



(10) **DE 10 2019 210 054 A1** 2021.01.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 210 054.6**

(22) Anmeldetag: **09.07.2019**

(43) Offenlegungstag: **14.01.2021**

(51) Int Cl.: **H01Q 3/12 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

**Hansen, Thomas, 31139 Hildesheim, DE; Ramos
Cantor, Oscar Dario, 31135 Hildesheim, DE; Thein,
Christoph, 31139 Hildesheim, DE**

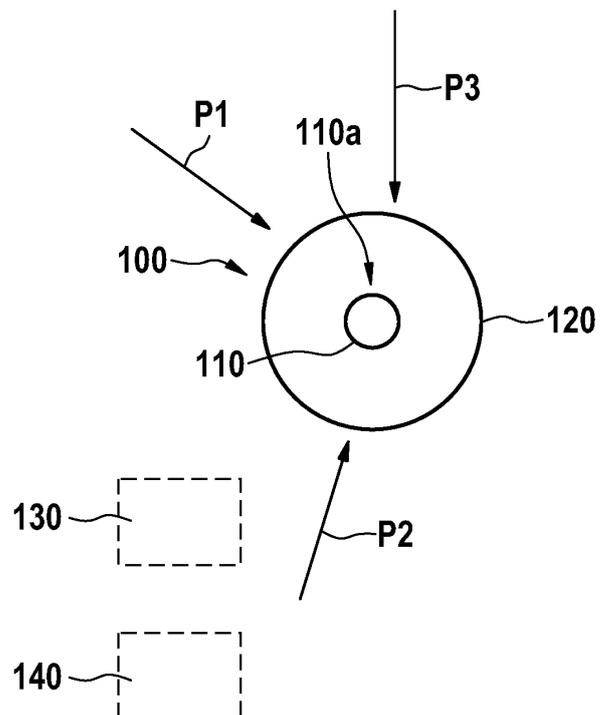
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	199 59 983	C2
DE	10 2006 060 563	B4
US	2014 / 0 104 136	A1
US	2015 / 0 349 432	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Antenne und Verfahren zum Betreiben einer Antenne**



(57) Zusammenfassung: Antenne mit wenigstens einem Strahler und einem den Strahler zumindest bereichsweise umgebenden Funktionsmaterial, wobei a) das Funktionsmaterial relativ zu dem wenigstens einen Strahler bewegbar ist und/oder b) eine relative Permeabilität und/oder eine relative Permittivität des Funktionsmaterials steuerbar ist.

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Offenbarung betrifft eine Antenne mit wenigstens einem Strahler.

[0002] Die Offenbarung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Antenne.

[0003] Die Offenbarung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Ausführen eines Verfahrens zum Betreiben einer derartigen Antenne.

[0004] Es ist bekannt, zur Vermeidung von Fast Fading in einem Funkkanal das Prinzip der Antennendiversität einzusetzen. Durch die Vorsehung von mehreren Antennen kann z.B. die Antenne mit dem aktuell besten Empfangskanal ausgewählt werden, oder die Signale von mehreren Antennen können kombiniert werden. Nachteilig an dem bekannten Prinzip ist, dass mittels der Antennendiversität am Empfänger keine Möglichkeit besteht, auf den Kanal Einfluss zu nehmen und ihn zu verbessern, wenn alle Antennen eines Empfängers eine Position haben, an der der Funkkanal schlecht ist.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf eine Antenne mit wenigstens einem Strahler und einem den Strahler zumindest bereichsweise umgebenden Funktionsmaterial, wobei a) das Funktionsmaterial relativ zu dem wenigstens einen Strahler bewegbar ist und/oder b) eine relative Permeabilität (μ_r) und/oder eine relative Permittivität (ϵ_r) des Funktionsmaterials steuerbar ist. Dadurch können vorteilhaft unterschiedliche Pfade, die z.B. unterschiedlichen mittels der Antenne realisierbaren Kommunikationskanälen entsprechen, z.B. eines empfangenen Signals, in unterschiedlicher Weise bzw. unterschiedlich stark beeinflusst werden, z.B. hinsichtlich ihrer Signallaufzeit (Verzögerung) bzw. Phase, wodurch ein Empfangen und/oder Senden von Signalen mittels der Antenne verbessert werden kann. Insbesondere können die vorstehend beschriebenen Nachteile des Stands der Technik zumindest bei manchen bevorzugten Ausführungsformen vermindert oder vermieden werden.

[0006] Vorliegend wird unter einem „Strahler“ einer Antenne ein Element der Antenne verstanden, das sowohl aktiv elektromagnetische Wellen in das umgebende Medium, z.B. den freien Raum, abstrahlen kann, als auch elektromagnetische Strahlung „empfangen“ und z.B. in eine elektrische Spannung umwandeln kann. Ferner können bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch weitere funktionale Elemente von Antennen wie z.B. Reflektoren und/oder Direktoren und dergleichen als „Strahler“ aufgefasst

werden, denen gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen (ebenfalls) wenigstens ein Funktionsmaterial zuordenbar ist.

[0007] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial den wenigstens einen Strahler zumindest abschnittsweise ummantelt, also insbesondere entlang einer Umfangsrichtung vollständig umgibt. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann der wenigstens eine Strahler z.B. als Dipol ausgebildet sein und z.B. eine i.w. kreiszylindrische Grundform aufweisen. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Funktionsmaterial den Dipol bzw. wenigstens einen axialen Bereich des Dipols zumindest bereichsweise entlang einer Umfangsrichtung, vorzugsweise vollständig entlang der Umfangsrichtung, umgeben, mithin den betreffenden axialen Bereich des Dipols ummanteln (also z.B. seine Mantelfläche bedecken). Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Funktionsmaterial beispielsweise eine zumindest i.w. hohlzylindrische Grundform aufweisen, die zumindest bereichsweise über einen Strahler, z.B. den Dipol, bewegbar ist.

[0008] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial relativ zu dem wenigstens einen Strahler bewegbar ist, wobei eine Antriebsvorrichtung zum zumindest zeitweisen Antreiben einer Bewegung des Funktionsmaterials relativ zu dem wenigstens einen Strahler vorgesehen ist.

[0009] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann bei einer beispielhaft angenommenen Ausbildung des Funktionsmaterials i.w. als Hohlzylinder dieser Hohlzylinder z.B. axial relativ zu dem wenigstens einen Strahler bewegt werden, um die mittels der Antenne realisierbaren Funkkanäle zu beeinflussen. Alternativ oder ergänzend kann der Hohlzylinder z.B. auch relativ zu dem wenigstens einen Strahler rotiert werden, was z.B. dann vorteilhaft ist, wenn der Hohlzylinder nicht vollständig rotationssymmetrisch ist, sondern z.B. eine sich entlang der Umfangsrichtung ändernde Geometrie, insbesondere Länge, aufweist, und/oder Ausnehmungen bzw. Öffnungen in manchen Umfangsbereichen.

