

(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
19. Januar 2017 (19.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/009029 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H04B 1/28 (2006.01) **H03D 7/18** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/064875
- (22) Internationales Anmeldedatum:
27. Juni 2016 (27.06.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 213 313.3 15. Juli 2015 (15.07.2015) DE
- (71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).
- (72) Erfinder: **ADEL, Hans**; Dinkelweg 3, 90547 Stein (DE). **MILOSIU, Heinrich**; Kitzinger Str. 13, 91056 Erlangen (DE). **ROTH, Maximilian**; Pilotistr. 51, 90408 Nürnberg (DE). **DRÄGER, Tobias**; Forchheimer Straße 14, 91083 Baiersdorf (DE). **KUBA, Matthias**; Adam-Kraft-Str. 24, 90419 Nürnberg (DE). **KAFFENBERGER, Christopher**; Dietrich-Bonhoeffer-Str. 5, 91074 Herzogenaurach (DE).
- (74) Anwälte: **SCHENK, Markus** et al.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlkofenstr. 2, 81373 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FREQUENCY SPECTRUM GENERATOR

(54) Bezeichnung : FREQUENZSPEKTRUMERZEUGER

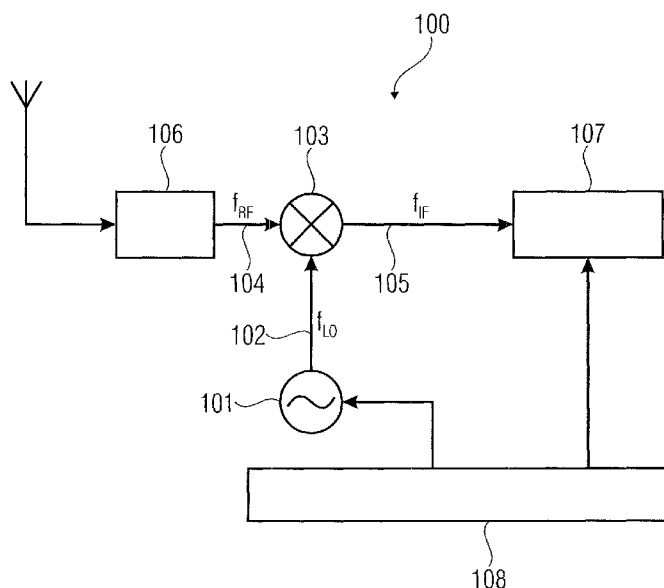


FIG 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a frequency spectrum generator (100) having a detunable local oscillator (101) for emitting a local oscillator signal (102), a down-mixer (103) for down-mixing a received antenna signal (104) with the local oscillator signal (102) to receive a down-mixed signal (105), a filter (106) for filtering out a mirror frequency portion of the antenna signal (104) in the down-mixed signal (105), a signal level detector (107) for detecting a signal level of the down-mixed signal (105) at an intermediate frequency (f_{IF}), and a control (108) for sequentially actuating the local oscillator (101) and the signal level detector (107) in order to sense a frequency spectrum of the antenna signal (104) from a sequence of scan frequencies.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Frequenzspektrumerzeuger (100), aufweisend einen verstellbaren Lokaloszillator (101) zum Ausgeben eines Lokaloszillatorsignals (102), einen Abwärtsmischer (103) zum Abwärtsmischen eines empfangenen Antennensignals (104) mit dem Lokaloszillatorsignal (102) zum Erhalten eines abwärtsgemischten Signals (105), ein Filter (106) zum Herausfiltern eines Spiegelfrequenzanteils des Antennensignals (104) in dem abwärtsgemischten Signal (105), einen Signalpegeldetektor (107) zum Erfassen

eines Signalpegels des abwärtsgemischten Signals (105) an einer Zwischenfrequenz (f_{IF}), und eine Steuerung (108) zum sequentiellen Ansteuern des Lokaloszillators (101) und des Signalpegeldetektors (107), um ein Frequenzspektrum des Antennensignals (104) an einer Folge von Abtastfrequenzen abzutasten.



Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Frequenzspektrumerzeuger

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Frequenzspektrumerzeuger mit den Merkmalen von Anspruch 1.

Moderne Kommunikationssysteme, und insbesondere mobile Kommunikationsmittel, sind heutzutage für drahtlose Datenübertragung ausgelegt. Zur effizienten Datenübertragung werden die Signale senderseitig aufwärtsgemischt, um diese so über höhere Trägerfrequenzen zu einem Empfänger zu übertragen. Der Empfänger mischt die empfangenen Signale wieder abwärts, um das eigentliche Nutzsignal zu erhalten.

Die DE 10 2010 027 019 A1 offenbart eine Empfängeranordnung mit einem analogen Empfänger und einer nachgeschalteten digitalen Auswertevorrichtung. Der analoge Empfänger weist einen RF-Verstärker, einen Mischer, der an einen freischwingenden Lokaloszillator angeschlossen ist, einen ZF-Tiefpass, einen ZF-Verstärker und einen Amplitudenmodulator auf. Die Empfängeranordnung basiert auf einem abtastend betriebenen Funkempfänger, der in Abständen den Funkkanal bei fester Empfangsfrequenz abtastet. Der analoge Empfänger ist außerdem in zwei Phasen betreibbar, wobei die Abtastrate in der ersten Phase geringer ist als in der zweiten Phase. Dadurch arbeitet die bekannte Empfängeranordnung in der ersten Phase stromsparender als in der zweiten Phase.

Die Funkfrequenzbandbelegungen sind heutzutage jedoch sehr hoch. Um die in einem Frequenzband belegten Bänder zu analysieren, können Ausschnitte von Frequenzbändern gewünschter Breite gescannt werden. Die Frequenzanteile vorhandener, d.h. detektierter Signale können in einem Frequenzspektrum dargestellt werden. Hierfür verwendete bekannte Funkscanner haben jedoch einen hohen Stromverbrauch von 200 mA oder mehr. Ein batteriebetriebener Betrieb derartiger Geräte ist daher nur sehr eingeschränkt möglich.

Es ist wünschenswert Empfänger bereitzustellen, die es ermöglichen, einen Funkkanal an variablen Empfangsfrequenzen abzutasten, die aber dennoch stromsparend betreibbar sind. In anderen Worten ist es wünschenswert, einen stromsparenden Empfänger zur Erfassung einer Frequenzbandbelegung bereitzustellen, um so beispielsweise ein Frequenzspektrum eines empfangenen Funksignals zu erzeugen.

Eine Option für einen solchen Empfänger ist die aus der EP 2 695 307 B1 bekannte Superregenerativempfänger-Architektur, die aus einem ankommenden Antennensignal einen Digitalwert als Empfangspegel liefert. Aufgrund der eingesetzten aktiven, u.a. digitalen, Bauelemente ist diese Empfängerarchitektur jedoch nicht in gewünschtem Maße stromsparend umsetzbar.

Bisher ist keine elektronische Schaltung unter 100 μ A Stromaufnahme bekannt, die zur schnellen Erfassung von Frequenzbandbelegung z.B. im UHF-Bereich eingesetzt werden kann. Dies ist aber beispielsweise zur Realisierung von mobilen Cognitive-Radio-Systemen wünschenswert. Bisher gibt es allerdings keine stromsparende Lösung zur spektralen Erfassung. Bisher bekannte Lösungen weisen Stromaufnahmen von 200 mA auf. Damit sind kaum batteriebetriebene Lösungen denkbar. Neben der stromsparenden Ausführung ist eine schnelle sowie ständige, sich wiederholende, Erfassung der Bandbelegung wünschenswert.

Bei dem oben erwähnten Abwärtsmischen treten außerdem ungewünschte Spiegelfrequenzanteile auf. Zusätzlich zur schnellen stromsparenden Erfassung eines Spektrums ist deshalb auch ein Nachziehen eines Spiegelfrequenzfilters wünschenswert, um ungewünschte Spiegelfrequenzanteile auszufiltern. Dies wird jedoch in bekannten Sub-1-GHz-Funkempfängern nicht gemacht, um einen Funkscanner zu implementieren, weil von starren SAW-Bandfiltern ausgegangen wird.

Es ist demnach eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bekannte Empfängeranordnungen und Frequenzspektrumerzeuger im Hinblick auf die oben genannten Nachteile zu verbessern. Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß mit einem Frequenzspektrumerzeuger mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger gemäß Anspruch 1 arbeitet stromsparend, da lediglich einfache Schaltungskomponenten verwendet werden, wobei der Frequenzspektrumerzeuger sequentiell angesteuert wird, um das Frequenzspektrum abzutasten. Das heißt, es gibt Zeitpunkte, an denen der Frequenzspektrumerzeuger aktiv ist, sowie Zeitpunkte, an denen der Frequenzspektrumerzeuger inaktiv ist. Die gleichzeitige schnelle Erfassung und Auswertung von Empfangsspektren bei gleichzeitig niedriger Stromaufnahme, ermöglicht es, dass ein Betrieb z.B. mit Knopfzellen jahrelang möglich ist bzw. die Betriebsdauer mit schon verfügbaren Energiespeichern kaum verkürzt wird. Der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger hat zudem den Vorteil, dass ungewünschte Spiegelfrequenzanteile, die sich in Abhängigkeit der Abtastfrequenz ändern, ausgefiltert werden können. Dies wird unter anderem durch eine geschickte Wahl der Lokaloszillatorfrequenz erreicht.

Die Steuerung kann ausgebildet sein, um an einer jeweiligen Abtastfrequenz die Frequenz des Lokaloszillatorsignals derart zu ändern, dass der jeweilige Spiegelfrequenzanteil unterhalb beziehungsweise oberhalb des Frequenzbereichs des abgetasteten Frequenzspektrums liegt. Dabei bestimmt die Wahl der Lokaloszillatorfrequenz die Lage des Spiegelfrequenzanteils. Mit dieser Ausführungsform wird vorgeschlagen, die Frequenz des Lokaloszillatorsignals so zu wählen, dass an einer Abtastfrequenz der Spiegelfrequenzanteil unterhalb oder oberhalb des

gesamten Frequenzspektrums liegt. Somit treten nämlich die Spiegelfrequenzanteile im Empfänger, d.h. auf der Zwischenfrequenzseite, nicht oder nicht relevant auf. Damit entspannt sich gleichzeitig die Anforderung an die Charakteristik des Filters bezüglich der Unterdrückung des Spiegelfrequenzanteils.

- 5 In einer Ausführungsform ist die Steuerung ausgebildet, um den Lokoszillator in zwei Betriebsmodi zu betreiben, wobei der Lokoszillator in einem ersten Betriebsmodus derart angesteuert wird, dass die Frequenz des Lokoszillatorsignals oberhalb der jeweiligen Abtastfrequenz liegt, und wobei der Lokoszillator in einem zweiten Betriebsmodus derart angesteuert wird, dass die Frequenz des Lokoszillatorsignals unterhalb der jeweiligen Abtastfrequenz
- 10 liegt. In anderen Worten ist der Lokoszillator derart ausgelegt, dass eine sogenannte „High-Side-Injection“ oder eine sogenannte „Low-Side-Injection“ durchgeführt werden kann. Bei der „High-Side-Injection“ wird die Frequenz des Lokoszillatorsignals so gewählt, dass diese oberhalb der jeweiligen Empfangs- bzw. Abtastfrequenz liegt. Im Gegensatz dazu wird die Frequenz des Lokoszillatorsignals bei der „Low-Side-Injection“ so gewählt, dass diese un-
- 15 terhalb der jeweiligen Empfangs- bzw. Abtastfrequenz liegt. Da, wie oben erwähnt, die Wahl der Frequenz des Lokoszillatorsignals die Lage des Spiegelfrequenzanteils an der jeweiligen Abtastfrequenz bestimmt, hat die Wahl des Betriebsmodus, d.h. die Wahl zwischen „High-Side-Injection“ und „Low-Side-Injection“, entsprechende Auswirkungen auf die Lage des Spiegelfrequenzanteils, die sich eben dementsprechend entweder hin zu höheren oder eben hin
- 20 zu niedrigeren Frequenzen verschiebt.

Die Steuerung kann ausgebildet sein, um während des Vorgangs des Abtastens des Frequenzspektrums eines Antennensignals zwischen den beiden Betriebsmodi umzuschalten. In anderen Worten ist der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger dazu in der Lage, im laufenden Betrieb, d.h. während eines Frequenzsweeps, zwischen „High-Side-Injection“ und

25 „Low-Side-Injection“ umzuschalten. Dies ist insofern vorteilhaft, als dass die Lage des Spiegelfrequenzanteils geschickt außerhalb gewünschter Frequenzen, und insbesondere außerhalb des abzutastenden Frequenzbands des Antennensignals, gelegt werden kann.

In einer Ausführungsform ist die Steuerung ausgebildet, um genau dann zwischen den beiden Betriebsmodi umzuschalten, wenn das Abwärtsmischen des Antennensignals mit dem Lok-

30 loszillatorsignal zu einem Spiegelfrequenzanteil führen würde, der innerhalb des abzutastenden Frequenzspektrums liegt. Wird also im laufenden Betrieb festgestellt, dass beispielsweise ein anstehender Abtastvorgang in einem „High-Side-Injection“ Modus zu einem Spiegelfrequenzanteil führen würde, der innerhalb des Frequenzbands des abzutastenden Antennensignals liegt, dann wird auf „Low-Side-Injection“ umgeschaltet, so dass der genannte anstehende

35 Abtastvorgang dann zu einem Spiegelfrequenzanteil führen würde, der außerhalb, genauer gesagt unterhalb, des Frequenzbands des abzutastenden Antennensignals liegt.

In einer Ausführungsform weist das Filter eine Filtersteuerung zum Ändern der Filtercharakteristik auf, und die Filtersteuerung ist ausgebildet, um die Filtercharakteristik in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz des Lokaloszillatorsignals zu ändern. Somit kann die Filtercharakteristik in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz des Lokaloszillatorsignals geändert werden, um so entweder eine Hochpass-, eine Tiefpass- oder eine Bandpasscharakteristik mit gewünschter Durchlass- bzw. Sperr-Frequenz zu realisieren.

Dabei kann die Filtersteuerung ausgebildet sein, um die Filtercharakteristik des Filters derart zu ändern, dass der Spiegelfrequenzanteil an der jeweiligen Abtastfrequenz aus dem Antennensignal herausgefiltert wird. Wie bereits zuvor erwähnt, bestimmt nämlich die Frequenz des Lokaloszillatorsignals die Lage des Spiegelfrequenzanteils. Mit der vorgeschlagenen Ausführungsform kann der Filter derart abgestimmt werden, dass der jeweilige Spiegelfrequenzanteil unterschiedlicher Abtastfrequenzen herausgefiltert wird. Das Filter bzw. die Filtersteuerung arbeitet also adaptiv in Reaktion auf die jeweils gewählte Frequenz des Lokaloszillatorsignals, d.h. auf die jeweilige Position des Spiegelfrequenzanteils. In anderen Worten wird ein verstimmbares Spiegelfrequenzfilter bereitgestellt, welches Spiegelfrequenzanteile unterschiedlicher Frequenzen aus dem Antennensignal herausfiltern kann. Dieses Spiegelfrequenzfilter kann auf einfache Weise einer Verstellung der Lokaloszillatorfrequenz nachgezogen, bzw. an die aktuelle Lokaloszillatorfrequenz angepasst werden.

