationsrichtung gemessen (zusammen 12 Messungen) und zusätzlich noch eine Nullmessung durchgeführt (insgesamt 13 Messungen), wobei sowohl der Spitzenwert als auch der Mittelwert bestimmt wird, so ergibt sich statt 37h 45' für die Messung von 20 MHz bis 1 GHz mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nur noch eine Messzeit von etwa 2h. Durch das erfindungsgemäße Verfahren verkürzen sich somit EMV-Messungen drastisch gegenüber der herkömmlichen Methode.

Die Messzeit für eine EMV-Messung lässt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren theoretisch um zwei Größenordnungen verringern, wenn z. B. mit einer ZF-Bandbreite von 1 MHz statt 10 kHz gearbeitet wird.

Weiterhin ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren eine umfangreiche Analyse des Messsignals. So lässt sich zum Beispiel der zeitliche Verlauf eines Störsignals sowie die zeitliche Veränderung eines Spektrums in einer dreidimensionalen Darstellung anzeigen.

Ein handelsüblicher Messempfänger kann dazu verwendet werden, das aufgenommene elektromagnetische Signal auf eine vorgegebene Frequenz zu transformieren, beispielsweise auf eine übliche Zwischenfrequenz von 10,7 MHz. Dann reicht gemäß dem Abtasttheorem (siehe unten) bereits eine Abtastrate von etwa 25 MS/s.

Die Abtastrate lässt sich noch weiter reduzieren, nämlich auf das zwei- bis dreifache der Bandbreite des jeweiligen Frequenzintervalls, wobei sich das Signal weiterhin eindeutig rekonstruieren lässt (siehe unten). Bei einer ZF-Bandbreite von 1 MHz reicht dann eine Abtastrate von 2,5 MS/s. Die zugehörige Datenrate bei einem Byte pro Messpunkt beträgt 2,5 MByte pro Sekunde, die leicht zu handhaben sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, dass der spektrale Verlauf innerhalb eines vorgegebenen Frequenzintervalls für eine Mehrzahl von lückenlos sich aneinander anschließende Zeitintervalle aufgenommen wird. Wird beispielsweise ein Single-Shot-Speicheroszilloskop mit einer Speichertiefe von 120 000 Messpunkten eingesetzt, kann in einem "Shot" ein Zeitintervall von

$$120000 / (2,5 \text{ MHz}) = 48 \text{ ms}$$

erfasst werden. Werden jeweils 2048 Messpunkte aus den 120 000 Messpunkten herausgegriffen, ergeben sich knapp 60 lückenlos sich aneinander anschließende Zeitintervalle von je ca. 0,8 μ s. Dadurch können sowohl das Spektrum als auch der zeitliche Verlauf der spektralen Intensität in einem vorgegebenen Frequenzintervall erfasst werden. Es kann auf diese Weise beobachtet und dargestellt werden, wie sich die Intensität auf einzelnen Frequenzen mit der Zeit ändert.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in den Figuren schematisch dargestellt sind. Im Einzelnen zeigt:

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines Messempfängers in Form eines Blockschaltbilds sowie weitere Komponenten des Messaufbaus; und
Fig. 2 einige schematische Darstellungen zur Erläuterung des Abtasttheorems bzw. einige schematische Darstellungen von aus einer Abtastung rekonstruierten Signalen.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau für die Aufnahme und Auswertung der Daten einer EMV-Messung. Eine Antenne zur Aufnahme der Störsignale wird an den Eingang eines Messempfängers angeschlossen. Der Messempfänger weist eine Hochfrequenz (HF)-Dämpfung auf, die Spitzenspannungen dämpft. Anschließend werden die Signale einer Vorselektion in Form eines Bandpassfilters unterworfen. Nach der Vorselektion können zu schwache Signale wahlweise in einem Vorverstärker verstärkt werden. Anschließend werden die Signale in einem Mischer mit den Sig-

nenal eines in der Frequenz abstimmbaren Lokaloszillators gemischt.

Haben die Eingangssignale beispielsweise die Frequenz f_1 und
5 hat der Lokaloszillator beispielsweise die Frequenz f_2 , so
ergeben sich am Ausgang des Mischers die Frequenzen $f_1 \pm f_2$,
 $f_1 \pm 2f_2$, $2f_1 \pm f_2$, etc. Wird eine Frequenz f_1 von
etwa 100 MHz am Eingang mit einer Frequenz f_2 des Lokaloszil-
lators von etwa 89,3 MHz gemischt, so ist nach dem Mischer
10 unter anderem eine Komponente bei einer Frequenz von $f_1 - f_2$,
also bei ca. 10,7 MHz, vorhanden. Diese Komponente kann in
einem Bandpassfilter, dem Zwischenfrequenz-Filter (ZF-
Filter), selektiert werden. Die Bandbreite des ZF-Filters ist
die sogenannte ZF-Bandbreite. Auch diese ist einstellbar.