[0010] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die Antriebsvorrichtung zum zumindest zeitweisen Antreiben einer translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Funktionsmaterials relativ zu dem wenigstens einen Strahler ausgebildet ist.

[0011] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial eine sich entlang wenigstens einer Ausdehnungsrichtung des Funktionsmaterials (z.B. entlang seiner Länge und/oder seiner Umfangsrichtung, insbesondere

z.B. im Falle einer i.w. hohlzylindrischen Grundform) ändernde (z.B. kontinuierlich oder auch diskontinuierlich) und/oder unterschiedliche relative Permeabilität und/oder relative Permittivität aufweist (Sprünge der Werte der betreffenden Größe(n) entlang der wenigstens einer Ausdehnungsrichtung des Funktionsmaterials sind weiteren Ausführungsformen zufolge ebenfalls denkbar).

[0012] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die relative Permeabilität und/oder die relative Permittivität des Funktionsmaterials durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld steuerbar ist, wobei insbesondere eine Steuereinrichtung zum zumindest zeitweisen Beaufschlagen wenigstens eines Bereiches des Funktionsmaterials mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld vorgesehen ist.

[0013] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte Steuerung der relativen Permeabilität und/oder der relativen Permittivität kombiniert werden mit einer zumindest zeitweisen Bewegung des Funktionsmaterials bzw. eines daraus gebildeten Funktionskörpers bzw. Formkörpers.

[0014] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte Steuerung der relativen Permeabilität und/oder der relativen Permittivität auch ohne eine (gleichzeitige) zumindest zeitweise Bewegung des Funktionsmaterials bzw. eines daraus gebildeten Funktionskörpers erfolgen.

[0015] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte zumindest zeitweise Bewegung des Funktionsmaterials bzw. eines daraus gebildeten Funktionskörpers auch ohne eine (gleichzeitige) Steuerung der relativen Permeabilität und/oder der relativen Permittivität erfolgen. D.h., bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann allein die Möglichkeit einer (Relativ-) Bewegung des Funktionskörpers bezogen auf den wenigstens einen Strahler vorgesehen sein, ohne die Möglichkeit einer Steuerung von relativer Permeabilität und/oder Permittivität des Funktionskörpers.

[0016] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial ein Metamaterial aufweist. Unter einem Metamaterial wird bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ein Material verstanden, das z.B. eine künstlich hergestellte Struktur aufweist, deren Durchlässigkeit für elektrische und/oder magnetische Felder (Permittivität ϵ_r und/oder Permeabilität μ_r) von der eines in der Natur üblichen bzw. homogenen Materials abweicht. Dies kann bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen beispielhaft durch speziell angefertigte, meist periodische Strukturen aus elektrisch und/oder magnetisch wirksamen (insbesondere leit-

fähigen) Materialien erreicht werden, wobei die genannten Strukturen bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen maximale Strukturausdehnungen im Bereich der Wellenlänge der betrachteten elektromagnetischen Wellen aufweisen. Insbesondere sind unter Anwendung von Metamaterialien bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch negative Realteile z.B. des komplexen Brechungsindex erzielbar.

[0017] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Antenne mit wenigstens einem Strahler und einem den Strahler zumindest bereichsweise umgebenden Funktionsmaterial, wobei a) das Funktionsmaterial relativ zu dem wenigstens einen Strahler bewegbar ist und/oder b) eine relative Permeabilität und/oder eine relative Permittivität des Funktionsmaterials steuerbar ist, und wobei das Verfahren wenigstens einen der folgenden Schritte aufweist: zumindest zeitweises Bewegen des Funktionsmaterials relativ zu dem wenigstens einen Strahler, zumindest zeitweises Steuern einer relativen Permeabilität und/oder einer relativen Permittivität des Funktionsmaterials.

[0018] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial relativ zu dem wenigstens einen Strahler bewegbar ist, wobei eine Antriebsvorrichtung zum zumindest zeitweisen Antreiben einer Bewegung des Funktionsmaterials relativ zu dem wenigstens einen Strahler vorgesehen ist, wobei das Bewegen aufweist: zumindest zeitweises Antreiben einer translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Funktionsmaterials relativ zu dem wenigstens einen Strahler mittels der Antriebsvorrichtung.

[0019] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die relative Permeabilität und/oder die relative Permittivität des Funktionsmaterials durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld steuerbar ist, wobei wenigstens ein Bereich des Funktionsmaterials zumindest zeitweise mittels einer Steuereinrichtung mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld beaufschlagt wird.

[0020] Weitere bevorzugten Ausführungsformen beziehen sich auf eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen.

[0021] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein computerlesbares Speichermedium, umfassend Befehle, z.B. in Form wenigstens eines Computerprogramms, die bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren gemäß den Ausführungsformen auszuführen.

[0022] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms

durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren gemäß den Ausführungsformen auszuführen.

[0023] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Datenträgersignal, das das Computerprogramm gemäß den Ausführungsformen überträgt.

[0024] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf eine Verwendung der Antenne gemäß den Ausführungsformen und/oder des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen und/oder der Vorrichtung gemäß den Ausführungsformen und/oder des Computerprogramms gemäß den Ausführungsformen zur zumindest zeitweisen Beeinflussung wenigstens eines Funkkanals zwischen der Antenne und wenigstens einer externen Einheit, z.B. einem ein Funksignal aussenden Sender, wobei das Funksignal mittels der Antenne empfangbar ist.

[0025] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

[0026] In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 schematisch ein vereinfachtes Diagramm eines Betriebsszenarios gemäß bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 2A schematisch ein vereinfachtes Diagramm einer Antenne gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 2B schematisch eine Detailansicht der Antenne aus **Fig. 2A**,

Fig. 3A schematisch eine Kanalimpulsantwort bei Verwendung einer konventionellen Antenne,

Fig. 3B schematisch eine Frequenzantwort eines Funkkanals bei Verwendung einer konventionellen Antenne,

Fig. 4A schematisch eine Kanalimpulsantwort bei Verwendung einer Antenne gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 4B schematisch eine Frequenzantwort eines Funkkanals bei Verwendung einer Antenne gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 5A schematisch eine Phasenverschiebung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 5B schematisch eine Kanaltransferfunktion gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 6 schematisch ein vereinfachtes Diagramm eines Betriebsszenarios gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 7 schematisch ein vereinfachtes Blockdiagramm einer Vorrichtung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen,

Fig. 8 schematisch ein vereinfachtes Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen, und

Fig. 9 schematisch eine Draufsicht auf eine Antenne gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen.