In einer weiteren Ausführungsform wird ein Frequenzspektrumerzeuger mit den Merkmalen von Anspruch 34 vorgeschlagen. Dieser Frequenzspektrumerzeuger weist unter anderem eine Steuerung zum sequentiellen Ansteuern des Lokaloszillators und des Signalpegeldetektors auf, um ein Frequenzspektrum des Antennensignals an einer Folge von Abtastfrequenzen abzutasten, wobei das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode T_A derart gewählt ist, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner

oder gleich $100\mu A$ ist, wobei I_{ON} den Stromverbrauch in einem aktiven Zustand während einer Abtastung bezeichnet. Demgemäß wird ein sehr stromsparender Frequenzspektrumerzeuger vorgeschlagen, der es ermöglicht, dass ein Betrieb z.B. mit Knopfzellen jahrelang möglich ist bzw. die Betriebsdauer mit schon verfügbaren Energiespeichern kaum verkürzt wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachstehend erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeugers,

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines Frequenzspektrumerzeugers,

- Fig. 3 eine Abbildung eines mit dem Frequenzspektrumerzeuger abzutastenden HF-Spektrums,
- Fig. 4 eine Abbildung eines quantisierten Frequenzspektrums mit diskreten Frequenzwerten,
- 5 Fig. 5 ein Frequenzdiagramm zur Darstellung von Spiegelfrequenzen,
- Fig. 6 ein schematisches Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeugers,
- Fig. 7A eine Tabelle zur Darstellung von Abtastwerten gemäß einer Reihenfolge,
- Fig. 7B eine Tabelle zur Darstellung von Abtastwerten gemäß einer zufälligen Folge,
- 10 Fig. 7C eine Tabelle zur Darstellung von Abtastwerten gemäß einer abwechselnden Folge zweier interessierender Abtastfrequenzen, und
- Fig. 8 eine Übersicht von statistischen Auswertungen einzelner diskretisierter Frequenzspektrogramme.

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeugers
15 100. Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist einen verstimbaren Lokaloszillator 101 auf. Der Lokaloszillator 101 ist ausgebildet, um ein Lokaloszillatorsignal 102 auszugeben. Das Lokaloszillatorsignal weist eine Frequenz f_{LO} auf.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist ferner einen Abwärtsmischer 103 auf. Der Abwärtsmischer 103 ist ausgebildet, um ein empfangenes Antennensignal 104 mit dem Lokaloszillatorsignal 102 abwärts zu mischen. Dementsprechend wird ein abwärtsgemischtes Signal 105
20 erhalten.

Das Antennensignal 104 weist eine Empfangsfrequenz f_{RF} auf. Das abwärtsgemischte Signal 105 weist eine Zwischenfrequenz f_{IF} auf.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist ferner ein Filter 106 auf. Das Filter 106 ist ausgebildet, um einen Spiegelfrequenzanteil des Antennensignals 104 in dem abwärtsgemischten
25 Signal 105 herauszufiltern. In anderen Worten filtert das Filter 106 den Spiegelfrequenzanteil aus dem Antennensignal 104 heraus, sodass dieser Spiegelfrequenzanteil nicht in den Mischer 103 hineingeführt wird. Das abwärtsgemischte Signal 105 enthält somit keinen Spiegelfrequenzanteil. In anderen Worten ist eben der Spiegelfrequenzanteil des Antennensignals
30 104 in dem abwärtsgemischten Signal 105 herausgefiltert worden.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist ferner einen Signalpegeldetektor 107 auf. Der Signalpegeldetektor 107 ist ausgebildet, um einen Signalpegel des abwärtsgemischten Signals 105 an einer Zwischenfrequenz f_{IF} zu erfassen.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist ferner eine Steuerung 108 auf. Die Steuerung 108 ist ausgebildet, um den Lokaloszillator 101 und den Signalpegeldetektor 107 sequentiell beziehungsweise getaktet anzusteuern, um ein Frequenzspektrum des Antennensignals 104 an einer Folge von Abtastfrequenzen abzutasten. In anderen Worten steuert die Steuerung 108 den Lokaloszillator 101 und den Signalpegeldetektor 107 derart an, dass der Betriebszustand des Lokaloszillators 101 und des Signalpegeldetektors 107 sequentiell beziehungsweise getaktet zwischen einem aktiven und einem inaktiven Zustand hin- und hergeschaltet wird. Dadurch wird ein anliegendes Antennensignal 104 abgetastet. Indem das Antennensignal 104 an einer Folge von Abtastfrequenzen abgetastet wird, kann ein Frequenzspektrum abgetastet und erzeugt werden, welches ebendiese Abtastfrequenzen beinhaltet.

Die Steuerung 108 ist ausgebildet, um beim sequentiellen Ansteuern die Frequenz f_{LO} des Lokaloszillatorsignals 102 so zu ändern, dass eine Differenz zwischen der Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} und der Abtastfrequenz f_{RF} der Zwischenfrequenz f_{IF} entspricht und die jeweilige Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} zwischen der jeweiligen Abtastfrequenz f_{RF} und dem jeweiligen Spiegelfrequenzanteil f_{SP} liegt.

Figur 5 zeigt zur Veranschaulichung ein Frequenzdiagramm. Die Empfangs- bzw. Abtastfrequenz f_{RF} des Antennensignals 104 ist im rechten Teil des Diagramms zu erkennen. Durch Mischen des Antennensignals 104 mit einem Lokaloszillatorsignal 102 der Frequenz f_{LO} entsteht einerseits ein abwärtsgemischtes Signal 105 mit einer Zwischenfrequenz f_{IF} , das im linken Teil des Diagramms zu erkennen ist. Das abwärtsgemischte Signal 105 mit der Zwischenfrequenz f_{IF} ist erwünscht. Andererseits tritt aber auch ein von der Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} um den Abstand der Frequenz f_{IF} beabstandeter Spiegelfrequenzanteil f_{SP} auf. Der Spiegelfrequenzanteil f_{SP} ist hingegen unerwünscht und wird daher erfindungsgemäß unterdrückt.

Die unten abgebildete Tabelle 1 zeigt ein Beispiel für eine durchgeführte Spiegelfrequenzunterdrückung bei Empfangsfrequenzverstimmung.

RF-Empfangs-Frequenz f_{RF} [MHz]	Spiegelfrequenz $f_{spiegel}$ [MHz]	Lokaloszillator f_{LO} [MHz]	Mischvorgang	$f_{RF} : f_{spiegel}$
950	1200	1075	HIGH SIDE INJECTION	0,79
900	1150	1025	HIGH SIDE INJECTION	0,78
850	1100	975	HIGH SIDE INJECTION	0,77
800	1050	925	HIGH SIDE INJECTION	0,76
750	1000	875	HIGH SIDE INJECTION	0,75
700	450	575	LOW SIDE INJECTION	1,56
650	400	525	LOW SIDE INJECTION	1,63
600	350	475	LOW SIDE INJECTION	1,71

500	250	375	LOW SIDE INJECTION	2,00
-----	-----	-----	--------------------	------

Tabelle 1

In der ersten Spalte sind die einzelnen Empfangs- bzw. Abtastfrequenzen eingetragen. Das interessierende Frequenzspektrum reicht hier von 950 MHz bis 500 MHz.

In der zweiten Spalte sind die zu jeder Abtastfrequenz f_{RF} zugehörigen Spiegelfrequenzanteile f_{SP} eingetragen, die sich beim Mischen des Antennensignals 104 mit dem Lokaloszillatorsignal 102, wie zuvor erwähnt, ergeben.

Die Frequenzen f_{LO} des Lokaloszillatorsignals 102 sind in der dritten Spalte eingetragen.

In der vierten Spalte ist die jeweilige Art des Mischvorgangs eingetragen. Es wird hier unterschieden zwischen der sogenannten „High-Side-Injection“ und der sogenannten „Low-Side-Injection“. Bei der „High-Side-Injection“ befindet sich die Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} oberhalb der Abtastfrequenz f_{RF} . Bei der „Low-Side-Injection“ befindet sich die Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} unterhalb der Abtastfrequenz f_{RF} . Bei beiden Mischvorgängen wird das Antennensignal 104 abwärtsgemischt.

In der fünften Spalte ist das jeweilige Verhältnis von Abtastfrequenz f_{RF} zu Spiegelfrequenz f_{SP} eingetragen.

Wie eingangs erwähnt, zeigt die erste Spalte also das interessierende Frequenzspektrum, das durch Abtasten ermittelt werden soll. Die jeweiligen Abtastfrequenzen liegen in einem Bereich zwischen 500 MHz und 950 MHz. Bei diesem Bereich handelt es sich somit um das abgetastete Frequenzspektrum.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist die Steuerung 108 ausgebildet, um an einer jeweiligen Abtastfrequenz f_{RF} die Frequenz f_{LO} des jeweiligen Lokaloszillatorsignals 102 derart zu ändern, dass der jeweilige Spiegelfrequenzanteil f_{SP} unterhalb beziehungsweise oberhalb des abgetasteten Frequenzspektrums liegt.

Beispielsweise liegen die Werte der jeweiligen Spiegelfrequenzanteile f_{SP} der ersten fünf Zeilen („High-Side-Injection“) allesamt oberhalb des abgetasteten Frequenzspektrums, d.h. über der höchsten Abtastfrequenz f_{RF} mit 950 MHz.

Die Werte der jeweiligen Spiegelfrequenzanteile f_{SP} der unteren vier Zeilen („Low-Side-Injection“) hingegen liegen allesamt unterhalb des abgetasteten Frequenzspektrums, d.h. unter der niedrigsten Abtastfrequenz f_{RF} mit 500 MHz.

Wie zu erkennen ist, bestimmt die Wahl der Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} die Lage des Spiegelfrequenzanteils f_{SP} . Durch geschickte Wahl der Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} kann die Lage des jeweiligen Spiegelfrequenzanteils f_{SP} so gelegt werden, dass dieser außerhalb des interessierenden Frequenzspektrums liegt und somit bei der Erfassung des gesamten Frequenzspektrums nicht weiter stört.

Außerdem kann die Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} für eine jeweils gegebene Abtastfrequenz f_{RF} so gewählt werden, dass der Spiegelfrequenzanteil f_{SP} in einem wenig oder kaum belegten Frequenzband liegt (z.B. in Deutschland zwischen 1000 MHz und 1400 MHz), damit die Signalanteile aus dem Empfang der Spiegelfrequenz f_{SP} im Empfänger (auf der Zwischenfrequenzseite bei f_{IF}) nicht oder nicht relevant auftreten.

In einer Ausführungsform, wie beispielsweise in Figur 2 gezeigt, weist das Filter 106 eine Filtersteuerung 209 auf. Die Filtersteuerung 209 ist ausgebildet, um die Filtercharakteristik des Filters 106 in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz f_{LO} des Lokaloszillatorsignals 102 und/oder der gewählten Abtastfrequenz f_{RF} zu ändern. Als Beispiel hierfür kann erneut Tabelle 1 herangezogen werden.

In der ersten Zeile von Tabelle 1 ist zu erkennen, dass ein Antennensignal 104 bei einer Empfangs- bzw. Abtastfrequenz f_{RF} von 950 MHz abgetastet und mit einem Lokaloszillatorsignal 102 mit der Frequenz f_{LO} von 1075 MHz abwärtsgemischt wird. Hierbei tritt ein Spiegelfrequenzanteil f_{SP} bei 1200 MHz auf. Wird zu einem späteren Zeitpunkt mit einer anderen Abtastfrequenz f_{RF} , z.B. mit 700 MHz (Zeile 6 von Tabelle 1) abgetastet, wird mit einem Lokaloszillatorsignal 102 einer Frequenz f_{LO} von 575 MHz abwärtsgemischt, wobei ein Spiegelfrequenzanteil f_{SP} bei 450 MHz auftritt.

Je nach Abtastfrequenz f_{RF} beziehungsweise Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} kann die Filtersteuerung 209 das Filter 106 ansteuern, um dessen Filtercharakteristik zu ändern. Dabei wird die Filtercharakteristik des Filters 106 vorzugsweise derart geändert, dass der Spiegelfrequenzanteil f_{SP} an der jeweiligen Abtastfrequenz f_{RF} aus dem Antennensignal 104 herausgefiltert wird. Zu diesem Zweck ist das Filter 106 entweder ein breitbandiges Filter oder ein verstimmbares Filter, insbesondere ein verstimmbares Bandpassfilter.

Mit dem Filter 106 kann also bei jeder beliebigen Abtastfrequenz f_{RF} ein bei der jeweiligen Abtastfrequenz f_{RF} auftretender ungewünschter Spiegelfrequenzanteil f_{SP} aus dem Antennensignal 104 herausgefiltert werden.

Die Anforderungen, die dabei an das Filter gestellt werden, sind abhängig von dem Abstand der Abtastfrequenz f_{RF} zu dem jeweiligen Spiegelfrequenzanteil f_{SP} , bzw. von dem Verhältnis

$\frac{f_{RF}}{f_{SP}}$, welches in der letzten Spalte von Tabelle 1 eingetragen ist. In einer Ausführungsform ist

die Steuerung 108 daher ausgebildet, um die Frequenz f_{LO} des Lokaloszillatorsignals 102 derart einzustellen, dass sich an einer Abtastfrequenz f_{RF} ein Verhältnis von Abtastfrequenz zu dem jeweiligen Spiegelfrequenzanteil $\frac{f_{RF}}{f_{Sp}}$ ergibt, welches Verhältnis in einem Bereich zwi-

5 schen 0,5 und 0,8 oder in einem Bereich zwischen 1,5 und 2,0 liegt.

Damit entspannt sich die Filteranforderung an das stellbare Bandpassfilter bezüglich Signalunterdrückung bei f_{SP} . Im Fall $f_{RF} = 500$ MHz (siehe letzte Zeile in Tabelle 1) ist das Frequenzverhältnis $\frac{f_{RF}}{f_{Sp}}$ sogar 2:1, was die Anforderung für ein stellbares Bandpassfilter entspannt.

Würde man in diesem Beispiel die Lokaloszillatorfrequenz mit 625 MHz wählen („High-Side-
10 Injection“), so läge die Spiegelfrequenz bei 750 MHz, was zu einem Frequenzverhältnis $\frac{f_{RF}}{f_{Sp}}$ von 1,5 : 1 führt und für gleiche Spiegelfrequenzunterdrückung ein steilflankigeres Bandpassfilter erfordern würde.