15

Im Effekt wurde somit das Eingangssignal von 100 MHz auf
10,7 MHz transformiert.

20

Das Signal auf der gefilterten Zwischenfrequenz wird ver-
stärkt und über einen Zwischenfrequenz-Ausgang (ZF-Ausgang)
nach außen geführt.

25

Ein handelsüblicher Messempfänger weist in der Regel noch ei-
ne Anzeigeeinrichtung für die auf der Zwischenfrequenz detek-
tierten Signale auf. Dazu werden die Signale auf der Zwi-
schenfrequenz zunächst gedämpft, dann mit einem geeigneten
Detektor bewertet, anschließend logarithmiert und auf einem
Bildschirm angezeigt. Diese Komponenten werden jedoch nicht
genutzt. Genutzt wird das Gerät nur bis zum ZF-Ausgang.

30

Das Signal des ZF-Ausgangs wird mit einem Single-Shot-
Speicheroszilloskop abgetastet. Das Oszilloskop nimmt keine
Mittelung oder Aufsummierung vor, das Signal wird also unver-
fälscht erfasst.

35

Damit das Signal nach dem Abtasten einwandfrei rekonstruiert
werden kann, ist es grundsätzlich erforderlich, die Abtastra-

te mindestens doppelt so hoch wie die höchste im Signal vorhandene Frequenz zu wählen (Abtasttheorem). Dies ist in Fig. 2A erläutert. In Fig. 2A ist der Pegel p verschiedener rekonstruierter Signale über der Frequenz f aufgetragen. Mit f_{ab} ist die Abtastrate bezeichnet. Das Spektrum des gesuchten Signals 10, also die Pegelstärke als Funktion der Frequenz bzw. der spektrale Verlauf, erstreckt sich von der Frequenz 0 bis etwa zur halben Abtastrate f_{ab} . Bei der Rekonstruktion des gesuchten Signals 10 aus den mit der Frequenz f_{ab} aufgenommenen Abtastwerten ergibt sich neben dem Signal 10 selbst eine Vielzahl von anderen möglichen Lösungen für ein rekonstruiertes Signal. Diese liegen symmetrisch gespiegelt um die Abtastrate f_{ab} (12, 14), um die zweifache Abtastrate $2 \cdot f_{ab}$ (16, 18), um die dreifache Abtastrate $3 \cdot f_{ab}$ (nicht gezeigt), usw.

Fig. 2B illustriert den Fall, dass das zu rekonstruierende Signal Frequenzen enthält, die höher als die halbe Abtastrate f_{ab} sind, bzw. den Fall, in dem die Abtastrate nicht mehr als doppelt so hoch wie die höchste im Signal vorhandene Frequenz ist. Es kommt dann zu einem Überlapp 20 zwischen dem zu rekonstruierenden Signal 10 und seiner Spiegelung 12 an der Abtastrate f_{ab} . Für die Frequenzen im Überlappbereich 20 kann nicht mehr eindeutig bestimmt werden, ob sie zum rekonstruierten Signal 10 oder zu dessen Spiegelung 12 gehören. Eine eindeutige Rekonstruktion des Signals ist damit nicht mehr möglich.

Eine Ausnahme von dieser Regel ist in Fig. 2C illustriert. Fig. 2C illustriert den Fall, in dem ein schmalbandiges hochfrequentes Signal 22 von einer Frequenz f_{ab} abgetastet wird, die etwa viermal so niedrig ist wie das hochfrequente Signal 22. Bei der Rekonstruktion ergeben sich in einem solchen Fall neben dem gesuchten Signal 22 noch weitere Wiedergaben 24 des gesuchten Signals, verschoben um ein Vielfaches der Abtastrate $n \cdot f_{ab}$, sowie die gleichen rekonstruierten Pegel bei entsprechenden negativen Frequenzen. Aufgrund der

Schmalbandigkeit des hochfrequenten Signals 22 kommt es zu keinerlei Überlapp zwischen den verschiedenen möglichen Rekonstruktionen des Signals. Das Signal kann somit in allen Details eindeutig rekonstruiert werden, sofern seine wesentliche Trägerfrequenz bekannt ist.