[0027] **Fig. 1** zeigt schematisch ein vereinfachtes Diagramm eines Betriebsszenarios gemäß bevorzugten Ausführungsformen. Ein Sender **10** sendet ein Funksignal **FS**, das z.B. mittels der Antenne **100** empfangbar ist. Das Funksignal **FS** breitet sich über verschiedene Pfade **P1**, **P2**, **P3** aus, die z.B. auch Hindernisse **O1**, **O2** aufweisen können, an denen die elektromagnetischen Wellen des Funksignals **FS** wie in **Fig. 1** schematisch abgebildet zumindest teilweise reflektiert werden. Dadurch ergeben sich i.d.R. unterschiedliche Laufzeiten und/oder Phasenlagen, die mit den jeweiligen Pfaden **P1**, **P2**, **P3** assoziiert sind, was den Empfang durch die Antenne **100** beeinträchtigen kann.

[0028] Bevorzugte Ausführungsformen, vgl. z.B. **Fig. 2A**, **Fig. 2B**, beziehen sich dementsprechend auf eine Antenne **100** mit wenigstens einem Strahler **110** und einem den Strahler **110** zumindest bereichsweise umgebenden Funktionsmaterial **120**, wobei a) das Funktionsmaterial **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** bewegbar ist und/oder b) eine relative Permeabilität und/oder eine relative Permittivität des Funktionsmaterials **120** steuerbar ist. Dadurch können vorteilhaft unterschiedliche Pfade **P1**, **P2**, **P3**, die unterschiedlichen mittels der Antenne **100** realisierbaren Kommunikationskanälen für entsprechende Teile des Funksignals **FS** (**Fig. 1**) entsprechen, in unterschiedlicher Weise bzw. unterschiedlich stark beeinflusst werden, z.B. hinsichtlich ihrer Signallaufzeit (Verzögerung) bzw. Phase, wodurch ein Empfangen und/oder Senden von Signalen mittels der Antenne **100** (**Fig. 2A**, **Fig. 2B**) verbessert werden kann. Insbesondere können die vorstehend beschriebenen Nachteile des Stands der Technik bei manchen bevorzugten Ausführungsformen vermindert oder vermieden werden.

[0029] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial **120** den wenigstens einen Strahler **110** (**Fig. 2A**) zumindest abschnittsweise ummantelt, also insbesondere

re entlang einer Umfangsrichtung vollständig umgibt. Dies ist beispielhaft in **Fig. 2A** gezeigt, die eine Draufsicht auf den Strahler **110** und das ihn umgebende Funktionsmaterial **120** zeigt. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann der wenigstens eine Strahler **110** z.B. als Dipol ausgebildet sein und z.B. eine i.w. kreiszylindrische Grundform aufweisen.

[0030] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Funktionsmaterial **120** den Dipol **110** bzw. wenigstens einen axialen Bereich des Dipols zumindest bereichsweise entlang einer Umfangsrichtung, vorzugsweise vollständig entlang der Umfangsrichtung, umgeben, mithin den betreffenden axialen Bereich des Dipols ummanteln, vgl. **Fig. 2A**. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Funktionsmaterial **120** beispielsweise eine zumindest i.w. hohlzylindrische Grundform aufweisen, die zumindest bereichsweise über einen Strahler **110**, z.B. den Dipol, bewegbar ist.

[0031] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** bewegbar ist, wobei eine optionale Antriebsvorrichtung **130** zum zumindest zeitweisen Antreiben einer Bewegung des Funktionsmaterials **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** vorgesehen ist.

[0032] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann bei einer beispielhaft angenommenen Ausbildung des Funktionsmaterials **120** i.w. als Hohlzylinder dieser Hohlzylinder **120** z.B. axial (senkrecht zur Zeichenebene der **Fig. 2A**) relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** bewegt werden, um die mittels der Antenne **100** realisierbaren Funkkanäle zu beeinflussen. Alternativ oder ergänzend kann der Hohlzylinder **120** z.B. auch relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** rotiert werden, was z.B. dann vorteilhaft ist, wenn der Hohlzylinder **120** nicht vollständig rotationssymmetrisch ist, sondern z.B. eine sich entlang der Umfangsrichtung ändernde Geometrie (nicht gezeigt), insbesondere Länge, aufweist, und/oder Ausnehmungen bzw. Öffnungen in manchen Umfangsbereichen.

[0033] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die Antriebsvorrichtung **130** (**Fig. 2A**) zum zumindest zeitweisen Antreiben einer translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Funktionsmaterials **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** ausgebildet ist.

[0034] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial **120** eine sich entlang wenigstens einer Ausdehnungsrichtung des Funktionsmaterials (z.B. entlang seiner Länge und/oder seiner Umfangsrichtung, insbesondere z.B. im Falle einer i.w. hohlzylindrischen Grundform) ändernde und/oder unterschiedliche relative Permea-

bilität und/oder relative Permittivität aufweist. Dies ist vorliegend beispielhaft in der Draufsicht von **Fig. 2B** gezeigt, gemäß der das Funktionsmaterial **120** zwei Bereiche **B1**, **B2** aufweist, die jeweils über eine unterschiedliche relative Permeabilität und/oder relative Permittivität verfügen.

[0035] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können diese Bereiche **B1**, **B2** mit unterschiedlicher relativer Permeabilität und/oder relativer Permittivität z.B. im Rahmen einer Fertigung des Funktionsmaterials **120** bzw. eines entsprechenden (vorliegend beispielhaft hohlzylindrischen) Formkörpers **120** definiert werden. Dann kann z.B. durch Drehung des Formkörpers **120** relativ zu dem Strahler **110** eine Beeinflussung der (Empfangs-)Pfade **P1**, **P2**, **P3** erreicht werden, da die betreffenden Bereiche **B1**, **B2** je nach Drehbewegung mehr oder weniger einen Teil der betreffenden Pfade bilden.

[0036] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die relative Permeabilität und/oder die relative Permittivität des Funktionsmaterials **120** durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld steuerbar ist, wobei insbesondere eine optionale Steuerungseinrichtung **140** (**Fig. 2A**) zum zumindest zeitweisen Beaufschlagen wenigstens eines Bereiches **B1**, **B2** des Funktionsmaterials **120** mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld vorgesehen ist. In diesem Fall kann das Funktionsmaterial **120** z.B. homogen bzw. isotrop bezüglich seiner relativen Permeabilität und/oder seiner relativen Permittivität in einem (unbeaufschlagten) Normalzustand ausgebildet werden, und die Bereiche **B1**, **B2** unterschiedlicher relativer Permeabilität und/oder relativer Permittivität können durch die (ggf. nur lokale) Beaufschlagung des Funktionsmaterials **120** mit dem genannten elektrischen Feld und/oder magnetischen Feld bewirkt werden.