Die Spiegelfrequenzunterdrückung setzt sich aus mehreren Dämpfungen in der Empfänger-
kette zusammen:

- 15 a) aus dem LNA-Frequenzgang,
- b) aus dem verstimmbaren Bandpassfilter (vorzugsweise als LC-Filter), und
- c) aus dem Frequenzgang des Anpassnetzwerks und der Empfangsantenne.

Wie zuvor bereits erwähnt, ist die Steuerung 108 in einer Ausführungsform ausgebildet, um den Lokaloszillator 101 in zwei Betriebsmodi zu betreiben, wobei der Lokaloszillator 101
20 in einem ersten Betriebsmodus („High-Side-Injection“) derart angesteuert wird, dass die Frequenz f_{LO} des Lokaloszillatorsignals 102 oberhalb der jeweiligen Abtastfrequenz f_{RF} liegt, und wobei der Lokaloszillator 101 in einem zweiten Betriebsmodus („Low-Side-Injection“) derart angesteuert wird, dass die Frequenz f_{LO} des Lokaloszillatorsignals 102 unterhalb der jeweiligen Abtastfrequenz f_{RF} liegt.

- 25 In einer Ausführungsform ist die Steuerung 108 ferner ausgebildet, um während des Vorgangs des Abtastens des Frequenzspektrums eines Antennensignals 104 zwischen den beiden Betriebsmodi, d.h. zwischen „High-Side-Injection“ und „Low-Side-Injection“ umzuschalten. Dies ist in Tabelle 1 durch den dicken horizontalen Balken zwischen der fünften und sechsten Zeile angedeutet.

Insbesondere schaltet die Steuerung 108 genau dann zwischen den beiden Betriebsmodi um, wenn das Abwärtsmischen des Antennensignals 104 mit dem Lokaloszillatorsignal 102 zu einem Spiegelfrequenzanteil f_{SP} führen würde, der innerhalb des abzutastenden Frequenzspektrums liegt. Beispielsweise würde in Zeile 6 von Tabelle 1 eine „High-Side-Injection“ mit einer Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} von 825 MHz zu einem Spiegelfrequenzanteil f_{SP} von 950 MHz führen. Diese Spiegelfrequenzanteil f_{SP} entspräche somit der obersten Abtastfrequenz (Tabelle 1, Zeile 1). In anderen Worten läge dieser Spiegelfrequenzanteil f_{SP} innerhalb des abzutastenden Frequenzspektrums, weshalb die Steuerung 108 an dieser Stelle auf „Low-Side-Injection“ umschaltet.

In einer Ausführungsform ist die Steuerung 108 ausgebildet, um die Abtastfrequenzen f_{RF} in absteigender Reihenfolge zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals 104 in absteigender Reihenfolge von hohen zu niedrigen Abtastfrequenzen f_{RF} abzutasten. Dies ist in der ersten Spalte von Tabelle 1 zu erkennen, wobei das Frequenzspektrum des Antennensignals 104 in absteigender Reihenfolge, beginnend bei einer Abtastfrequenz f_{RF} von 950 MHz bis hinunter zu 500 MHz abgetastet wurde.

Ein Abtasten in umgekehrter, d.h. in aufsteigender Reihenfolge wäre ebenso denkbar. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Steuerung 108 daher ausgebildet, um die Abtastfrequenzen f_{RF} in aufsteigender Reihenfolge zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals 104 in aufsteigender Reihenfolge von niedrigen zu hohen Abtastfrequenzen f_{RF} abzutasten.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Steuerung 108 ausgebildet, um die Abtastfrequenzen f_{RF} zufällig zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals 104 in einer zufälligen Reihenfolge abzutasten.

Wie ebenfalls in Tabelle 1 gezeigt, können die Abstände zwischen den Abtastfrequenzen f_{RF} äquidistant über das abzutastende Frequenzspektrum des Antennensignals 104 verteilt sein. In dem in Tabelle 1 gezeigten Beispiel betragen die Abstände der Abtastfrequenzen f_{RF} je 50 MHz. Diese Abstände bezeichnen außerdem die Schrittweite des Lokaloszillators 101.

In einem Ausführungsbeispiel kann der Lokaloszillator 101 in Schritten mit einer bestimmten Schrittweite verstimmbar sein, wobei die Schrittweite etwa 50 MHz, bevorzugt etwa 25 MHz, mehr bevorzugt etwa 10 MHz und besonders bevorzugt etwa 1 MHz beträgt.

Bei variabler Schrittweite des Lokaloszillators ist es denkbar, dass der Abstand zwischen einer ersten und einer zweiten Abtastfrequenz unterschiedlich zu einem Abstand zwischen der zweiten und einer dritten Abtastfrequenz ist. Die Abstände der Abtastfrequenzen unterscheiden sich dann voneinander, nämlich um die jeweilige Schrittweite des Lokaloszillators.

Die Figuren 7A bis 7C zeigen schematische Beispiele um ein Frequenzspektrum an einer Folge von Abtastfrequenzen abzutasten. Dabei ist auf der Abszisse die Zeit aufgetragen. Auf der Ordinate sind Frequenzwerte, genauer gesagt die Abtastfrequenzen, aufgetragen. Die Abtastfrequenz-Werte weisen hier keine konkreten Zahlenwerte auf, sondern sind lediglich mit Indizes von f_1 bis f_n bezeichnet. Selbiges gilt für die Zeitpunkte t_1 bis t_n .

In dem in Figur 7A gezeigten Beispiel wird ein Frequenzspektrum zu diskreten Zeitpunkten t_1 bis t_n an jeweils diskreten Abtastwerten (Abtastfrequenzen f_1 bis f_n) abgetastet. An aufeinanderfolgenden Zeitpunkten t_1 bis t_6 wird das Frequenzspektrum der Reihe nach an den Abtastfrequenzen f_1 bis f_n abgetastet. Ab dem Zeitpunkt t_7 wiederholt sich der Abtastvorgang in derselben Reihenfolge. Das zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_6 durchlaufene Intervall wird als Abtastintervall oder auch als ein Frequenz-Sweep bezeichnet. Die Zeitdauer zum Durchlaufen eines oder mehrerer Abtastintervalle, sowie das Speichern der dabei ermittelten Werte innerhalb dieses Zeitraums, wird auch als Gedächtnislänge bezeichnet. Der mittlere Wert zwischen zwei Abtastzeitpunkten t_1 und t_2 bezeichnet die Abtastperiode T_A .

In dem in Figur 7B gezeigten Beispiel wird das Frequenzspektrum in einer zufälligen Folge von Abtastfrequenzen abgetastet. Beispielsweise kann das Frequenzspektrum in einem zwischen t_1 und t_6 befindlichen Abtastintervall in unterschiedlicher bzw. zufälliger Reihenfolge an den Abtastfrequenzen f_1 bis f_n derart abgetastet werden, dass an allen Abtastfrequenzen je einmal pro Abtastintervall abgetastet wird.

Figur 7C zeigt ein weiteres Beispiel bei dem ein Frequenzspektrum an zwei interessierenden Empfangsfrequenzen, nämlich an f_2 und f_5 , abgetastet wird. Das Frequenzspektrum wird hier zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten immer abwechselnd an den Abtastfrequenzen f_2 und f_5 abgetastet. Es ist aber auch denkbar, dass an aufeinanderfolgenden Zeitpunkten zufällig eine der beiden Abtastfrequenzen f_2 beziehungsweise f_5 gewählt wird. Es können somit Frequenzbereiche von besonderem Interesse gescannt werden, wie beispielsweise 433 MHz und 866 MHz.

Der Signalpegeldetektor 107 ist ausgebildet, um einen Signalpegel an jeder diskreten Abtastfrequenz zu detektieren und den Wert des jeweiligen Signalpegels zu bestimmen sowie die einzelnen Signalpegel in Relation zueinander zu setzen. Diese von dem Signalpegeldetektor 107 ausgegebenen Werte können in einem Speicher gespeichert werden. Alternativ oder zusätzlich können diese von dem Signalpegeldetektor 107 ausgegebenen Werte von einer Berechnungseinheit 211, wie weiter unten erläutert, statistisch ausgewertet werden.

Der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 bietet bei Bedarf eine hohe Aktualisierungsrate z.B. alle 10 ms (bis zu 100 Mal/Sekunde). Die Aktualisierungsrate kann variabel

gewählt werden. In einer Ausführungsform tastet der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 das Frequenzspektrum sehr schnell (< 50 ms) ab und erzeugt diskrete Abtastwerte für den Frequenzbereich 10 MHz bis 100 GHz, die als diskretisierte Spektrogramme in einem statischen RAM abgespeichert werden.

- 5 Figur 3 zeigt eine Abbildung eines mit einem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 abgetasteten Frequenzspektrums 300. Dieses tatsächlich vorhandene HF-Spektrum (Figur 3) wird mit dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 kontinuierlich erfasst und mit einem bestimmten Frequenzraster und einer bestimmten Amplitudenauflösung quantisiert und durch eine endliche Anzahl von Punkten in einem diskretisierten Spektrogramm 400
- 10 dargestellt (Figur 4). Unter einer kontinuierlichen Erfassung ist zu verstehen, dass der Frequenzspektrumerzeuger 100 zwar intermittierend, d.h. abtastend arbeitet, jedoch kontinuierlich, d.h. in sich wiederholenden Folgen, die Frequenzspektren abtastet. In anderen Worten arbeitet der abtastende Frequenzspektrumerzeuger 100 durchgehend.

Die diskretisierten Spektrogramme benötigen lediglich eine geringe Datenmenge von z.B. weniger als 1.000 Bit. Aufgrund der niedrigen Datenmenge (z.B. < 1.000 Bits) können die Spektrogramme durch einfache Algorithmen stromsparend ausgewertet und in einem RAM abgelegt werden, ohne dass komplexe Rechenwerke wie in digitalen Signalprozessoren erforderlich sind. Somit wird ein sehr stromsparender Betrieb des erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeugers realisiert.

- 20 Durch die Abtastung an den Abtastfrequenzen f_1 bis f_n zu diskreten Zeitpunkten t_1 bis t_n kann also ein zeitlich spektraler Abschnitt eines Frequenzspektrums bestimmt werden. Eine in Figur 2 gezeigte Berechnungseinheit 211a bis 211d ist ausgebildet, um diesen zeitlich spektralen Abschnitt des Frequenzspektrums einer statistischen Auswertung zu unterziehen, um somit statistische Größen zu erhalten, die diesen zeitlich spektralen Abschnitt definieren.

- 25 Die Berechnungseinheit 211a ist beispielsweise ausgebildet, um einen, in einem Zeitraum von etwa Sechzig Sekunden abgetasteten, zeitlich spektralen Abschnitt einer statistischen Auswertung zu unterziehen. Beispielsweise können diese statistischen Größen eine innerhalb des Abtastzeitraums zu erkennende zentrale Tendenz, wie z.B. die Tendenz zum schwächer werdenden Signalpegelempfang an einer bestimmten Abtastfrequenz, sein. Es kann sich hierbei
- 30 jedoch auch um eine Dispersion oder um ermittelte Extremwerte handeln. Es können beispielsweise ein Maximalempfangspegel, ein Minimalempfangspegel, ein Durchschnittsempfangspegel oder auch eine relative Belegungsdauer bestimmbar sein.

Zumindest ein Teil dieser statistischen Größen kann beispielsweise Abtastfrequenz-individuell aus einer zeitlichen Folge von Abtastwerten an einer jeweiligen Abtastfrequenz bestimmt werden. So kann beispielsweise ein Maximal- und/oder ein Minimalempfangspegel an der Abtastfrequenz f_3 bestimmt werden, indem über einen bestimmten Abtastzeitraum hinweg die zu den
5 jeweiligen Abtastzeitpunkten anliegenden Signalpegel von der Berechnungseinheit 211 statistisch ausgewertet werden.

Es können beispielsweise auch schwellwertüberschreitende Abtastwerte bestimmt werden. So kann innerhalb des Abtastintervalls detektiert werden, an welchen Abtastfrequenzen ein bestimmter Schwellwert-Signalpegel wie oft überschritten wurde. Anhand dessen kann beispielsweise
10 auf eine Belegungsdauer der jeweiligen Abtastfrequenz geschlossen werden.

Die in Figur 2 abgebildeten Berechnungseinheiten 211a bis 211d weisen unterschiedliche Gedächtnislängen für die ermittelten statistischen Größen auf, d.h. die Berechnungseinheiten 211a bis 211d haben unterschiedlich lange Abtastintervalle und speichern für unterschiedlich lange Zeitspannen die ermittelten Werte.

Alternativ oder zusätzlich kann die Gedächtnislänge der Bestimmung der ermittelten statistischen Größen in Abhängigkeit von der Anzahl an Abtastwerten bestimmt werden. In einer Ausführungsform ist die Gedächtnislänge der Bestimmung der statistischen Größen so gewählt, dass eine mittlere Anzahl an Abtastwerten bezogen auf jede Abtastfrequenz größer oder gleich Zehn ist. In anderen Worten werden die statistischen Größen solange von einer Berechnungseinheit 211 ausgewertet bis an allen Abtastfrequenzen im Mittel mindestens Zehn Werte
20 erhoben wurden.

In einem Ausführungsbeispiel ist die Berechnungseinheit 211 dazu ausgebildet, um die statistischen Größen derart zu bestimmen, dass aus diesen ein Maximalempfangspegel und/oder ein Minimalempfangspegel und/oder ein Durchschnittsempfangspegel und/oder eine relative
25 Belegungsdauer bestimmbar ist.

Ein Beispiel hierfür ist in Figur 8 gezeigt. Dabei bezeichnet k die Anzahl speicherbarer Frequenzspektren und entspricht somit gleichzeitig der Gedächtnislänge.

Auf der linken Seite in Figur 8 sind erzeugte diskretisierte Frequenzspektren 901 bis 905 gezeigt. Das erste Frequenzspektrum 901 wurde von dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 während eines ersten Frequenz-Sweeps erzeugt. Das zweite Frequenzspektrum 902 wurde von dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 während eines zweiten Frequenz-Sweeps erzeugt. Das dritte Frequenzspektrum 903 wurde von dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 während eines dritten Fre-
30

quenz-Sweeps erzeugt. Das vierte Frequenzspektrum 904 wurde von dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 während eines vierten Frequenz-Sweeps erzeugt. Das fünfte Frequenzspektrum 905 entspricht einem k-ten Frequenzspektrum und wurde von dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 während eines k-ten Frequenz-Sweeps erzeugt.

Die Berechnungseinheit 211 weist einen Maximalwertdetektor 906, einen Minimalwertdetektor 907, einen Durchschnittswertdetektor 908 sowie einen Detektor 909 zur Bestimmung der relativen Belegungsdauer auf.