Voraussetzung ist jedoch eine Begrenzung der Bandbreite des zu rekonstruierenden Signals auf maximal die Hälfte der Abtastrate und die Wahl eines geeigneten Verhältnisses zwischen ZF-Frequenz und Abtastrate.

Da die ZF-Bandbreite im bevorzugten Ausführungsbeispiel 1 MHz beträgt, reicht somit eine Abtastrate von 2,5 MHz zur Rekonstruktion des Signals aus. Das Oszilloskop greift daher den ZF-Ausgang mit einer Abtastrate von 2,5 MHz ab. Die ZF-Bandbreite muss dann auf maximal 1 MHz begrenzt werden.

Die vom Speicheroszilloskop erfassten Daten werden z. B. über einen IEC-Bus einem Computer zugeführt und von diesem ausgewertet. Im Computer erfolgt die Weiterverarbeitung der Daten und eine Darstellung der Ergebnisse.

Das im Zeitbereich gemessene Signal wird mittels Fourier-Transformation in den Frequenzbereich transformiert. Diese Transformation kann besonders schnell durchgeführt werden, wenn die Anzahl der zu transformierenden Werte 2^n , z. B. 256, 512, 1024, 2048, etc., beträgt. Dann kann der sogenannte Fast-Fourier-Transformationsalgorithmus (FFT) angewandt werden.

Daher werden aus den vom Oszilloskop ausgelesenen Messpunkten jeweils 2^n Punkte herausgegriffen und mittels FFT in den Frequenzbereich transformiert. Dadurch entstehen mehrere Frequenzkurven zu lückenlos aneinander anschließenden Zeitintervallen.

Von den rekonstruierten Spektren werden die Komponenten um 700 kHz +/- 500 kHz herausgegriffen. Dies entspricht einer Bandbreite von 1 MHz, also genau der ZF-Bandbreite im bevorzugten Ausführungsbeispiel. Die ZF-Bandbreite entspricht z.
5 B. der doppelten Schrittweite beim Abtasten des gesamten Frequenzbereichs des Störsignals. Andere Schrittweiten sind ebenso denkbar, jedoch müssen ZF-Bandbreite und Abtastrate stets aufeinander abgestimmt werden. Eine Schrittweite, die genau der ZF-Bandbreite entspricht, kann prinzipiell gewählt
10 werden, da mögliche Messfehler aufgrund des Frequenzgangs des ZF-Filters rechnerisch eliminiert werden können.

Die erreichbare Frequenzauflösung ergibt sich aus der Abtastrate dividiert durch die Anzahl der Punkte, die für die FFT
15 verwendet werden. Bei einer Abtastrate von 2,5 MHz und 2048 Punkten für die FFT ergibt sich eine sehr gute Frequenzauflösung von etwa 1 kHz. Eine Frequenzauflösung von 1 kHz würde bei herkömmlichen Verfahren zu einer unverträglich langen
Messdauer führen. Durch eine geeignete Wahl der Anzahl der
20 für die FFT verwendeten Punkte und eine geeignete Wahl einer mathematischen Filterfunktion zum Ausgleich von Verzerrungen können verschiedene Schrittweiten und zugehörige Bandbreiten realisiert werden.

25 Im Rahmen der Erfindung sind zahlreiche Abwandlungen und Weiterbildungen der beschriebenen Ausführungsbeispiele verwirklichtbar. So kann die Erfindung allgemein dafür eingesetzt werden, elektromagnetische Signale zu analysieren, also nicht nur von Geräten abgestrahlte Signale, die durch eine Antenne
30 aufgefangen werden, sondern z. B. auch Störungen auf Versorgungs- oder Signalleitungen können mit Hilfe der Erfindung analysiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen des spektralen Verlaufs von elektromagnetischen Signalen innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs mit folgenden Schritten:
- 5 a) Der vorgegebene Frequenzbereich wird in eine Mehrzahl von Frequenzintervallen aufgeteilt.
- b) Für jedes Frequenzintervall wird das elektromagnetische Signal hinsichtlich der in das Frequenzintervall fallenden
- 10 Frequenzen gefiltert.
- c) Der zeitliche Verlauf des gefilterten Signals wird abgetastet.
- d) Der abgetastete zeitliche Verlauf wird in den Frequenzraum transformiert, um den spektralen Verlauf des elektromagnetischen Signals innerhalb des Frequenzintervalls zu erhalten.
- 15 e) Der spektrale Verlauf der einzelnen Frequenzintervalle wird zusammengeführt, um den spektralen Verlauf innerhalb des gesamten vorgegebenen Frequenzbereichs zu erhalten.
- 20 2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das elektromagnetische Signal auf eine vorgegebene Frequenz transformiert wird.
- 25 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtastrate zum Abtasten des zeitlichen Verlaufs des frequenztransformierten Ausgangssignals zwischen dem Zwei- und Fünffachen der Bandbreite des jeweiligen Frequenzintervalls gewählt wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der spektrale Verlauf innerhalb eines vorgegebenen Frequenzintervalls für eine Mehrzahl von lückenlos sich aneinander anschließende Zeitintervalle aufgenommen wird.
- 35