[0037] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte Steuerung der relativen Permeabilität und/oder der relativen Permittivität kombiniert werden mit einer zumindest zeitweisen Bewegung des Funktionsmaterials **120** bzw. des daraus gebildeten Funktionskörpers **120**.

[0038] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte Steuerung der relativen Permeabilität und/oder der relativen Permittivität auch ohne eine (gleichzeitige) zumindest zeitweise Bewegung des Funktionsmaterials bzw. eines daraus gebildeten Funktionskörpers erfolgen. Bei diesen Ausführungsformen ist demnach die optionale Antriebsvorrichtung **130** entbehrlich.

[0039] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die genannte zumindest zeitweise Bewegung des Funktionsmaterials **120** bzw. eines daraus

gebildeten Funktionskörpers auch ohne eine (gleichzeitige) Steuerung der relativen Permeabilität und/oder der relativen Permittivität erfolgen. D.h., bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann allein die Möglichkeit einer (Relativ-) Bewegung des Funktionskörpers **120** bezogen auf den wenigstens einen Strahler **110** vorgesehen sein, ohne die Möglichkeit einer Steuerung von relativer Permeabilität und/oder Permittivität des Funktionskörpers mittels elektrischer und/oder magnetischer Felder. Bei diesen Ausführungsformen ist demnach die optionale Steuereinrichtung **140** entbehrlich.

[0040] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial **120** (Fig. 2B) ein Metamaterial aufweist. Unter einem Metamaterial wird bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ein Material verstanden, das z.B. eine künstlich hergestellte Struktur aufweist, deren Durchlässigkeit für elektrische und/oder magnetische Felder (Permittivität ϵ_r und/oder Permeabilität μ_r) von der eines in der Natur üblichen bzw. homogenen Materials abweicht. Dies kann bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen beispielhaft durch speziell angefertigte, meist periodische Strukturen (nicht gezeigt) aus elektrisch und/oder magnetisch wirksamen Materialien erreicht werden, wobei die genannten Strukturen bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen maximale Strukturausdehnungen im Bereich der Wellenlänge der betrachteten elektromagnetischen Wellen des Funksignals **FS** (Fig. 1) aufweisen. Insbesondere sind unter Anwendung von Metamaterialien bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch negative Realteile des komplexen Brechungsindex erzielbar.

[0041] Weitere bevorzugte Ausführungsformen, vgl. auch das Flussdiagramm aus Fig. 8, beziehen sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Antenne **100** (Fig. 2A) mit wenigstens einem Strahler **110** und einem den Strahler **110** zumindest bereichsweise umgebenden Funktionsmaterial **120**, wobei a) das Funktionsmaterial **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** bewegbar ist und/oder b) eine relative Permeabilität und/oder eine relative Permittivität des Funktionsmaterials **120** steuerbar ist, und wobei das Verfahren wenigstens einen der folgenden Schritte aufweist, vgl. Fig. 8: zumindest zeitweises Bewegen **200** des Funktionsmaterials **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110**, zumindest zeitweises Steuern **210** einer relativen Permeabilität und/oder einer relativen Permittivität des Funktionsmaterials **120** (z.B. durch Beaufschlagen mit einem elektrischen und/oder magnetischen Feld). Vorliegend sind beide Schritte **200**, **210** beispielhaft in Fig. 8 aufgeführt, wobei deren Reihenfolge auch variieren kann bzw. wobei beide Schritte **200**, **210** zumindest teilweise zeitliche überlappend ausgeführt werden können. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird nur Schritt **200** ausgeführt, bei weiteren bevor-

zugten Ausführungsformen wird nur Schritt **210** ausgeführt.

[0042] Der weitere optionale Schritt **220** symbolisiert das Empfangen eines Funksignals **FS** (Fig. 1) über die verschiedenen Pfade **P1**, **P2**, **P3**, wobei der Empfang unter Anwendung des Prinzips gemäß den Ausführungsformen vorteilhaft verbessert werden kann, vgl. Schritt **200** und/oder **210**.

[0043] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das Funktionsmaterial **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** bewegbar ist, wobei eine Antriebsvorrichtung **130** (Fig. 2A) zum zumindest zeitweisen Antreiben einer Bewegung des Funktionsmaterials **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** vorgesehen ist, wobei das Bewegen **200** (Fig. 8) aufweist: zumindest zeitweises Antreiben einer translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Funktionsmaterials **120** relativ zu dem wenigstens einen Strahler **110** mittels der Antriebsvorrichtung **130** (Fig. 2A).

[0044] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die relative Permeabilität und/oder die relative Permittivität des Funktionsmaterials **120** durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld steuerbar ist, wobei wenigstens ein Bereich des Funktionsmaterials **120** zumindest zeitweise mittels einer Steuereinrichtung **140** (Fig. 2A) mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld beaufschlagt wird, vgl. Schritt **210** aus Fig. 8.

[0045] Fig. 3A zeigt schematisch eine Kanalimpulsantwort (Amplitude **A1** aufgetragen über der Zeit t) bei Verwendung einer konventionellen Antenne (nicht gezeigt). Die vorliegend beispielhaft drei nichtverschwindenden Amplitudenanteile **P1'**, **P2'**, **P3'** entsprechen z.B. den drei Pfaden **P1**, **P2**, **P3** aus Fig. 1. Fig. 3B zeigt schematisch eine Frequenzantwort (Amplitude **A2** in dB aufgetragen über der Frequenz f) eines Funkkanals bei Verwendung der konventionellen Antenne gemäß Fig. 3A.

[0046] Fig. 4A zeigt schematisch eine Kanalimpulsantwort bei Verwendung einer Antenne **100** gemäß bevorzugten Ausführungsformen, wobei die vorliegend beispielhaft drei nichtverschwindenden Amplitudenanteile **P1"**, **P2"**, **P3"** z.B. den drei Pfaden **P1**, **P2**, **P3** aus Fig. 1 entsprechen. Zu beachten ist der zeitliche Versatz der drei nichtverschwindenden Amplitudenanteile **P1"**, **P2"**, **P3"** bezogen auf die Fig. 3A, der sich durch das Prinzip gemäß den Ausführungsformen ergeben kann. Fig. 4B zeigt schematisch eine Frequenzantwort eines Funkkanals bei Verwendung einer Antenne **100** gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen. Deutlich ist eine Vergleichmäßigung, insbesondere ohne die beiden Extrema

E1, E2, bezogen auf den Verlauf gemäß **Fig. 3B** zu erkennen.