Der Maximalwertdetektor 906 ist ausgebildet, um aus zumindest einer Teilmenge der in den k diskretisierten Frequenzspektren vorkommenden Abtastfrequenzen einen jeweiligen Maximalwert eines Empfangspegels an einer jeweiligen Abtastfrequenz zu detektieren. Diese Maximalwerte können gespeichert und weiterverarbeitet werden und beispielsweise in einem Maximalwert-Spektrogramm 910 angezeigt werden. In anderen Worten wird ein Maximalwert-Spektrogramm aus allen Sweeps n+1 bis n+k erstellt.

Der Minimalwertdetektor 907 ist ausgebildet, um aus zumindest einer Teilmenge der in den k diskretisierten Frequenzspektren vorkommenden Abtastfrequenzen einen jeweiligen Minimalwert eines Empfangspegels an einer jeweiligen Abtastfrequenz zu detektieren. Diese Minimalwerte können gespeichert und weiterverarbeitet werden und beispielsweise in einem Minimalwert-Spektrogramm 911 angezeigt werden. In anderen Worten wird ein Minimalwert-Spektrogramm aus allen Sweeps n+1 bis n+k erstellt.

Der Durchschnittswertdetektor 908 ist ausgebildet, um aus zumindest einer Teilmenge der in den k diskretisierten Frequenzspektren vorkommenden Abtastfrequenzen einen jeweiligen Durchschnittswert eines Empfangspegels an einer jeweiligen Abtastfrequenz zu bestimmen. Diese Durchschnittswerte können gespeichert und weiterverarbeitet werden und beispielsweise in einem Durchschnittswert-Spektrogramm 912 angezeigt werden. In anderen Worten wird ein Durchschnittswert-Spektrogramm aus allen Sweeps n+1 bis n+k erstellt.

Der Detektor 909 zur Bestimmung der relativen Belegungsdauer ist ausgebildet, um aus zumindest einer Teilmenge der in den k diskretisierten Frequenzspektren vorkommenden Abtastfrequenzen eine durchschnittliche Belegungsdauer der jeweiligen Abtastfrequenz zu bestimmen. Dies kann unter anderem, wie zuvor beschrieben, mittels der Ermittlung einer Anzahl von schwellwertüberschreitenden Abtastwerten geschehen. In diesem Beispiel liegt der Schwellwert, wie oberhalb des Spektrogramms 913 angegeben, bei 3. Diese eine relative Belegungsdauer repräsentierenden Werte können gespeichert und weiterverarbeitet werden und

beispielsweise in einem eine relative Belegungsdauer darstellenden Spektrogramm 913 angezeigt werden.

Die diskretisierten Spektrogramme beziehungsweise die Auswertung der diskretisierten Spektrogramme erlaubt u.a. eine Klassifikation der Funk-Umgebung. Durch Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Spektrogramme kann z.B. Fading oder Abschattung geschickt ausgenutzt werden, um auf bestimmte Umgebungs- und Bewegungsszenarien (wie z.B. Betreten eines Hochhauses, Fahren mit dem Fahrstuhl) zu schließen und dabei Geschwindigkeiten von beweglichen Sendern oder vom Träger eines Senders zum mobilen Gerät zu ermitteln. Derartige Szenarien sind in der deutschen Patentanmeldung DE der Anmelderin beschrieben.

Um dem Anwender eine Datenauswertung mit stromzehrenden Mikrocontroller oder Mikroprozessor zu ersparen, wird in der vorliegenden Erfindung ein stromsparender Frequenzspektrumerzeuger 100 zur statistischen Verwertung von Langzeit-Spektraldaten vorgeschlagen. Nachdem der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 aufgrund des niedrigen Stromverbrauchs durchgehend arbeiten kann und Spektraldaten liefert, ermittelt der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 aus den laufend eingehenden Spektraldaten kanalbezogene Größen wie z.B. Maximalempfangspegel, Minimalempfangspegel, Durchschnittsempfangspegel, relative Belegungsdauer.

Gemäß einer Ausführungsform weist der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 hierfür eine Berechnungseinheit 211 (Figur 2) auf, wobei die Berechnungseinheit 211 ausgebildet ist, um aus zumindest einem Teil der Abtastfrequenzen f_{RF} innerhalb des abgetasteten Frequenzspektrums eines Antennensignals 104 einen Maximalempfangspegel und/oder einen Minimalempfangspegel und/oder einen Durchschnittsempfangspegel und/oder eine relative Belegungsdauer zu bestimmen.

Die Ermittlung der Minimal- und Maximalpegel aus den in einem statischen RAM abgelegten Satz von N gemessenen Spektrogrammen kann mit einfachen digitalen Vergleichen durchgeführt werden. Die Leistungsaufnahme für eine entsprechende Implementierung als digitale Schaltung kann sehr niedrig ausfallen, ohne ins Gewicht beim Gesamtstromverbrauch zu fallen. Für die Ermittlung der Durchschnittsempfangspegel genügt ein einfaches Addierwerk, ebenfalls stromsparend als Digitalschaltung implementierbar. Die Ermittlung der relativen Belegungsdauer geschieht vorzugsweise als Zählvorgang für jede Empfangsfrequenz f_{RF} , wenn der Empfangspegel einen definierten Schwellwert überschreitet.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 ist unter anderem deshalb stromsparend und effizient betreibbar, da keine Stabilisierung mit einer Phasenregelschleife, d.h. keine PLL-Stabilisierung

für den Lokaloszillator 101 vorgesehen ist. Der Frequenzspektrumerzeuger 100 ist somit also phasenrückkopplungsschleifenungeregelt betreibbar. Es erfolgt stattdessen eine grobe Stabilisierung im Sinne einer Einmal-Kalibrierung mit einem bestimmten Frequenzraster, beispielsweise zwischen 2 MHz und 10 MHz. Es erfolgt also keine Feinabstimmung wie bei einer Phasenregelschleife PLL (Phase-Locked-Loop).

Daher weisen die in Tabelle 1 eingetragenen jeweiligen Zwischenfrequenzen f_{IF} nur im Idealfall die eingetragenen fest definierten Abstände untereinander auf. In dem in Tabelle 1 aufgeführten Beispiel haben die jeweiligen Empfangsfrequenzen f_{RF} untereinander einen gleichmäßigen Abstand von 50 MHz.

Die jeweiligen Zwischenfrequenzen f_{IF} schwanken in einem gewissen Intervall um einen Zwischenfrequenz-Sollwert von beispielsweise 125 MHz, wie in Tabelle 1 gezeigt. Dieses Intervall beträgt beispielsweise bis zu $\pm 10\%$ des Zwischenfrequenz-Sollwerts von, in diesem Beispiel, 125 MHz.

Durch den Verzicht auf eine PLL-Stabilisierung ist der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 stromsparend und effizient betreibbar. Statt einer mit Phasenregelschleifen realisierten Feinabstimmung wird die oben erläuterte grobe Stabilisierung mittels eines Frequenzrasters verwendet. Da hierbei einfache und vorzugsweise passive Schaltungskomponenten eingesetzt werden können, arbeitet der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 sehr stromsparend.

Mit Bezug auf Figur 6 wird eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeugers 100 mit den Merkmalen von Anspruch 34 gezeigt.

Dieser Frequenzspektrumerzeuger 100 weist unter anderem einen verstimmbaren Lokaloszillator 101 zum Ausgeben eines Lokaloszillatorsignals 102 auf. Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist ferner einen Abwärtsmischer 103 zum Abwärtsmischen eines empfangenen Antennensignals 104 mit dem Lokaloszillatorsignal 102 zum Erhalten eines abwärtsgemischten Signals 105 auf.

Des Weiteren weist der Frequenzspektrumerzeuger 100 einen Signalpegeldetektor 107 zum Erfassen eines Signalpegels des abwärtsgemischten Signals 105 an einer Zwischenfrequenz f_{IF} , sowie eine Steuerung 108 zum sequentiellen Ansteuern des Lokaloszillators 101 und des Signalpegeldetektors 107 auf, um ein Frequenzspektrum des Antennensignals 104 an einer Folge von Abtastfrequenzen f_{RF} abzutasten.

Wie eingangs erwähnt, arbeitet der Frequenzspektrumerzeuger 100 sehr stromsparend. Dabei ist das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode T_A derart

gewählt, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner oder gleich $100\mu A$, wobei I_{ON} den Stromverbrauch in einem aktiven Zustand während einer Abtastung bezeichnet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode T_A derart gewählt, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch

5 $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner oder gleich $50\mu A$, bevorzugt kleiner oder gleich $25\mu A$, und besonders bevorzugt kleiner oder gleich $10\mu A$ ist.

Dieser in Figur 6 abgebildete Frequenzspektrumerzeuger 100 kann ebenfalls oben beschriebene Mittel zur Spiegelfrequenzunterdrückung aufweisen. Andererseits kann der zuvor mit Bezug auf Figur 1 beschriebene Frequenzspektrumerzeuger ebenfalls einen mittleren Gesamtstromverbrauch I_{AVG} mit den soeben genannten Werten aufweisen.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeugers 100. In diesem Beispiel ist der stromsparende Frequenzspektrumerzeuger 100 als Abtastfunktionsempfänger mit Lokaloszillator-Durchstimmung realisiert. Genauer gesagt wird in diesem Beispiel ein Einfachsuperheterodynempfänger mit stellbarem RF-Bandpassfilter als Architektur vorgeschlagen, mit dem die Spiegelfrequenzunterdrückung für den Frequenzdurchstimmungsvorgang realisiert werden kann.

Das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang und Abtastperiode T_A wird für stromsparenden Betrieb so gewählt, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch

$I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ deutlich unter $100\mu A$ liegt. Dabei bezeichnet I_{ON} den Stromverbrauch im ak-

20 tiven Zustand während einer Abtastung.

Beispiel: $T_{ON} = 100\text{ ns}$ und $T_A = 100\text{ }\mu s$ mit $I_{ON} = 10\text{ mA}$ ergibt sich $I_{AVG} = 10\text{ }\mu A$.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist eine Antenne 210 zum Empfangen eines Antennensignals 104 auf. Nach der Antenne 210 ist ein stellbares Bandpassfilter 106 mit einer Filtersteuerung 209 zum Ändern der Filtercharakteristik angeordnet. Nach dem stellbaren Filter 106 ist ein Verstärker 212 in Form eines LNAs (Low Noise Amplifiers) angeordnet.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist ferner einen Lokaloszillator 101 mit einer Lokaloszillatorfrequenzsteuerung 213 auf. Des Weiteren ist ein Mischer 103 vorgesehen, der zwischen dem LNA 212 und dem Lokaloszillator 101 angeordnet ist.

Nach dem Mischer 103 befinden sich ein Tiefpassfilter 214, ein weiterer Verstärker 215, ein Bandpassfilter 216, ein Demodulator 217, sowie ein weiteres Tiefpassfilter 218. Diese Elemente 214, 215, 216, 217 dienen zum Detektieren eines Signalpegels und bilden somit zusammen einen Signalpegeldetektor 107.

- 5 Ferner weist der Frequenzspektrumerzeuger 100 einen nach dem Tiefpassfilter 218 angeordneten Analog/Digital Wandler 219 und mehrere Berechnungseinheiten 211a bis 211d auf. Die Berechnungseinheiten 211a bis 211d können optional vor oder nach dem Analog-Digital Wandler 219 angeordnet sein und dementsprechend dazu ausgebildet sein, um analoge oder digitale Eingangssignale zu verarbeiten.
- 10 Wie bereits zuvor erwähnt, dienen die Berechnungseinheiten 211a bis 211d der statistischen Auswertung der Frequenzspektren. Dabei weisen die Berechnungseinheiten 211a bis 211d unterschiedliche Gedächtnislängen auf. In anderen Worten sind die Berechnungseinheiten 211a bis 211d ausgebildet, um über unterschiedlich lange Zeitspannen hinweg erzeugte Frequenzspektren zu speichern.
- 15 Beispielsweise weist die erste Berechnungseinheit 211a eine Gedächtnislänge von etwa 1 Minute auf. Die zweite Berechnungseinheit 211b weist eine Gedächtnislänge von 10 Minuten auf. Die dritte Berechnungseinheit 211c weist eine Gedächtnislänge von 1 Stunde auf. Die vierte Berechnungseinheit 211d weist eine Gedächtnislänge von 12 Stunden, oder vorzugsweise sogar von 24 Stunden, auf.
- 20 Somit kann mit dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 sowohl eine Kurzzeit- (bis etwa 1 Minute) als auch eine Langzeitauswertung (bis zu etwa 12 Stunden und mehr) der Frequenzspektren erfolgen.

Der Frequenzspektrumerzeuger 100 weist ferner eine Steuerung 108 auf. Die Steuerung 108 ist mit dem LNA 212, dem Lokaloszillator 101, dem Mischer 103, dem Verstärker 215, dem
25 Demodulator 217 und dem Analog-Digital Wandler 219 verbunden. Die Steuerung 108 kann eine mit einem Takt 220 versorgbare Pulssteuerung aufweisen, sodass die Steuerung 108 die angeschlossenen Bauteile sequentiell in dem Takt ansteuert. Die Lokaloszillatorfrequenzsteuerung 213 sowie die Filtersteuerung 209 können außerdem in die Steuerung 108 integriert sein.

- 30 Ein von der Antenne 210 empfangenes Antennensignal 104 wird zunächst durch das Filter 106 geleitet. In dem Filter 106, werden, wie oben beschrieben, die jeweiligen Spiegelfrequenzanteile f_{SP} herausgefiltert.

Das gefilterte Antennensignal 104 wird dann in dem LNA verstärkt und in den Mischer 103 geleitet. In dem Mischer 103 wird das verstärkte Antennensignal 104 der Frequenz f_{RF} mit dem Lokaloszillatorsignal 102 der Frequenz f_{LO} abwärts gemischt. Am Ausgang des Mixers 103 erhält man ein abwärts gemischtes Zwischenfrequenzsignal 105 der Zwischenfrequenz f_{IF} .

- 5 In dem Tiefpassfilter 214 wird der untere Frequenzanteil der Zwischenfrequenz f_{IF} durchgelassen. Dieses Signal wird dann in dem Verstärker 215 verstärkt und in das Bandpassfilter 216 geleitet. Das Bandpassfilter 216 weist einen schmalbandigen Durchlassbereich auf und dient dazu, Rauschsignalanteile zu unterdrücken.

- 10 In dem Demodulator 217 wird das Signal demoduliert, die mittlere Signalenergie wird bestimmt und das demodulierte Signal passiert einen weiteren Tiefpassfilter 218. Das Ausgangssignal des Tiefpassfilters 218 wird in den Analog-Digital Wandler 219 geleitet. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine einfache Komparatorschaltung handeln. Als Ausgangssignal 221 kann beispielsweise ein RSSI (Received Signal Strength Indication) Wert abgegriffen werden.