5. Vorrichtung zum Bestimmen des spektralen Verlaufs von elektromagnetischen Signalen innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs

- 5 - mit einer Einrichtung zum Filtern des elektromagnetischen Signals hinsichtlich Frequenzen, die in ein vorgegebenes Frequenzintervall innerhalb des vorgegebenen Frequenzbereichs fallen;
- mit einer Einrichtung zum Abtasten des zeitlichen Verlaufs des gefilterten Signals;
- 10 - mit einer Einrichtung zum Transformieren des abgetasteten zeitlichen Verlaufs in den Frequenzraum und
- mit einer Einrichtung zum Zusammenführen des spektralen Verlaufs der einzelnen Frequenzintervalle zu einem spektralen Verlauf innerhalb des gesamten vorgegebenen Frequenzbereichs.
- 15

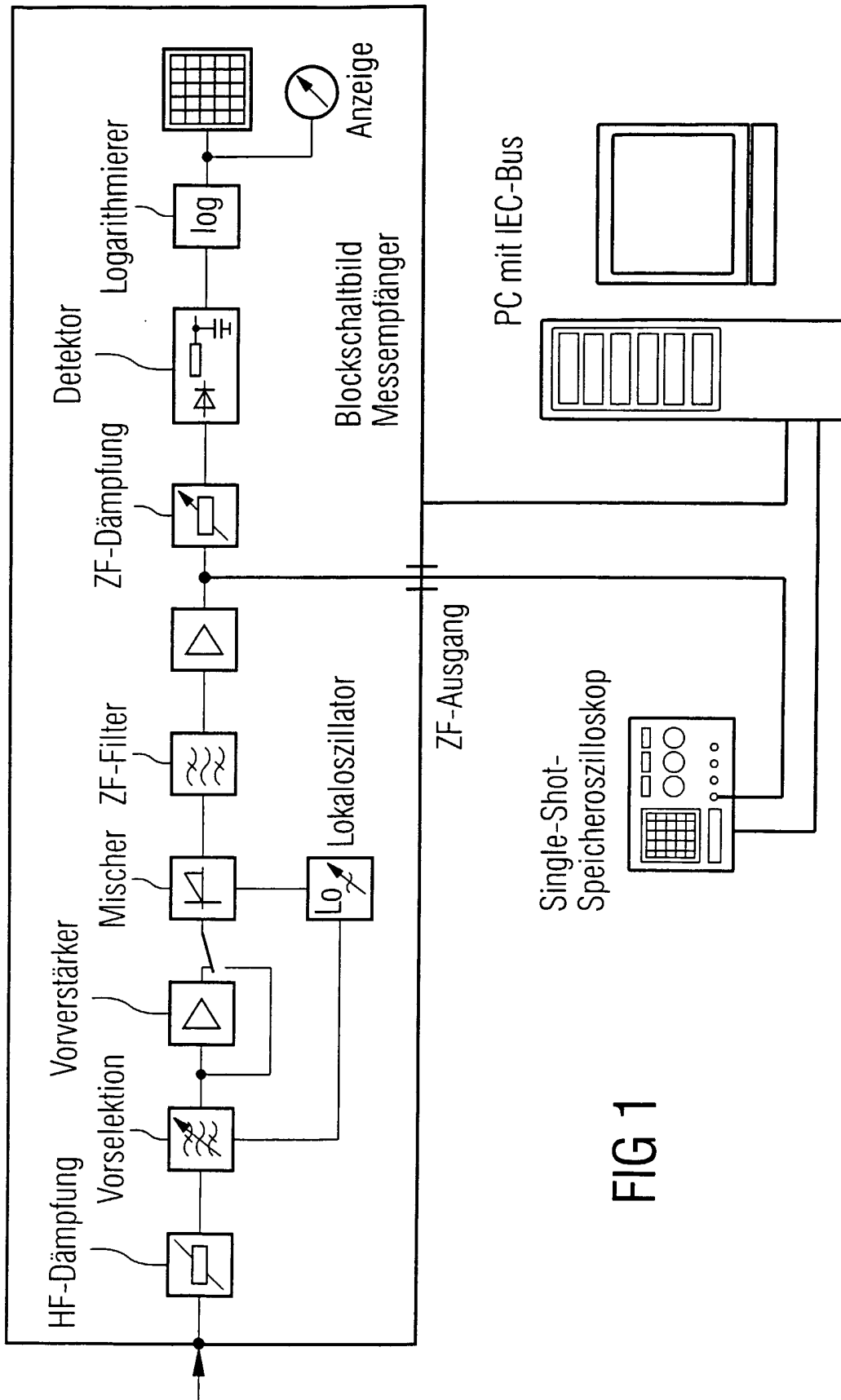


FIG 1

2/2

FIG 2A

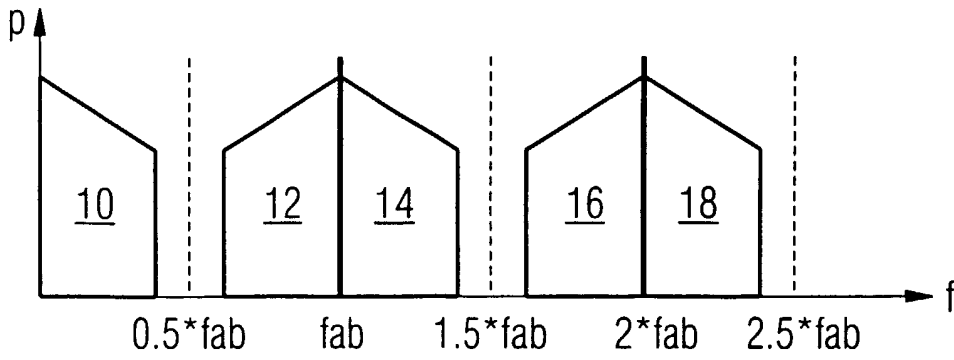


FIG 2B

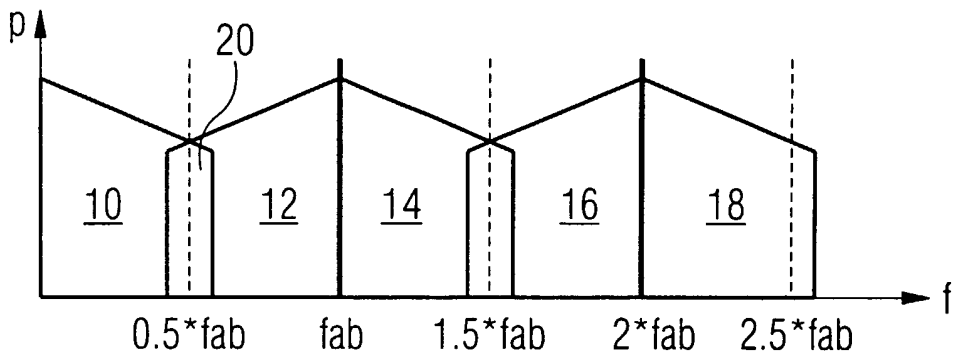
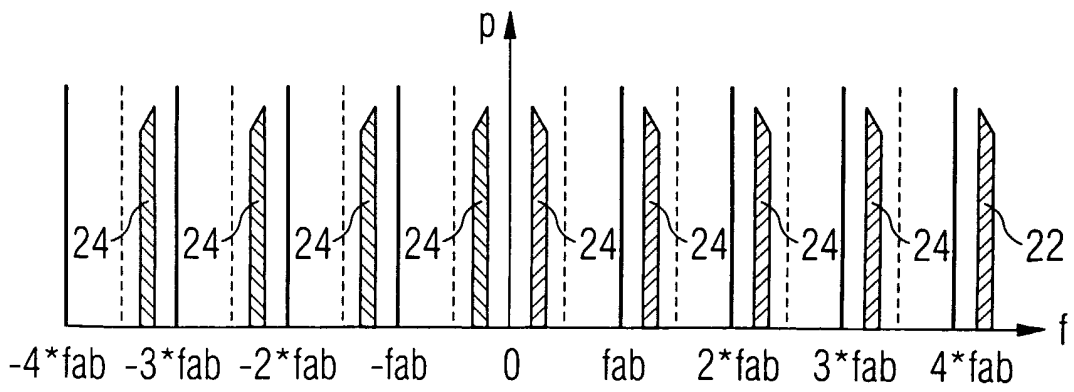