[0047] Durch die Veränderung der Laufzeiten der einzelnen Pfade **P1, P2, P3** aus unterschiedlichen Richtungen, wie sie unter Anwendung des Prinzips gemäß den Ausführungsformen erzielbar ist, werden die Phasen der auf die Antenne **100** bzw. ihren Strahler **110 (Fig. 2A)** eintreffenden Signale verändert, womit die Kanalimpulsantwort und somit auch die Kanaltransferfunktion verändert werden kann. Beispiele hierzu sind nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 5A, Fig. 5B** angegeben.

[0048] **Fig. 5A** zeigt schematisch eine Phasenverschiebung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen, wobei Kurve **C1** eine zufällige Phasenverschiebung pro Pfad und wobei Kurve **C2** eine zufällige Phasenverschiebung für drei Pfade („Cluster“) zusammengenommen zeigt.

[0049] Die Zusammenfassung von mehreren Pfaden gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen und Kurve **C2** soll der Clusterbildung von Pfaden, d.h. zeitlich benachbarte Pfade kommen wahrscheinlich aus einer ähnlichen Richtung, Rechnung tragen. Die Möglichkeit, dass mehrere Pfade zum gleichen Zeitpunkt aus unterschiedlichen Richtungen eintreffen, wurde bei dem vorliegenden Beispiel außer Acht gelassen.

[0050] **Fig. 5B** zeigt schematisch eine (unveränderte) Kanaltransferfunktion, vgl. Kurve **C3**, sowie eine Kanaltransferfunktion mit Phasenverschiebung, vgl. Kurve **C4**, wie sie beispielhaft gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen erhaltbar ist, sowie eine Kanaltransferfunktion mit abschnittsweiser Phasenverschiebung, vgl. Kurve **C5**, wie sie beispielhaft gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen erhaltbar ist.

[0051] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Funktionsmaterial **120 (Fig. 2A)** auch als Beschichtung ausgebildet sein, die z.B. auf eine Außenoberfläche **110a** bzw. Teile einer Außenoberfläche **110a** des Strahlers **110** anbringbar ist. Aufgrund einer möglichen Beeinflussung der Phasen der Pfade **P1, P2, P3** durch die Beschichtung **120** kann die gewünschte (Beeinflussung der) Kanaltransferfunktion gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen vorteilhaft auch mit vergleichsweise dünnen Schichtdicken für die Beschichtung **120** realisiert werden. Nachfolgend ist eine Beispielrechnung gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen für eine Signalfrequenz bzw. Mittenfrequenz $f = 3 \text{ GHz}$ (Gigahertz) angegeben. Die Phasenlage $\Delta\rho$ nach dem Durchlauf der Schicht **120** mit der Dicke d ergibt sich

$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0,1m}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ zu } \Delta\rho = \frac{360^\circ}{\lambda} d. \quad \text{Für eine Dicke}$$

von $d = 0,05 \text{ m}$ (5 cm) ergibt sich für $\epsilon_r = 1$ dann $\Delta\rho = 180^\circ$. Um die Phasenlage gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen in einem Pfad beliebig, z.B. bis zu 360° zu verändern, sollte bevorzugt die relative Permittivität von $\epsilon_r = 1$ bis 9 in dem Material **120** variiert werden können, z.B. durch das Anlegen eines elektrischen Feldes.

[0052] **Fig. 6** zeigt schematisch ein vereinfachtes Diagramm eines Betriebsszenarios gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen. Ein Kommunikationssystem **KS** erhält von der Antenne **100** ein Antennensignal **AS**, ermittelt in Abhängigkeit von dem Antennensignal **AS** einen Informationsfluss **IF**, der beispielsweise die Ermittlung von Steuersignalen **SS** für die Antenne **100** mittels der Vorrichtung **300** ermöglicht. Die Steuersignale **SS** können bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen z.B. angeben, ob das Funktionsmaterial **120** bewegt werden soll und/oder ob die relative Permittivität bzw. Permeabilität des Funktionsmaterials **120** verändert werden soll, und, falls ja, ggf. in welcher Weise bzw. in welchem Maße.

[0053] **Fig. 7** zeigt schematisch ein vereinfachtes Blockdiagramm der Vorrichtung **300** zur Ausführung des Verfahrens gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen, also z.B. des Ablaufs gemäß **Fig. 8**. Die Vorrichtung **300** kann z.B. in Abhängigkeit der Daten **IF (Fig. 6)** des Kommunikationssystems **KS** die Steuersignale **SS** ermitteln und/oder die Antenne **100** bzw. ihr Funktionsmaterial **120** entsprechend steuern.

[0054] Die Vorrichtung **300 (Fig. 7)** weist wenigstens eine Recheneinrichtung **302** auf, die z.B. über einen oder mehrere Rechenkerne (nicht gezeigt) verfügen kann, wenigstens eine der Recheneinrichtung **302** zugeordnete Speichereinrichtung **304** zur zumindest zeitweisen Speicherung eines Computerprogramms **PRG**, wobei das Computerprogramm **PRG** insbesondere zur Steuerung eines Betriebs der Vorrichtung **300** und/oder der Antenne **100** und/oder zur Ausführung des Verfahrens gemäß bevorzugten Ausführungsformen ausgebildet ist.

[0055] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen weist die Recheneinrichtung **302** wenigstens eines der folgenden Elemente auf: einen Mikroprozessor, einen Mikrocontroller, einen digitalen Signalprozessor (**DSP**), einen programmierbaren Logikbaustein (z.B. **FPGA**, field programmable gate array), einen **ASIC** (anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis), eine Hardwareschaltung. Kombinationen hieraus sind bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch denkbar.

[0056] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen weist die Speichereinrichtung **304** wenigstens eines der folgenden Elemente auf: einen flüchtigen Speicher **304a**, insbesondere Arbeitsspeicher

(RAM), einen nichtflüchtigen Speicher **304b**, insbesondere Flash-EEPROM. Bevorzugt ist das Computerprogramm PRG in dem nichtflüchtigen Speicher **304b** abgelegt.

[0057] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Computerprogramm PRG die Funktionalität des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen bereitstellen, wie sie vorstehend beispielhaft unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **Fig. 6**, **Fig. 8** beschrieben worden ist. Insbesondere kann das Computerprogramm PRG bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch die Antriebsvorrichtung **130** (**Fig. 2A**) und/oder die Steuereinrichtung **140** steuern, die vorliegend in dem optionalen Block **308** aus **Fig. 7** zusammengefasst sind.