- 15 Mit dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger 100 kann beispielsweise eine Vorrichtung zum breitbandigen, stromsparenden kontinuierlichen Empfang von Spektren bereitgestellt werden, wobei der Frequenzspektrumerzeuger 100 ein Frequenzband zwischen 30 kHz und 30 GHz, vorzugsweise zwischen 30 MHz und 30 GHz, mehr bevorzugt zwischen 30 MHz und 5 GHz und besonders bevorzugt zwischen 30 MHz und 1 GHz abdeckt. Der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 bietet bei Bedarf eine hohe Aktualisierungsrate z.B. alle 10 ms (bis zu 100 Mal/Sekunde). Die Aktualisierungsrate kann variabel gewählt werden. In einer Ausführungsform tastet der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 20 100 das Frequenzspektrum sehr schnell (< 50 ms) ab und erzeugt diskrete Abtastwerte für den Frequenzbereich 300 MHz bis 1 GHz, die als diskretisierte Spektrogramme in einem statischen RAM abgespeichert werden.

- 25 Wie zuvor erwähnt, ermöglicht der erfindungsgemäße Frequenzspektrumerzeuger 100 neben der Speicherung der Rohdaten auch die Speicherung von statistisch bearbeiteten Daten mit größerer Gedächtnislänge (z.B. 10 Sekunden, 10 Minuten oder 1 Stunde).

- Das Frequenzraster muss nicht äquidistant sein, kann lückenhaft sein und muss nicht zusammenhängend oder linear gesweeped sein, sondern kann auch zufällig erfolgen (dann sind Aliasing-Effekte bei der Gewinnung des Spektrogramms deutlich unterdrückt). Auch eine bestimmte Auswahl von Frequenzpunkten sind für den Betrieb denkbar (z.B. nur für interessierende Frequenzen für Short-Range-Devices oder ISM-Frequenzen). Die Empfänger-Bandbreite pro Frequenzpunkt kann variabel gestaltet werden. Höhere Bandbreiten erlauben 30 schnellere Erfassungen von Spektrogrammen.

Folgende Anwendungsszenarien sind mit dem erfindungsgemäßen Frequenzspektrumerzeuger denkbar:

- Ermittlung von Spektrogrammen und Kanalbelegungen auf stromsparende Art und Weise
- 5 • stromsparendes Assistenzsystem bei der Funknetzplanung in Echtzeit hinsichtlich Frequenzmanagement von sog. weißen Frequenzbereichen („white spaces“) in verteilten Systemen mit mobilen Teilnehmern
- Bereitstellung von alternativen Frequenzkanälen zum möglichen Ausweichen bei unvorhergesehenen Attacken oder Störungen auf bisher benutzten Kanälen (z.B. für Alar-
- 10 mierungssysteme/Überwachungssysteme)
- Schätzung von realen Umgebungen anhand des Empfangsspektrums
- besondere Eignung als platzsparende integrierte Low-Cost Schaltung für Automotive-Schlüssel-Applikationen, Smartphone-/Handy-Erweiterungen sowie für Smart-Home/Gebäudeautomatisierung.

15 Die Erfindung kann außerdem gemäß den folgenden Ausführungsbeispielen realisierbar sein.

1. Frequenzspektrumerzeuger (100), aufweisend

einen verstimmbaren Lokaloszillator (101) zum Ausgeben eines Lokaloszillatorsignals (102),

20 einen Abwärtsmischer (103) zum Abwärtsmischen eines empfangenen Antennensignals (104) mit dem Lokaloszillatorsignal (102) zum Erhalten eines abwärtsgemischten Signals (105),

ein Filter (106) zum Herausfiltern eines Spiegelfrequenzanteils (f_{SP}) des Antennensignals (104) in dem abwärtsgemischten Signal (105),

25 einen Signalpegeldetektor (107) zum Erfassen eines Signalpegels des abwärtsgemischten Signals (105) an einer Zwischenfrequenz (f_{IF}), und

eine Steuerung (108) zum sequentiellen Ansteuern des Lokaloszillators (101) und des Signalpegeldetektors (107), um ein Frequenzspektrum des Antennensignals (104) an einer Folge von Abtastfrequenzen (f_{RF}) abzutasten.

30 2. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 1, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um beim sequentiellen Ansteuern die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) so zu ändern, dass eine Differenz zwischen der Lokaloszillatorfrequenz (f_{LO}) und der Abtastfrequenz (f_{RF}) der Zwischenfrequenz (f_{IF}) entspricht und die jeweilige

Lokalszillatorfrequenz (f_{LO}) zwischen der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) und dem jeweiligen Spiegelfrequenzanteil (f_{SP}) liegt.

3. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 1 oder 2, wobei der ver-
stimmbare Lokalszillator (101) innerhalb eines Frequenzbands zwischen 10 MHz und
5 100 GHz, bevorzugt zwischen 100 MHz und 2,5 GHz und besonders bevorzugt zwischen 300 MHz und 1200 MHz verstimmbar ist.
4. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der Frequenzspektrumerzeuger (100) so ausgebildet ist, dass das Lokalszillat-
orsignal (101) phasenrückkopplungsschleifenungeregt ist.
- 10 5. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Zwischenfrequenz (f_{IF}) über das abgetastete Frequenzspektrum hinweg etwa konstant ist.
6. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 5, wobei ein Frequenzraster vorgesehen ist innerhalb dessen die Zwischenfrequenz (f_{IF}) veränderbar ist, wobei die
15 Zwischenfrequenz (f_{IF}) mit einer Abweichung von bis zu $\pm 10\%$ um einen Zwischenfrequenz-Sollwert liegt.
7. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der mittlere Gesamtstromverbrauch kleiner oder gleich 100 μA , oder kleiner
gleich 50 μA , oder kleiner gleich 25 μA , oder kleiner gleich 10 μA ist.
- 20 8. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode
 T_A derart gewählt ist, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner
oder gleich 100 μA ist, wobei I_{ON} den Stromverbrauch in einem aktiven Zustand wäh-
rend einer Abtastung bezeichnet.
- 25 9. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode
 T_A derart gewählt ist, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner
oder gleich 50 μA , bevorzugt kleiner oder gleich 25 μA , und besonders bevorzugt klei-
ner oder gleich 10 μA ist.

10. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der Frequenzspektrumerzeuger (100) eine Berechnungseinheit (211) aufweist, wobei die Berechnungseinheit (211) ausgebildet ist, um einen zeitlich spektralen Abschnitt des Frequenzspektrums aus wiederholten sequentiellen Abtastwerten des Frequenzspektrums an den Abtastfrequenzen (f_{RF}) einer statistischen Auswertung zu unterziehen, um statistische Größen zu erhalten, die den zeitlich spektralen Abschnitt des Frequenzspektrums definieren.
11. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 10, wobei die statistischen Größen eine zentrale Tendenz und/oder eine Dispersion und/oder Extremwerte und/oder eine Anzahl von Schwellwertüberschreitenden Abtastwerten sind.
12. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der Ausführungsformen 10 oder 11, wobei zumindest ein Teil der statistischen Größen Abtastfrequenz-individuell aus einer zeitlichen Folge von Abtastwerten an einer jeweiligen Abtastfrequenz bestimmt werden.
13. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der Ausführungsformen 10 bis 12, wobei eine Gedächtnislänge der Bestimmung der statistischen Größen so gewählt ist, dass eine mittlere Anzahl an Abtastwerten bezogen auf jede Abtastfrequenz größer oder gleich zehn ist.
14. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der Ausführungsformen 10 bis 13, wobei die Berechnungseinheit (211) ausgebildet ist, um die statistischen Größen derart zu bestimmen, dass aus diesen ein Maximalempfangspegel und/oder ein Minimalempfangspegel und/oder ein Durchschnittsempfangspegel und/oder eine relative Belegungsdauer bestimmbar ist.
15. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der Frequenzspektrumerzeuger (100) eine erste und eine zweite Berechnungseinheit (211a, 211b) aufweist, wobei die erste Berechnungseinheit (211a) eine erste Gedächtnislänge und die zweite Berechnungseinheit (211b) eine von der ersten Gedächtnislänge unterschiedliche zweite Gedächtnislänge aufweist.
16. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 15, wobei die erste Gedächtnislänge etwa Sechzig Sekunden und die zweite Gedächtnislänge etwa Zwölf Stunden ist.
17. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um an einer jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF})

die Frequenz (f_{LO}) des jeweiligen Lokaloszillatorsignals (102) derart zu ändern, dass der jeweilige Spiegelfrequenzanteil (f_{SP}) unterhalb beziehungsweise oberhalb des abgetasteten Frequenzspektrums liegt.

- 5 18. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) derart einzustellen, dass sich an einer Abtastfrequenz (f_{RF}) ein Verhältnis von Abtastfrequenz zu dem jeweiligen Spiegelfrequenzanteil ($\frac{f_{RF}}{f_{SP}}$) ergibt, welches
- Verhältnis in einem Bereich von 0,8 und kleiner oder in einem Bereich von 1,2 und größer liegt.
- 10 19. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um den Lokaloszillator (101) in zwei Betriebsmodi zu betreiben, wobei der Lokaloszillator (101) in einem ersten Betriebsmodus derart angesteuert wird, dass die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) oberhalb der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) liegt, und wobei der Lokaloszillator (101) in
- 15 einem zweiten Betriebsmodus derart angesteuert wird, dass die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) unterhalb der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) liegt.
20. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 19, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um während des Vorgangs des Abtastens des Frequenzspektrums eines Antennensignals (104) zwischen den beiden Betriebsmodi umzuschalten.
- 20 21. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 20, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um genau dann zwischen den beiden Betriebsmodi umzuschalten, wenn das Abwärtsmischen des Antennensignals (104) mit dem Lokaloszillatorsignal (102) zu einem Spiegelfrequenzanteil (f_{SP}) führen würde, der innerhalb des abzutastenden Frequenzspektrums liegt.
- 25 22. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Filter (106) eine Filtersteuerung (209) zum Ändern der Filtercharakteristik aufweist, und die Filtersteuerung (209) ausgebildet ist, um die Filtercharakteristik in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) und/oder von der Abtastfrequenz (f_{RF}) zu ändern.
- 30 23. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 22, wobei die Filtersteuerung (209) ausgebildet ist, um die Filtercharakteristik des Filters (106) derart zu ändern, dass der Spiegelfrequenzanteil (f_{SP}) an der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) aus dem Antennensignal (104) herausgefiltert wird.

24. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Filter (106) zum Herausfiltern der Spiegelfrequenzanteile (f_{SP}) ein zwischen einer Empfangsantenne (210) und dem Mischer (103) angeordnetes verstimmbares Bandpassfilter ist.
- 5 25. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei das Filter (106) als ein einstellbares LC-Filter ausgebildet ist.
26. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der Ausführungsformen 1 bis 24, wobei das Filter (106) als ein LC-Filter mit steuerbaren Kapazitäten und/oder steuerbaren Induktivitäten ausgebildet ist.
- 10 27. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) kontinuierlich wiederholend abzutasten.
28. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Abtastfrequenzen (f_{RF}) in absteigender Reihenfolge zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) in absteigender Reihenfolge von hohen zu niedrigen Abtastfrequenzen (f_{RF}) abzutasten.
- 15 29. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der Ausführungsformen 1 bis 27, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Abtastfrequenzen (f_{RF}) in aufsteigender Reihenfolge zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) in aufsteigender Reihenfolge von niedrigen zu hohen Abtastfrequenzen (f_{RF}) abzutasten.
- 20 30. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der Ausführungsformen 1 bis 27, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Abtastfrequenzen (f_{RF}) zufällig zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) in einer zufälligen Reihenfolge abzutasten.
- 25 31. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei Abstände zwischen den Abtastfrequenzen (f_{RF}) äquidistant über das abzutastende Frequenzspektrum des Antennensignals (104) verteilt sind.
32. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der Ausführungsformen 1 bis 30, wobei ein Abstand zwischen einer ersten und einer zweiten Abtastfrequenz unterschiedlich zu einem Abstand zwischen der zweiten und einer dritten Abtastfrequenz ist.
- 30

33. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen, wobei der Lokaloszillator (101) in Schritten mit einer bestimmten Schrittweite verstimmbar ist, wobei die Schrittweite etwa 50 MHz, bevorzugt etwa 25 MHz, mehr bevorzugt etwa 10 MHz und besonders bevorzugt etwa 1 MHz beträgt.

- 5 34. Frequenzspektrumerzeuger (100), aufweisend

einen verstimmbaren Lokaloszillator (101) zum Ausgeben eines Lokaloszillatorsignals (102),

10 einen Abwärtsmischer (103) zum Abwärtsmischen eines empfangenen Antennensignals (104) mit dem Lokaloszillatorsignal (102) zum Erhalten eines abwärtsgemischten Signals (105), und

einen Signalpegeldetektor (107) zum Erfassen eines Signalpegels des abwärtsgemischten Signals (105) an einer Zwischenfrequenz (f_{IF}); und

15 eine Steuerung (108) zum sequentiellen Ansteuern des Lokaloszillators (101) und des Signalpegeldetektors (107), um ein Frequenzspektrum des Antennensignals (104) an einer Folge von Abtastfrequenzen (f_{RF}) abzutasten, wobei das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode T_A derart gewählt ist, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner oder gleich 100 μA ist, wobei I_{ON} den Stromverbrauch in einem aktiven Zustand während einer Abtastung bezeichnet.

- 20 35. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Ausführungsform 34, wobei das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode T_A derart gewählt ist, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner oder gleich 50 μA , bevorzugt kleiner oder gleich 25 μA , und besonders bevorzugt kleiner oder gleich 10 μA ist.

Patentansprüche

1. Frequenzspektrumerzeuger (100), aufweisend

5 einen verstimmbaren Lokaloszillator (101) zum Ausgeben eines Lokaloszillatorsignals (102),

einen Abwärtsmischer (103) zum Abwärtsmischen eines empfangenen Antennensignals (104) mit dem Lokaloszillatorsignal (102) zum Erhalten eines abwärtsgemischten Signals (105),

10 ein Filter (106) zum Herausfiltern eines Spiegelfrequenzanteils (f_{SP}) des Antennensignals (104) in dem abwärtsgemischten Signal (105),

einen Signalpegeldetektor (107) zum Erfassen eines Signalpegels des abwärtsgemischten Signals (105) an einer Zwischenfrequenz (f_{IF}), und

15 eine Steuerung (108) zum sequentiellen Ansteuern des Lokaloszillators (101) und des Signalpegeldetektors (107), um ein Frequenzspektrum des Antennensignals (104) an einer Folge von Abtastfrequenzen (f_{RF}) abzutasten,

20 wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um den Lokaloszillator (101) in zwei Betriebsmodi zu betreiben, wobei der Lokaloszillator (101) in einem ersten Betriebsmodus derart angesteuert wird, dass die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) oberhalb der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) liegt, und wobei der Lokaloszillator (101) in einem zweiten Betriebsmodus derart angesteuert wird, dass die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) unterhalb der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) liegt,

25 und wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um während des Vorgangs des Abtastens des Frequenzspektrums eines Antennensignals (104) zwischen den beiden Betriebsmodi umzuschalten, und zwar genau dann, wenn das Abwärtsmischen des Antennensignals (104) mit dem Lokaloszillatorsignal (102) zu einem Spiegelfrequenzanteil (f_{SP}) führen würde, der innerhalb des abzutastenden Frequenzspektrums liegt.