FIG 2C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/DE 02/02609

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01R23/165 G01R23/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98 59252 A (THOMAS NEIL EDWIN ; IFR LIMITED (GB)) 30 December 1998 (1998-12-30) abstract page 4, last paragraph -page 5, paragraph 1; figure 5 page 9, last paragraph -page 10, paragraph 2; figure 6 ---	1-5
X	US 5 629 703 A (LEWALLEN ROY W) 13 May 1997 (1997-05-13) abstract; figure 1 column 2, line 64 -column 3, line 11 ---	1-3,5
X	US 4 896 102 A (DUBOIS CARL E) 23 January 1990 (1990-01-23) abstract; figure 4 column 3, line 42 -column 4, line 31 ---	1-3,5
	-/--	

 Further documents are listed in the continuation of box C.

 Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 November 2002

Date of mailing of the international search report

28/11/2002

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jakob, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No
PCT/DE 02/02609

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 244 071 A (STC PLC) 4 November 1987 (1987-11-04) abstract; claim 2 page 2, line 29 - line 36; figure 1 -----	1-3,5
X	US 4 665 494 A (TANAKA YOSHIKI ET AL) 12 May 1987 (1987-05-12) abstract; figures 1,5 -----	1,3,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

In Application No
 PCT/DE 02/02609

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9859252	A	30-12-1998	GB 2326724 A	30-12-1998
			EP 0991951 A1	12-04-2000
			WO 9859252 A1	30-12-1998
			JP 2002506525 T	26-02-2002
			US 6392397 B1	21-05-2002

US 5629703	A	13-05-1997	NONE	

US 4896102	A	23-01-1990	AU 3774589 A	12-01-1990
			WO 8912832 A1	28-12-1989

EP 0244071	A	04-11-1987	GB 2189631 A	28-10-1987
			AU 7101187 A	29-10-1987
			EP 0244071 A1	04-11-1987

US 4665494	A	12-05-1987	JP 59111067 A	27-06-1984
			JP 59116057 A	04-07-1984
			JP 59119275 A	10-07-1984
			DE 3379282 D1	06-04-1989
			EP 0113275 A2	11-07-1984

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen

PCT/DE 02/02609

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R23/165 G01R23/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 98 59252 A (THOMAS NEIL EDWIN ; IFR LIMITED (GB)) 30. Dezember 1998 (1998-12-30) Zusammenfassung Seite 4, letzter Absatz -Seite 5, Absatz 1; Abbildung 5 Seite 9, letzter Absatz -Seite 10, Absatz 2; Abbildung 6 ---	1-5
X	US 5 629 703 A (LEWALLEN ROY W) 13. Mai 1997 (1997-05-13) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 2, Zeile 64 -Spalte 3, Zeile 11 ---	1-3,5
X	US 4 896 102 A (DUBOIS CARL E) 23. Januar 1990 (1990-01-23) Zusammenfassung; Abbildung 4 Spalte 3, Zeile 42 -Spalte 4, Zeile 31 ---	1-3,5
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. November 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/11/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jakob, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 244 071 A (STC PLC) 4. November 1987 (1987-11-04) Zusammenfassung; Anspruch 2 Seite 2, Zeile 29 - Zeile 36; Abbildung 1 ---	1-3,5
X	US 4 665 494 A (TANAKA YOSHIAKI ET AL) 12. Mai 1987 (1987-05-12) Zusammenfassung; Abbildungen 1,5 -----	1,3,5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. Aktenzeichen
PCT/DE 02/02609

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9859252	A	30-12-1998	GB 2326724 A 30-12-1998
			EP 0991951 A1 12-04-2000
			WO 9859252 A1 30-12-1998
			JP 2002506525 T 26-02-2002
			US 6392397 B1 21-05-2002

US 5629703	A	13-05-1997	KEINE

US 4896102	A	23-01-1990	AU 3774589 A 12-01-1990
			WO 8912832 A1 28-12-1989

EP 0244071	A	04-11-1987	GB 2189631 A 28-10-1987
			AU 7101187 A 29-10-1987
			EP 0244071 A1 04-11-1987

US 4665494	A	12-05-1987	JP 59111067 A 27-06-1984
			JP 59116057 A 04-07-1984
			JP 59119275 A 10-07-1984
			DE 3379282 D1 06-04-1989
			EP 0113275 A2 11-07-1984