[0058] Die Recheneinrichtung **302** kann bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen auch als „Computer“ bezeichnet werden, und das Verfahren gemäß bevorzugten Ausführungsformen, das insbesondere auch als computerimplementiertes Verfahren realisierbar ist, ist bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen durch den Computer **302** ausführbar.

[0059] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein computerlesbares Speichermedium **SM** (**Fig. 7**), umfassend Befehle, insbesondere in Form eines bzw. des Computerprogramms PRG, die bei der Ausführung durch einen Computer **302** diesen veranlassen, das Verfahren gemäß den Ausführungsformen auszuführen. Das Speichermedium **SM** kann beispielsweise einen Festplattenspeicher (Harddisk) und/oder einen Halbleiterspeicher, z.B. eine SSD und/oder einen optischen Speicher (CD-ROM, DVD, usw.) und/oder einen sonstigen, bevorzugt digitalen, computerlesbaren Speicher aufweisen.

[0060] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Datenträgersignal DS, das das Computerprogrammprodukt PRG gemäß den Ausführungsformen charakterisiert und/oder überträgt. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Datenträgersignal DS z.B. für eine Übertragung des Computerprogramms PRG gemäß den Ausführungsformen von einer ersten Einheit (nicht gezeigt) zu einer zweiten Einheit (z.B. zu der Vorrichtung **300**, **Fig. 7**) verwendet werden, z.B. von einem Server-Computer zu der Vorrichtung **300**. Die Übertragung des Datenträgersignals DS kann beispielsweise einen Download des Computerprogramms PRG gemäß den Ausführungsformen über ein Datennetzwerk, insbesondere ein privates und/oder öffentliches Computernetzwerk wie z.B. das Internet umfassen, und/oder einen Cloud-Dienst, wobei das Datenträgersignal DS beispielsweise eine Mehrzahl von Datenpaketen umfassen kann. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die Übertragung z.B. auch wenigstens teilweise über ein (zelluläres) Mo-

bilfunknetz, z.B. nach dem 4G- oder 5G-Standard, erfolgen. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die Vorrichtung **300** eine optionale Datenschnittstelle **306** zum Empfang des Datenträgersignals DS aufweisen.

[0061] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist das vorstehend beispielhaft unter Bezugnahme auf einen Strahler **110** (**Fig. 2A**) beschriebene Prinzip auch auf Antennen anwendbar, die mehr als einen (aktiven und/oder passiven) Strahler **110** aufweisen, vgl. die beispielhafte Draufsicht auf eine Antenne **100'** vom Yagi-Uda-Typ in **Fig. 9**. Besonders bevorzugt können bei solchen Ausführungsformen **100'** mit mehreren Strahlern wenigstens zwei der mehreren Strahler jeweils ein entsprechendes Funktionsmaterial zugeordnet sein. Beispielsweise kann die Antenne **100'** gemäß weiteren bevorzugten Ausführungsformen als Yagi-Uda-Antenne mit einem (aktiven) Strahler **110**, einem Reflektor **111** und wenigstens einem (vorliegend drei) Direktor(en) **112** ausgebildet sein, wobei z.B. sowohl dem aktiven Strahler **110** als auch z.B. wenigstens einem Direktor **112** der Yagi-Uda-Antenne ein Funktionsmaterial **120a**, **120b** gemäß den Ausführungsformen zugeordnet werden kann.

[0062] Weitere bevorzugte Ausführungsformen beziehen sich auf eine Verwendung der Antenne **100**, **100'** gemäß den Ausführungsformen und/oder des Verfahrens gemäß den Ausführungsformen und/oder der Vorrichtung **300** gemäß den Ausführungsformen und/oder des Computerprogramms PRG gemäß den Ausführungsformen zur zumindest zeitweisen Beeinflussung wenigstens eines Funkkanals zwischen der Antenne **100**, **100'** und wenigstens einer externen Einheit **10** (**Fig. 1**).

[0063] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen können durch eine Ummantelung der z.B. zumindest zeitweise als Empfangsantenne arbeitenden Antenne **100** (**Fig. 2A**) mit dem Funktionsmaterial **120**, das bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen eine über den Verlauf des Materials (z.B. entlang mindestens einer Ausdehnungsrichtung des Funktionsmaterials **120**) unterschiedliche relative Permittivitätszahl ϵ_r , oder Permeabilitätszahl μ_r , aufweist, einzelne Pfade **P1**, **P2**, **P3** (**Fig. 6**) des empfangenen Signals z.B. je nach Einfallsrichtung unterschiedlich stark verzögert werden. Die Geschwindigkeit des Signals ist z.B. je nach aktuellem Wert der relativen Permittivität bzw. Permeabilität unterschiedlich. Dadurch ergeben sich im Vergleich zur Kanalimpulsantwort ohne Ummantelung (konventionelle Antenne) verzögerte Pfade je nach Einfallsrichtung.

[0064] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann vorteilhaft auch eine Emulation der Veränderung der Antennenposition der Antenne **100**, **100'** aus Sicht des Funksignals **FS** (**Fig. 1**) durch eine

Veränderung der relativen Permittivität und/oder Permeabilität des Funktionsmaterials **120** erreicht werden. Eine solche Veränderung kann bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen z.B. durch Bewegung des Funktionsmaterials **120** relativ zur Antenne **100** bzw. zu ihrem wenigstens einen Strahler **110** geschehen (z.B. Rotation des Funktionsmaterials **120** um den Strahler **110** der Antenne **100**, vgl. z.B. Schritt **200** aus **Fig. 8**). Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen werden die Materialeigenschaften z.B. durch örtliches Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes bei einem entsprechend ausgebildeten Funktionsmaterial **120** (es sind z.B. auch Metamaterialien denkbar) verändert, um den gleichen bzw. einen vergleichbaren Effekt zu erzielen, vgl. auch Schritt **210** aus **Fig. 8**. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen sind die Schritte **200**, **210** auch miteinander kombinierbar bzw. zumindest zeitweise auch gleichzeitig zueinander ausführbar.

[0065] Die Veränderung der Eigenschaften der Ummantelung **120** der Antenne **100** kann bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen zumindest zeitweise a) zufällig und/oder b) systematisch und/oder c) in Abhängigkeit einer Rückkopplung von Statusinformationen **SS** (**Fig. 6**), die z.B. den Funkkanal charakterisieren, erfolgen. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist auch der Einsatz von maschinellem Lernen („**ML**“) zur optimalen Konfiguration denkbar.