30 2. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Anspruch 1, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um beim sequentiellen Ansteuern die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) so zu ändern, dass eine Differenz zwischen der Lokaloszillatorfrequenz (f_{LO})

und der Abtastfrequenz (f_{RF}) der Zwischenfrequenz (f_{IF}) entspricht und die jeweilige Lokoszillatorfrequenz (f_{LO}) zwischen der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) und dem jeweiligen Spiegelfrequenzanteil (f_{SP}) liegt.

3. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der verstimmbare Lokoszillator (101) innerhalb eines Frequenzbands zwischen 10 MHz und 100 GHz, bevorzugt zwischen 100 MHz und 2,5 GHz und besonders bevorzugt zwischen 300 MHz und 1200 MHz verstimmbar ist.

4. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Frequenzspektrumerzeuger (100) so ausgebildet ist, dass das Lokoszillatorsignal (101) phasenrückkopplungsschleifenungeregt ist.

5. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenfrequenz (f_{IF}) über das abgetastete Frequenzspektrum hinweg etwa konstant ist.

6. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Anspruch 5, wobei ein Frequenzraster vorgesehen ist innerhalb dessen die Zwischenfrequenz (f_{IF}) veränderbar ist, wobei die Zwischenfrequenz (f_{IF}) mit einer Abweichung von bis zu $\pm 10\%$ um einen Zwischenfrequenz-Sollwert liegt.

7. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Gesamtstromverbrauch kleiner oder gleich $100 \mu A$, oder kleiner gleich $50 \mu A$, oder kleiner gleich $25 \mu A$, oder kleiner gleich $10 \mu A$ ist.

8. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode T_A derart gewählt ist, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner oder gleich $100 \mu A$ ist, wobei I_{ON} den Stromverbrauch in einem aktiven Zustand während einer Abtastung bezeichnet.

9. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verhältnis von Einschaltdauer T_{ON} für einen Abtastvorgang zu Abtastperiode T_A derart gewählt ist, dass der mittlere Gesamtstromverbrauch $I_{AVG} = \frac{T_{ON}}{T_A} \cdot I_{ON}$ kleiner oder gleich $50 \mu A$, bevorzugt kleiner oder gleich $25 \mu A$, und besonders bevorzugt kleiner oder gleich $10 \mu A$ ist.

10. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Frequenzspektrumerzeuger (100) eine Berechnungseinheit (211) aufweist, wobei die Berechnungseinheit (211) ausgebildet ist, um einen zeitlich spektralen Abschnitt des Frequenzspektrums aus wiederholten sequentiellen Abtastwerten des Frequenzspektrums an den Abtastfrequenzen (f_{RF}) einer statistischen Auswertung zu unterziehen, um statistische Größen zu erhalten, die den zeitlich spektralen Abschnitt des Frequenzspektrums definieren.
11. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Anspruch 10, wobei die statistischen Größen eine zentrale Tendenz und/oder eine Dispersion und/oder Extremwerte und/oder eine Anzahl von schwellwertüberschreitenden Abtastwerten sind.
12. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 10 oder 11, wobei zumindest ein Teil der statistischen Größen Abtastfrequenz-individuell aus einer zeitlichen Folge von Abtastwerten an einer jeweiligen Abtastfrequenz bestimmt werden.
13. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei eine Gedächtnislänge der Bestimmung der statistischen Größen so gewählt ist, dass eine mittlere Anzahl an Abtastwerten bezogen auf jede Abtastfrequenz größer oder gleich zehn ist.
14. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die Berechnungseinheit (211) ausgebildet ist, um die statistischen Größen derart zu bestimmen, dass aus diesen ein Maximalempfangspegel und/oder ein Minimalempfangspegel und/oder ein Durchschnittsempfangspegel und/oder eine relative Belegungsdauer bestimmbar ist.
15. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Frequenzspektrumerzeuger (100) eine erste und eine zweite Berechnungseinheit (211a, 211b) aufweist, wobei die erste Berechnungseinheit (211a) eine erste Gedächtnislänge und die zweite Berechnungseinheit (211b) eine von der ersten Gedächtnislänge unterschiedliche zweite Gedächtnislänge aufweist.
16. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Anspruch 15, wobei die erste Gedächtnislänge etwa Sechzig Sekunden und die zweite Gedächtnislänge etwa Zwölf Stunden ist.
17. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um an einer jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) die Frequenz (f_{LO}) des jeweiligen Lokaloszillatorsignals (102) derart zu ändern, dass der

jeweilige Spiegelfrequenzanteil (f_{sp}) unterhalb beziehungsweise oberhalb des abgetasteten Frequenzspektrums liegt.

18. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) derart einzustellen, dass sich an einer Abtastfrequenz (f_{RF}) ein Verhältnis von Abtastfrequenz zu dem jeweiligen Spiegelfrequenzanteil ($\frac{f_{RF}}{f_{sp}}$) ergibt, welches Verhältnis in einem Bereich von 0,8 und kleiner oder in einem Bereich von 1,2 und größer liegt.
19. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Filter (106) eine Filtersteuerung (209) zum Ändern der Filtercharakteristik aufweist, und die Filtersteuerung (209) ausgebildet ist, um die Filtercharakteristik in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz (f_{LO}) des Lokaloszillatorsignals (102) und/oder von der Abtastfrequenz (f_{RF}) zu ändern.
20. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach Anspruch 19, wobei die Filtersteuerung (209) ausgebildet ist, um die Filtercharakteristik des Filters (106) derart zu ändern, dass der Spiegelfrequenzanteil (f_{sp}) an der jeweiligen Abtastfrequenz (f_{RF}) aus dem Antennensignal (104) herausgefiltert wird.
21. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Filter (106) zum Herausfiltern der Spiegelfrequenzanteile (f_{sp}) ein zwischen einer Empfangsantenne (210) und dem Mischer (103) angeordnetes verstimmbares Bandpassfilter ist.
22. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Filter (106) als ein einstellbares LC-Filter ausgebildet ist.
23. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 21, wobei das Filter (106) als ein LC-Filter mit steuerbaren Kapazitäten und/oder steuerbaren Induktivitäten ausgebildet ist.
24. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) kontinuierlich wiederholend abzutasten.

25. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Abtastfrequenzen (f_{RF}) in absteigender Reihenfolge zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) in absteigender Reihenfolge von hohen zu niedrigen Abtastfrequenzen (f_{RF}) abzutasten.
- 5 26. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 24, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Abtastfrequenzen (f_{RF}) in aufsteigender Reihenfolge zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) in aufsteigender Reihenfolge von niedrigen zu hohen Abtastfrequenzen (f_{RF}) abzutasten.
- 10 27. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 24, wobei die Steuerung (108) ausgebildet ist, um die Abtastfrequenzen (f_{RF}) zufällig zu wählen, um das Frequenzspektrum eines Antennensignals (104) in einer zufälligen Reihenfolge abzutasten.
- 15 28. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Abstände zwischen den Abtastfrequenzen (f_{RF}) äquidistant über das abzutastende Frequenzspektrum des Antennensignals (104) verteilt sind.
29. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 27, wobei ein Abstand zwischen einer ersten und einer zweiten Abtastfrequenz unterschiedlich zu einem Abstand zwischen der zweiten und einer dritten Abtastfrequenz ist.
- 20 30. Frequenzspektrumerzeuger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Lokaloszillator (101) in Schritten mit einer bestimmten Schrittweite verstimmbar ist, wobei die Schrittweite etwa 50 MHz, bevorzugt etwa 25 MHz, mehr bevorzugt etwa 10 MHz und besonders bevorzugt etwa 1 MHz beträgt.

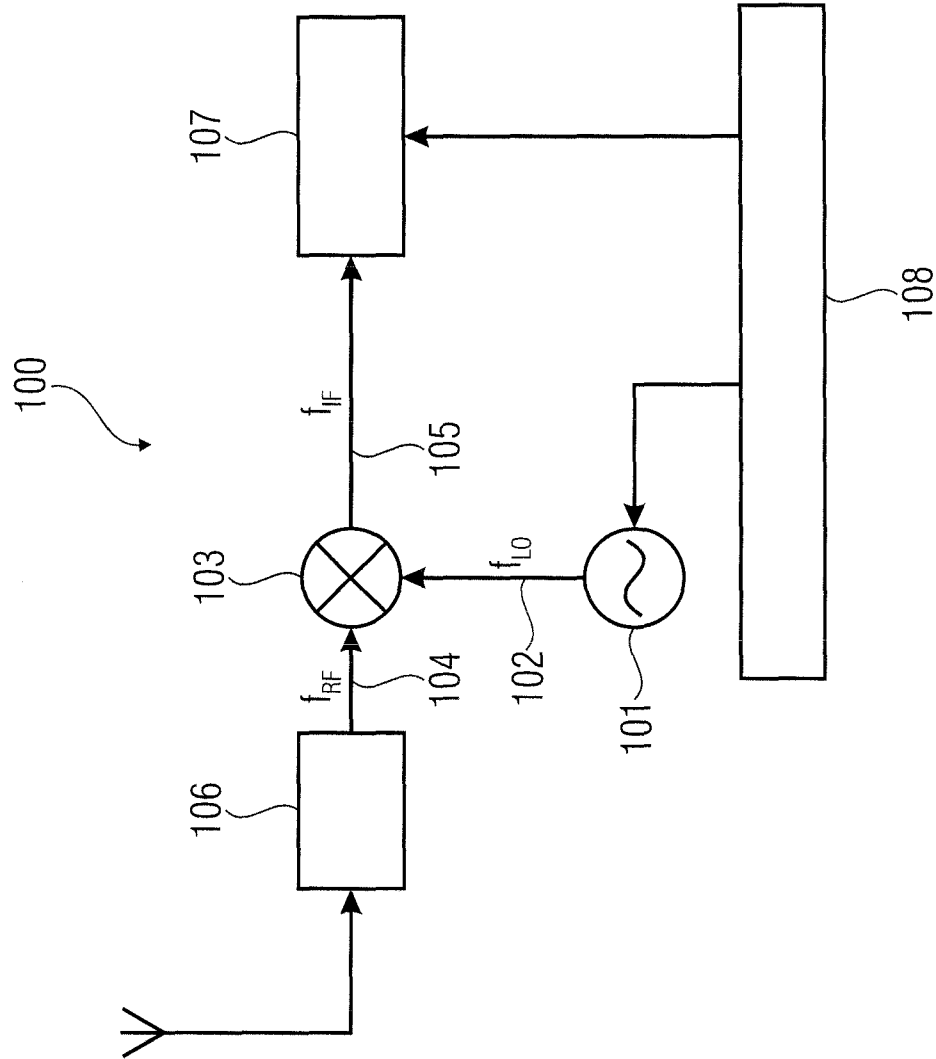


FIG 1

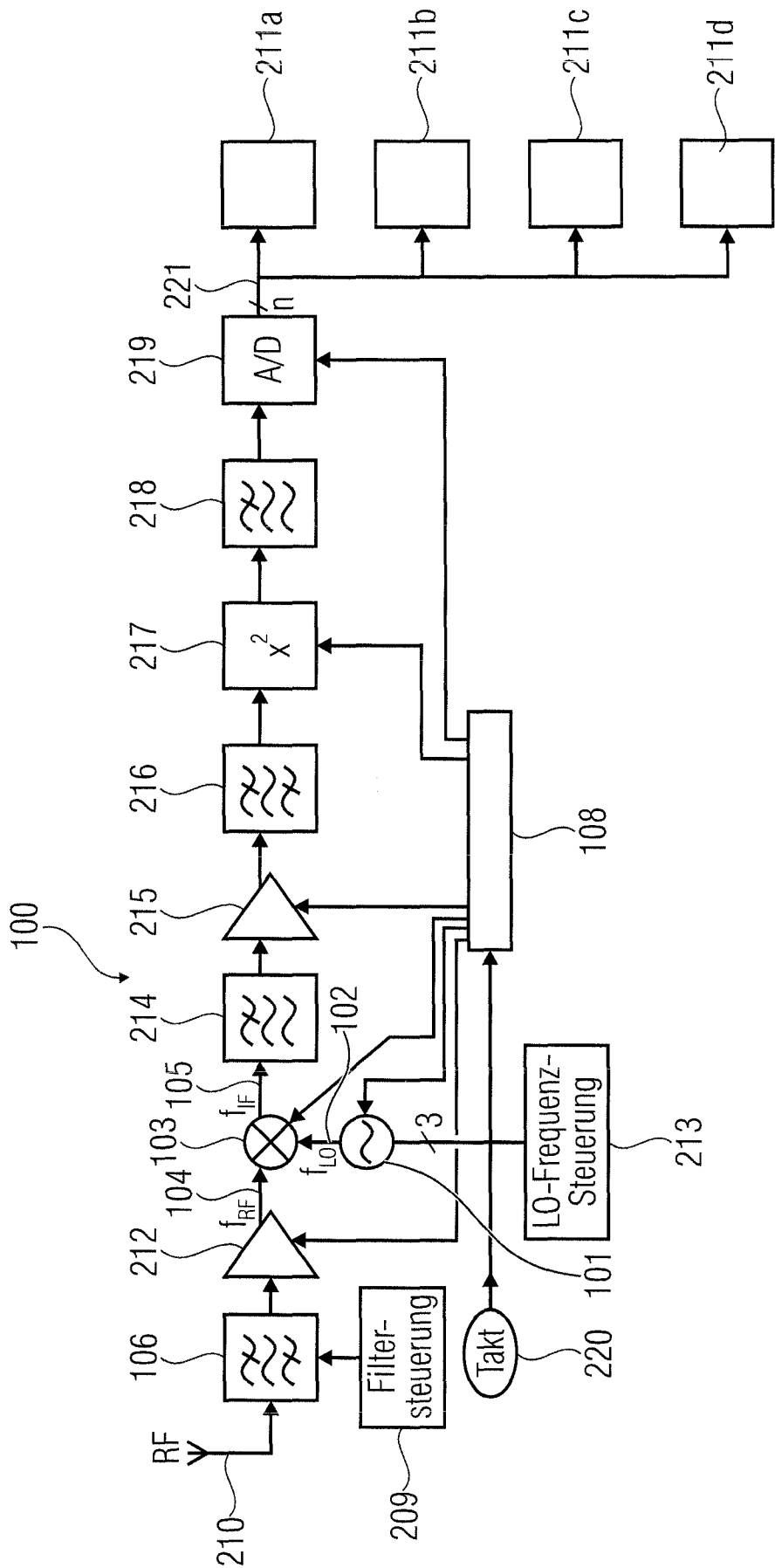


FIG 2

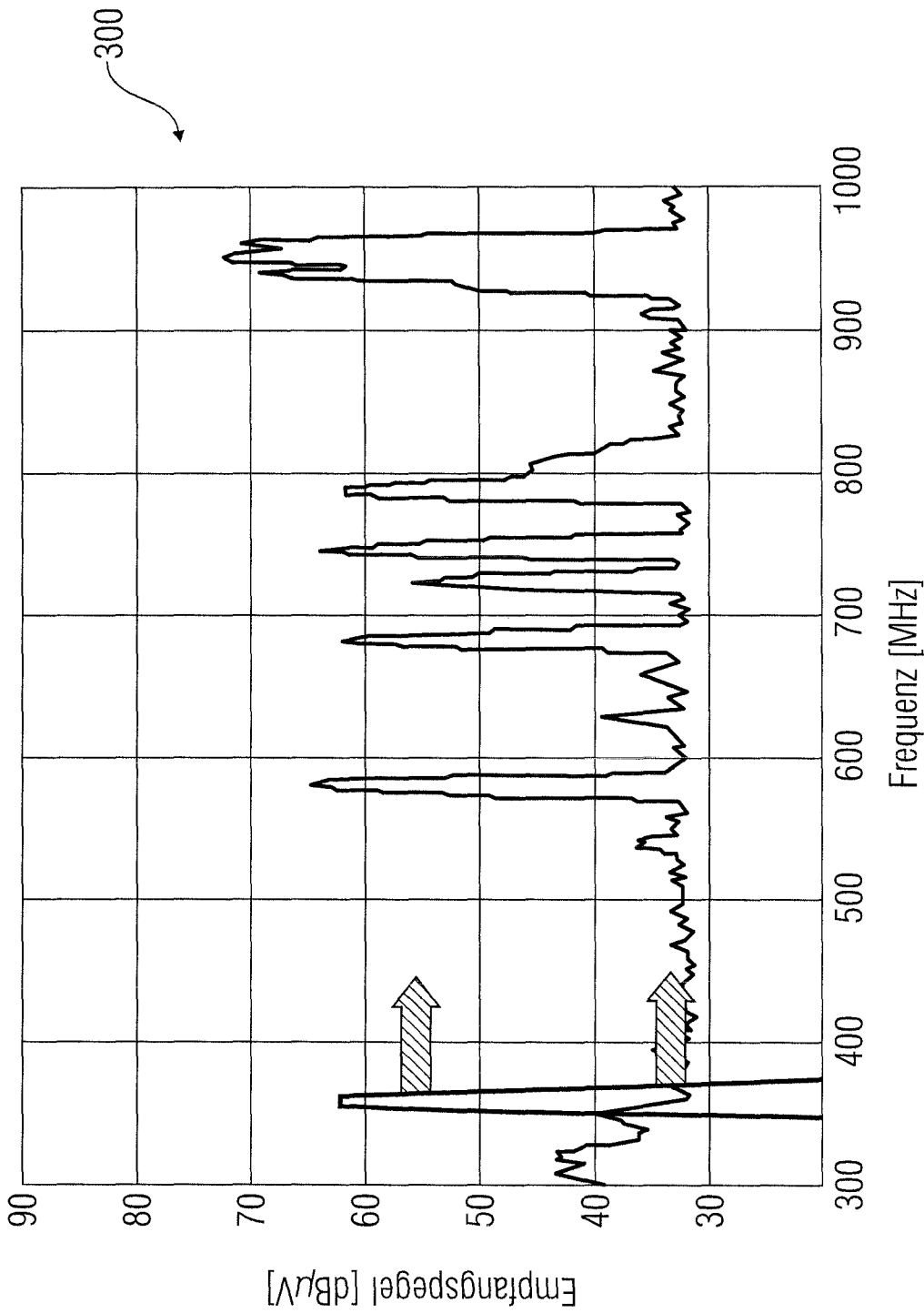


FIG 3

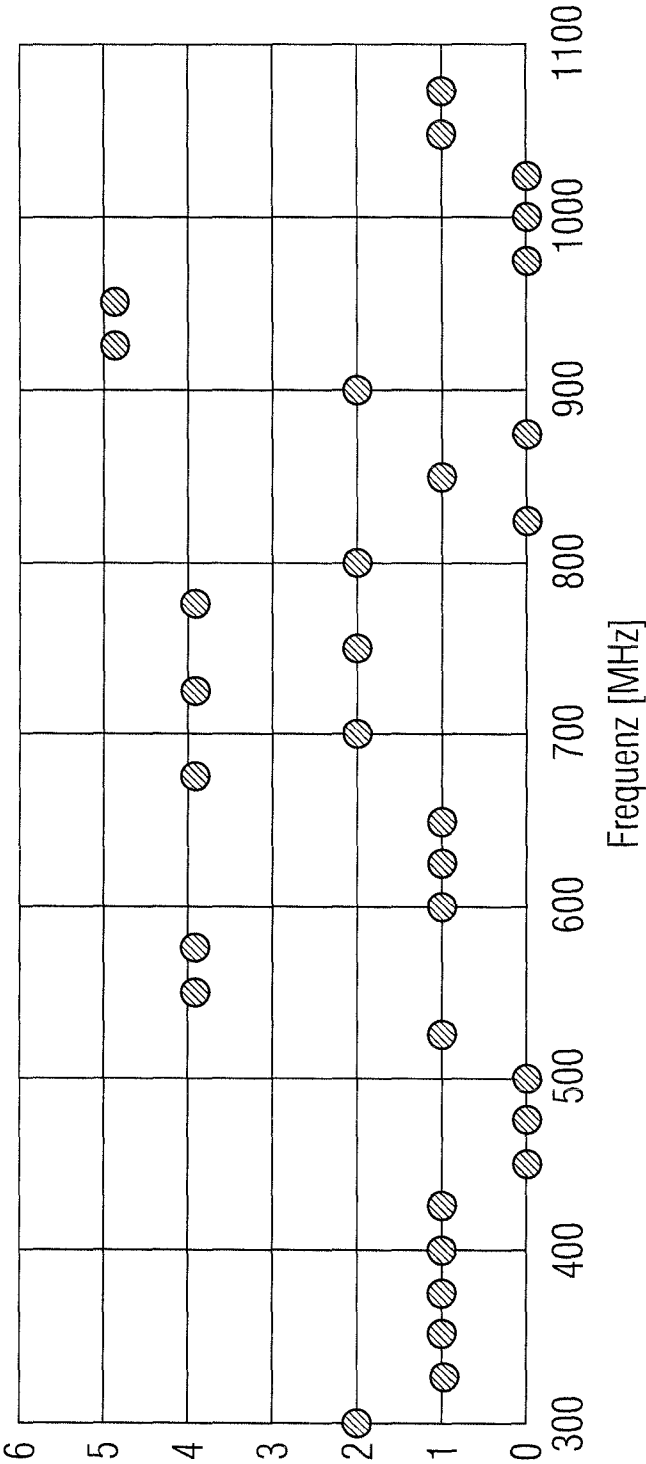


FIG 4

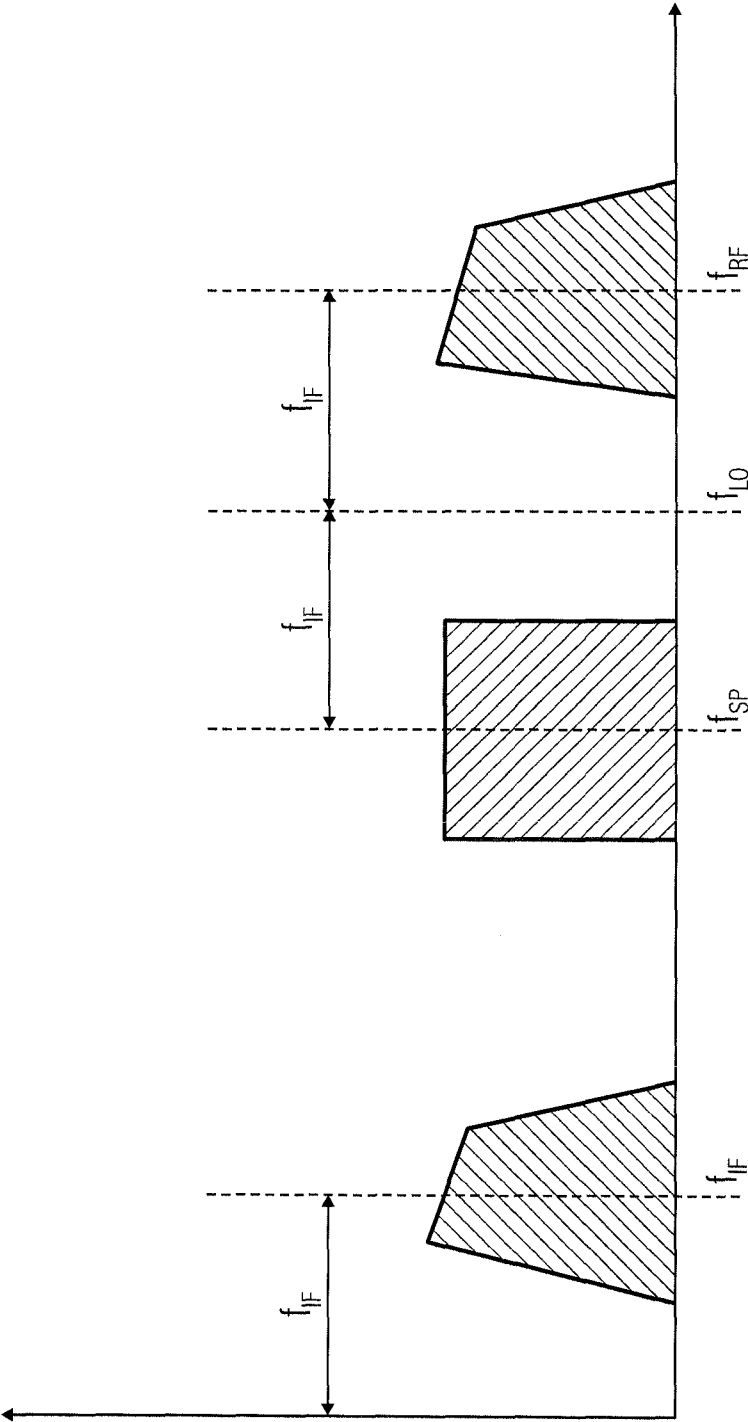


FIG 5

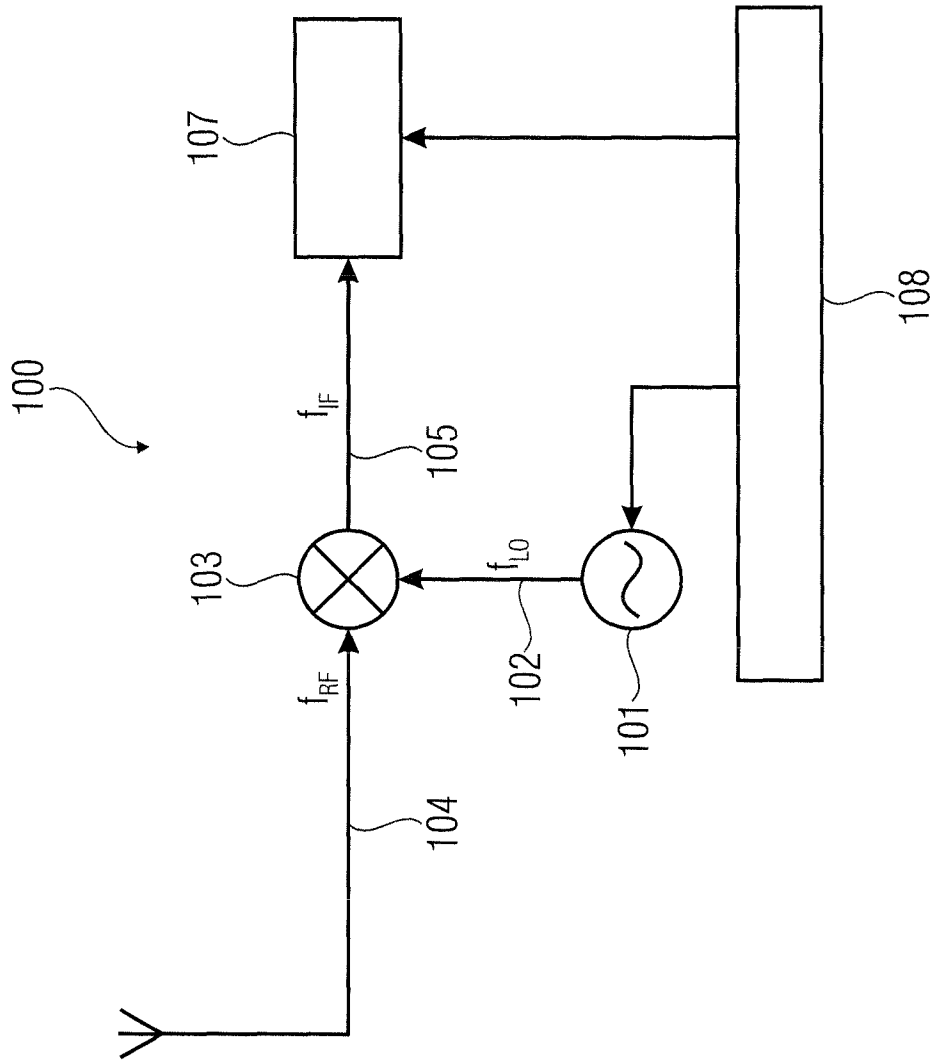


FIG 6

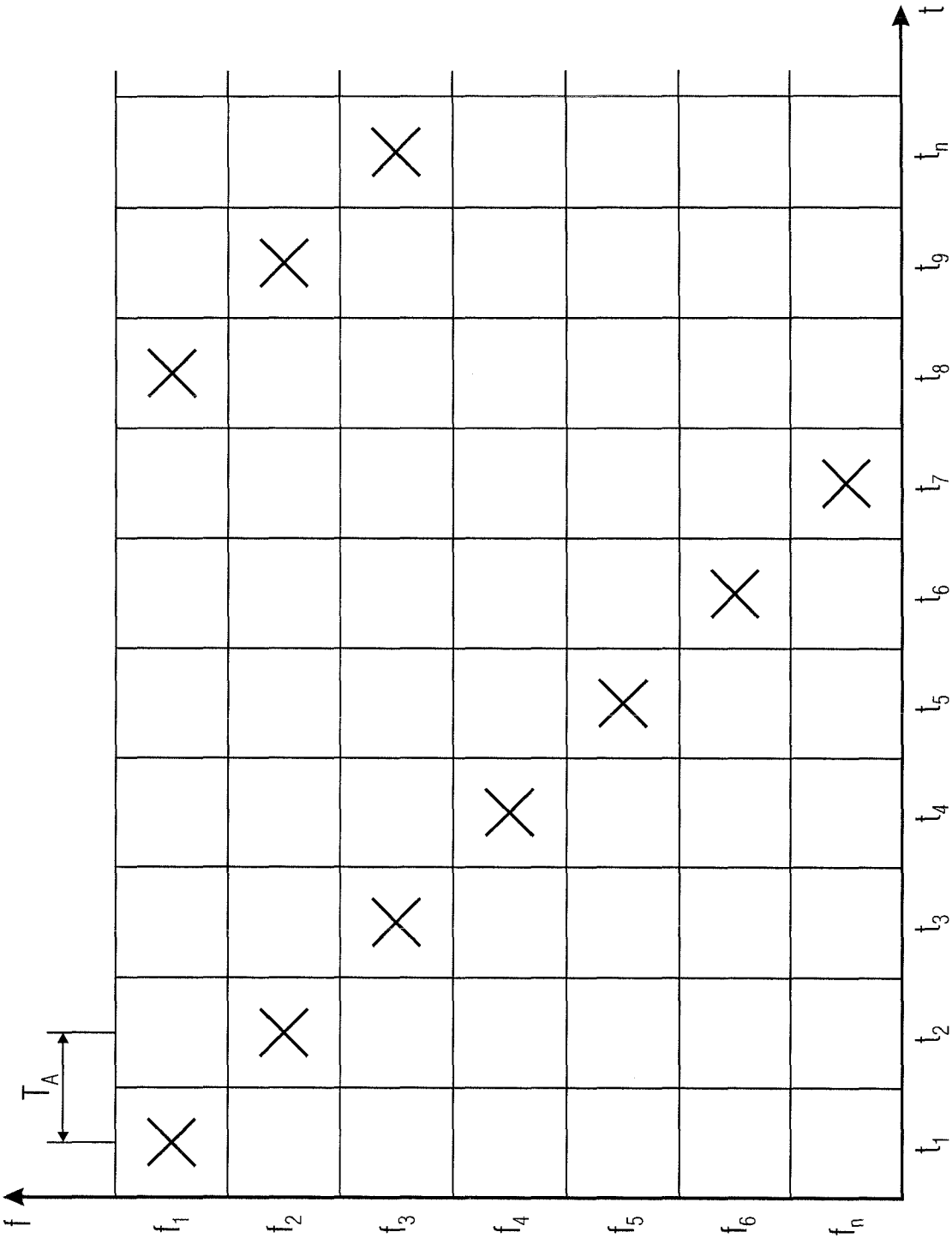


FIG 7A

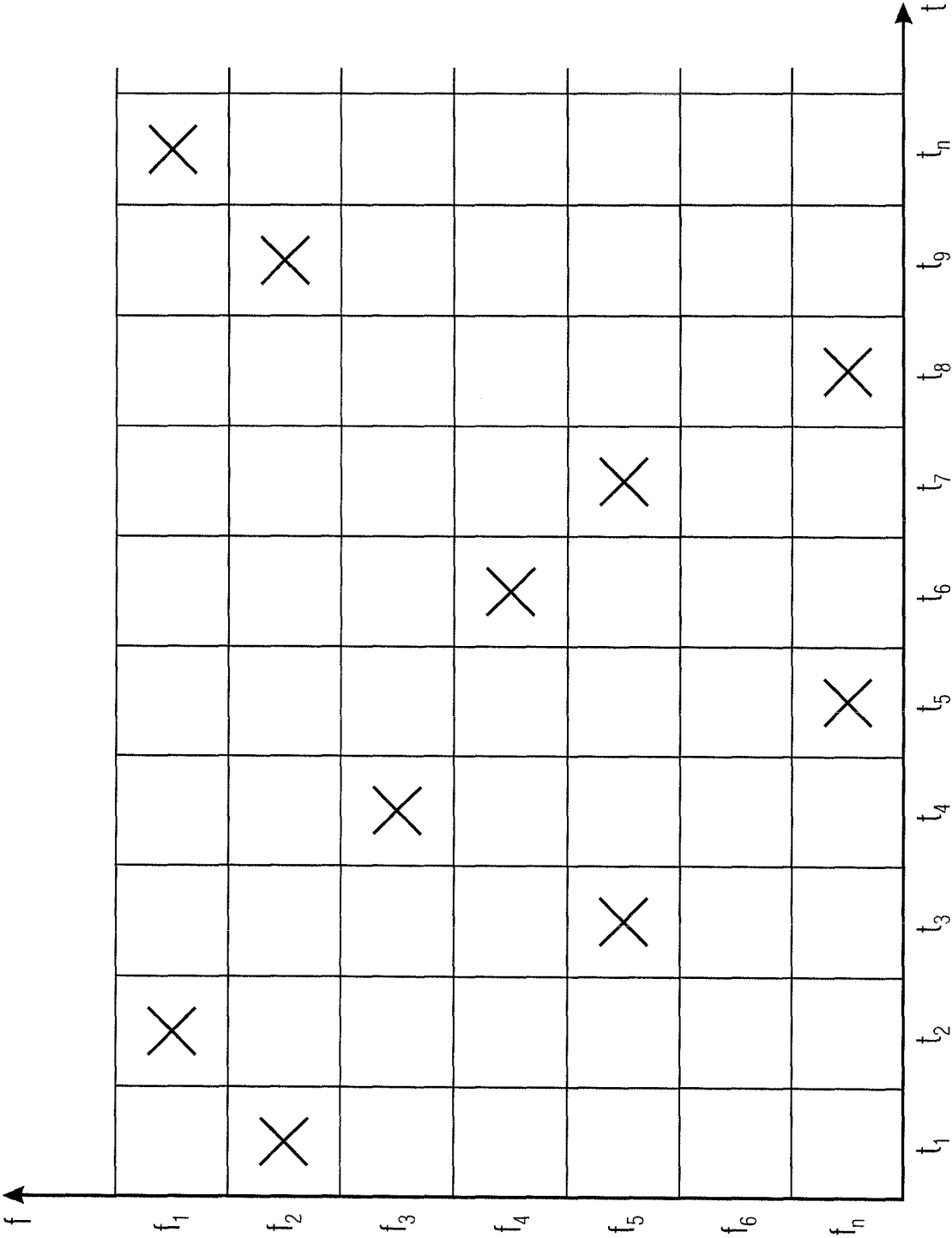


FIG 7B

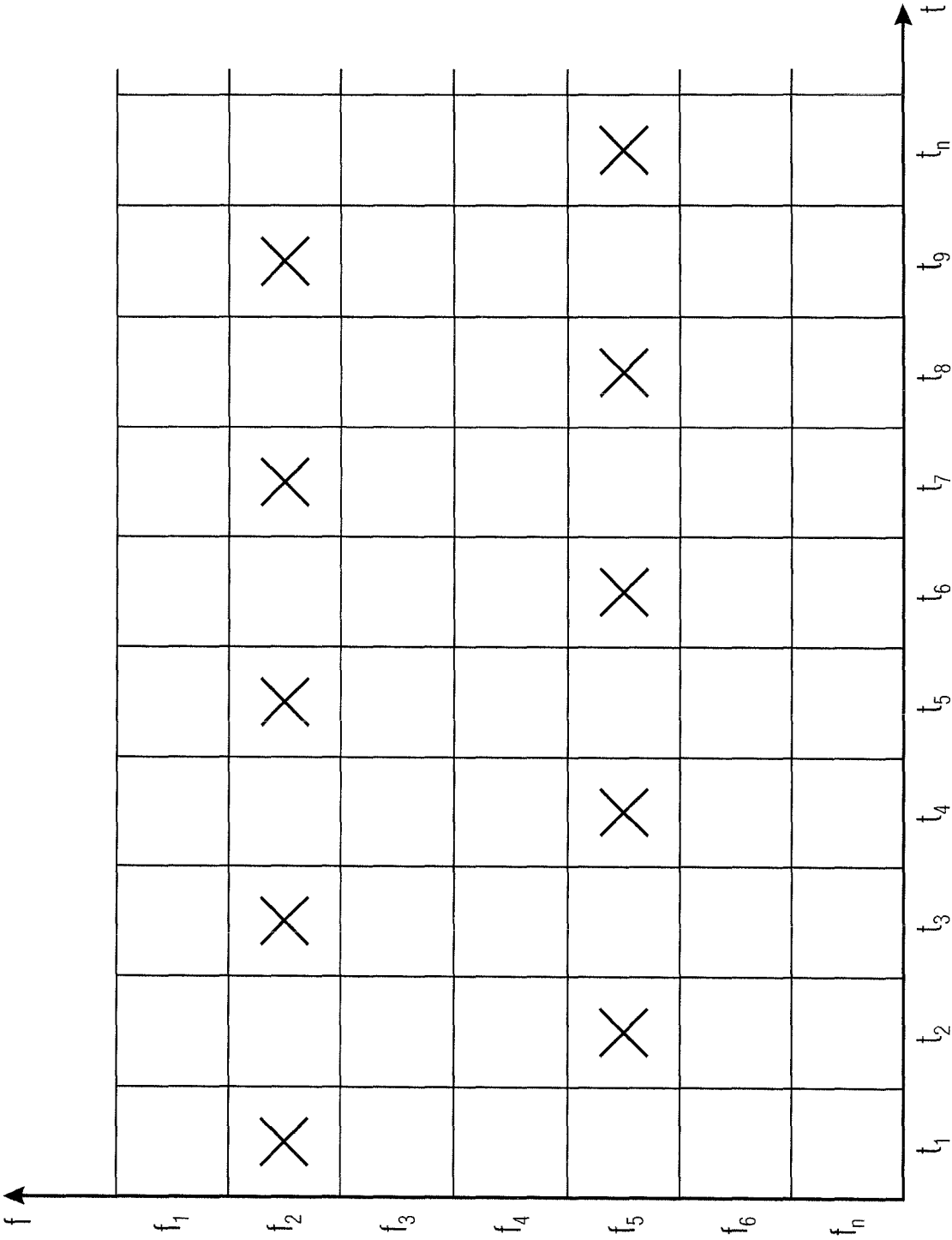


FIG 7C

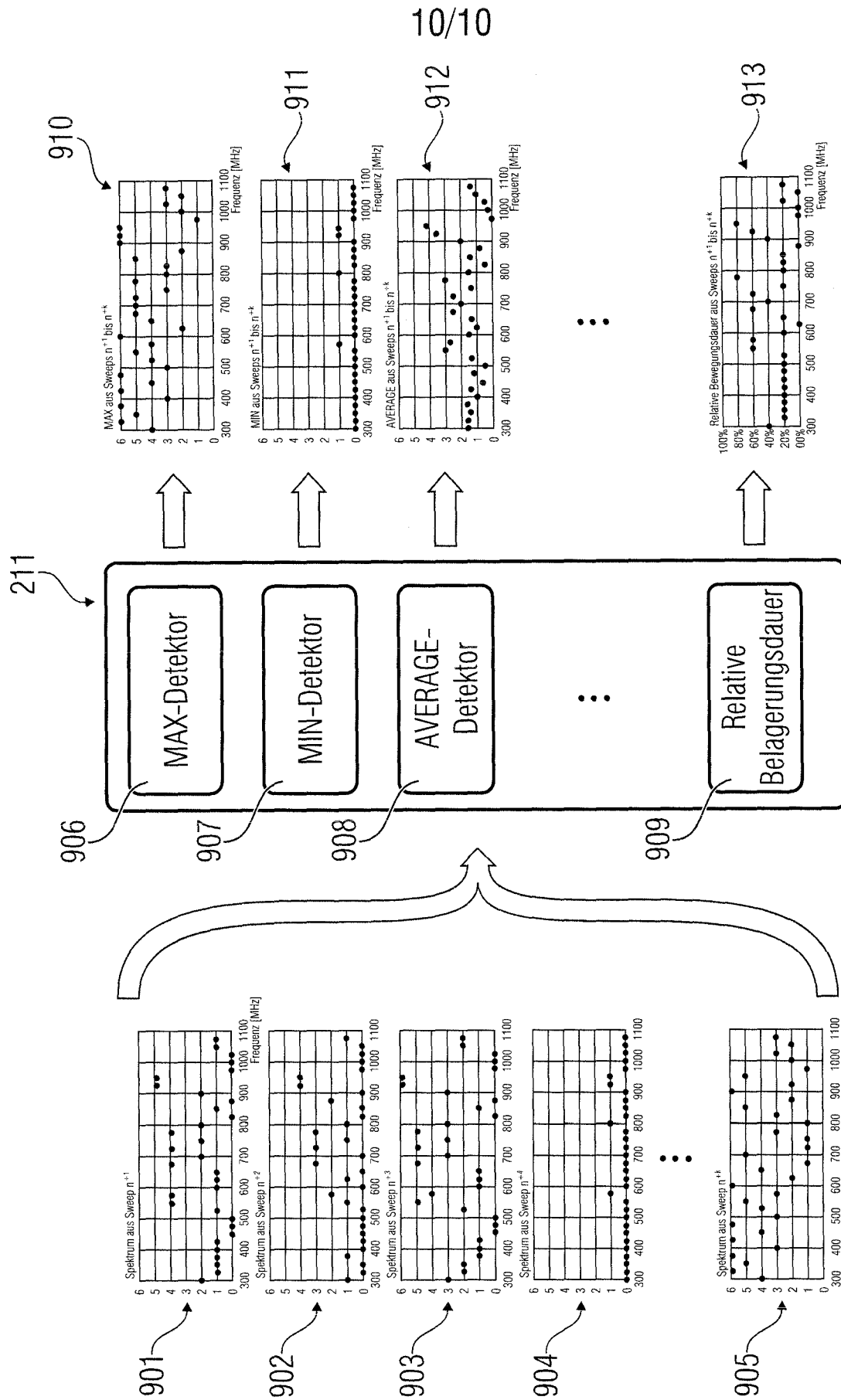


FIG 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/064875

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H04B1/28 H03D7/18
ADD.

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)

H04B H03D

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003/193618 A1 (PATEL CHANDRAKANT BHAILALBHAI [US] ET AL) 16 October 2003 (2003-10-16) paragraph [0026]; figure 1 -----	1-30



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family 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 application or patent 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

29 August 2016

Date of mailing of the international search report

05/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Ciccarese, Corrado

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/064875

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003193618 A1	16-10-2003	US 6104442 A	15-08-2000
		US 8265129 B1	11-09-2012
		US 2003193618 A1	16-10-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H04B1/28 H03D7/18
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H04B H03D

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2003/193618 A1 (PATEL CHANDRAKANT BHAILALBHAI [US] ET AL) 16. Oktober 2003 (2003-10-16) Absatz [0026]; Abbildung 1 -----	1-30



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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

29. August 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/09/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ciccarese, Corrado

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2016/064875

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

US 2003193618	A1	16-10-2003	US	6104442	A	15-08-2000
			US	8265129	B1	11-09-2012
			US	2003193618	A1	16-10-2003