[0066] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen werden für das Funktionsmaterial **120** ein oder mehrere Materialien mit veränderbaren Eigenschaften eingesetzt, die sich z.B. durch das Anlegen eines elektrischen Feldes hinsichtlich ihrer relativen Permeabilität und/oder relativen Permittivität steuern lassen, wodurch eine effiziente Veränderung der Signallaufzeiten von Funksignalen in dem Funktionsmaterial **120** erzielt wird. Diese Variante bietet eine besonders hohe Flexibilität und lässt eine gezielte dynamische Beeinflussung bzw. Veränderung des Funkkanals zu.

[0067] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen wird das z.B. in Form einer Ummantelung bzw. Beschichtung des wenigstens einen Strahlers **110** (**Fig. 2A**) der Antenne **100** vorliegende Funktionsmaterial **120** relativ zur Antenne **100** bzw. zu ihrem Strahler **110** bewegt, um die Laufzeiten der Signale aus unterschiedlichen Richtungen (vgl. die Pfade **P1**, **P2**, **P3**) zu verändern. Die Beschichtung **120** hat dabei vorzugsweise eine nicht veränderbare, über z.B. die Länge (entlang einer Längsachse des Strahlers **110**) des Materials **120** aber nicht konstante relative Permittivität und/oder Permeabilität. Die Bewegung der Ummantelung **120** kann z.B. mit Hilfe eines Motors **130** (**Fig. 2A**) erfolgen, der von der Vorrichtung **300** (**Fig. 7**) gesteuert wird.

[0068] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann unter Anwendung des vorstehend beschriebenen Prinzips auch eine Kanalimpulsantwort zwischen Sender und Empfänger am Sender beeinflusst werden. Hierbei ist jedoch der Informationsfluss vom Empfänger zum Sender länger, da die Information erst zurückgesendet werden muss. Zudem hat eine Veränderung der Kanalimpulsantwort am Sender Auswirkung auf alle Empfänger.

[0069] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann das Prinzip gemäß den Ausführungsformen z.B. bei Funksystemen des 5G (fünfte Generation)-Standards, insbesondere im Bereich der Industrieautomatisierung, eingesetzt werden, insbesondere zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Funkkommunikation, und/oder z.B. bei Funksystemen gemäß IEEE **802.11** und dergleichen.

Patentansprüche

1. Antenne (100; 100') mit wenigstens einem Strahler (110) und einem den Strahler (110) zumindest bereichsweise umgebenden Funktionsmaterial (120), wobei a) das Funktionsmaterial (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) bewegbar ist und/oder b) eine relative Permeabilität und/oder eine relative Permittivität des Funktionsmaterials (120) steuerbar ist.
2. Antenne (100; 100') nach Anspruch 1, wobei das Funktionsmaterial (120) den wenigstens einen Strahler (110) zumindest abschnittsweise ummantelt.
3. Antenne (100; 100') nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei das Funktionsmaterial (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) bewegbar ist, und wobei eine Antriebsvorrichtung (130) zum zumindest zeitweisen Antreiben einer Bewegung des Funktionsmaterials (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) vorgesehen ist.
4. Antenne (100; 100') nach Anspruch 3, wobei die Antriebsvorrichtung (130) zum zumindest zeitweisen Antreiben einer translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Funktionsmaterials (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) ausgebildet ist.
5. Antenne (100; 100') nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Funktionsmaterial (120) eine sich entlang wenigstens einer Ausdehnungsrichtung des Funktionsmaterials (120) ändernde und/oder unterschiedliche relative Permeabilität und/oder relative Permittivität aufweist.
6. Antenne (100; 100') nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die relative Permeabilität und/oder die relative Permittivität des Funkti-

onsmaterials (120) durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld steuerbar ist, und wobei insbesondere eine Steuereinrichtung (140) zum zumindest zeitweisen Beaufschlagen wenigstens eines Bereiches des Funktionsmaterials (120) mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld vorgesehen ist.

7. Antenne (100; 100') nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Funktionsmaterial (120) ein Metamaterial aufweist.

8. Verfahren zum Betreiben einer Antenne (100; 100') mit wenigstens einem Strahler (110) und einem Strahler (110) zumindest bereichsweise umgebenden Funktionsmaterial (120), wobei a) das Funktionsmaterial (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) bewegbar ist und/oder b) eine relative Permeabilität und/oder eine relative Permittivität des Funktionsmaterials (120) steuerbar ist, und wobei das Verfahren wenigstens einen der folgenden Schritte aufweist: zumindest zeitweises Bewegen (200) des Funktionsmaterials (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110), zumindest zeitweises Steuern (210) einer relativen Permeabilität und/oder einer relativen Permittivität des Funktionsmaterials (120).

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Funktionsmaterial (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) bewegbar ist, und wobei eine Antriebsvorrichtung (130) zum zumindest zeitweisen Antreiben einer Bewegung des Funktionsmaterials (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) vorgesehen ist, wobei das Bewegen (200) aufweist: zumindest zeitweises Antreiben einer translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Funktionsmaterials (120) relativ zu dem wenigstens einen Strahler (110) mittels der Antriebsvorrichtung (130).

10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 9, wobei die relative Permeabilität und/oder die relative Permittivität des Funktionsmaterials (120) durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld steuerbar ist, und wobei wenigstens ein Bereich des Funktionsmaterials (120) zumindest zeitweise mittels einer Steuereinrichtung (140) mit einem elektrischen Feld und/oder einem magnetischen Feld beaufschlagt wird.

11. Vorrichtung (300) zur Ausführung des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 10.

12. Computerlesbares Speichermedium (SM), umfassend Befehle, insbesondere in Form eines Computerprogramms (PRG), die bei der Ausführung durch einen Computer (302) diesen veranlassen, das Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 10 auszuführen.

13. Computerprogramm (PRG), umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer (202) diesen veranlassen, das Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 10 auszuführen.

14. Datenträgersignal (DS), das das Computerprogramm (PRG) nach Anspruch 13 überträgt.

15. Verwendung der Antenne (100; 100') nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7 und/oder des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 10 und/oder der Vorrichtung (300) nach Anspruch 11 und/oder des Computerprogramms (PRG) nach Anspruch 13 zur zumindest zeitweisen Beeinflussung wenigstens eines Funkkanals zwischen der Antenne (100; 100') und wenigstens einer externen Einheit (10).

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

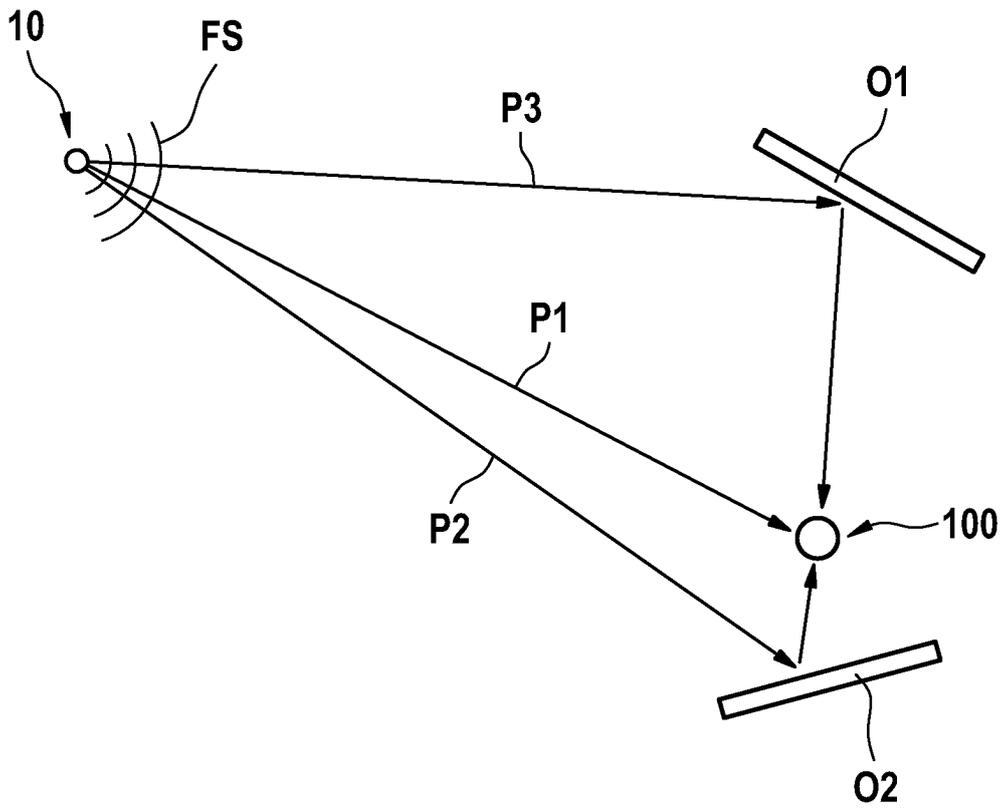
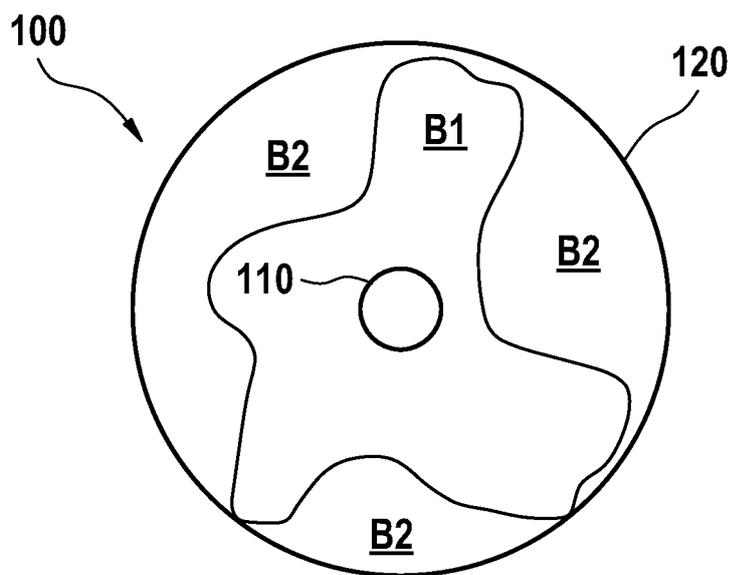
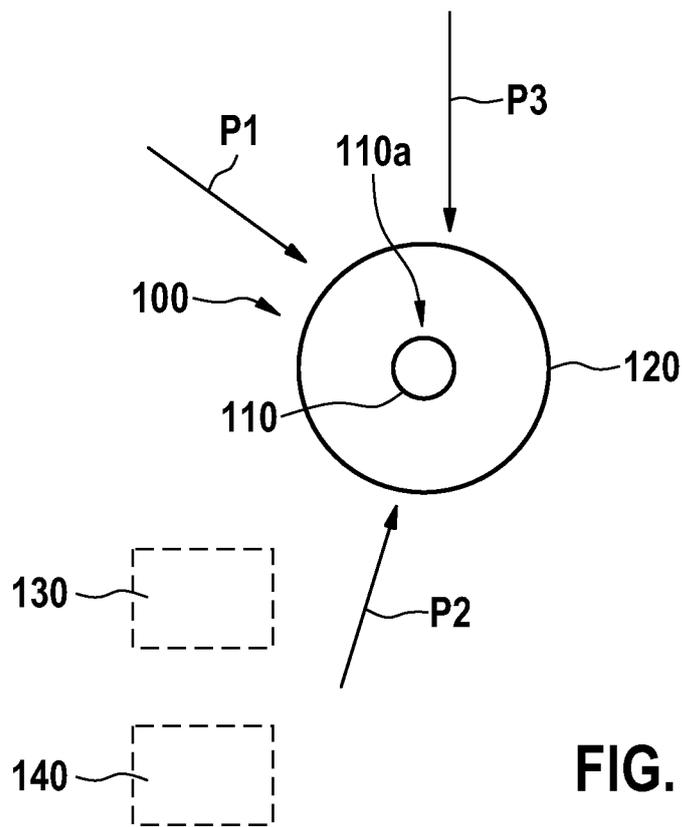


FIG. 1



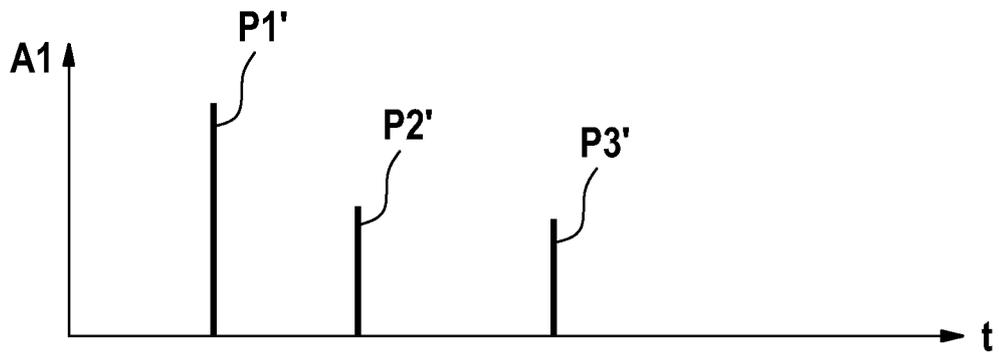


FIG. 3A

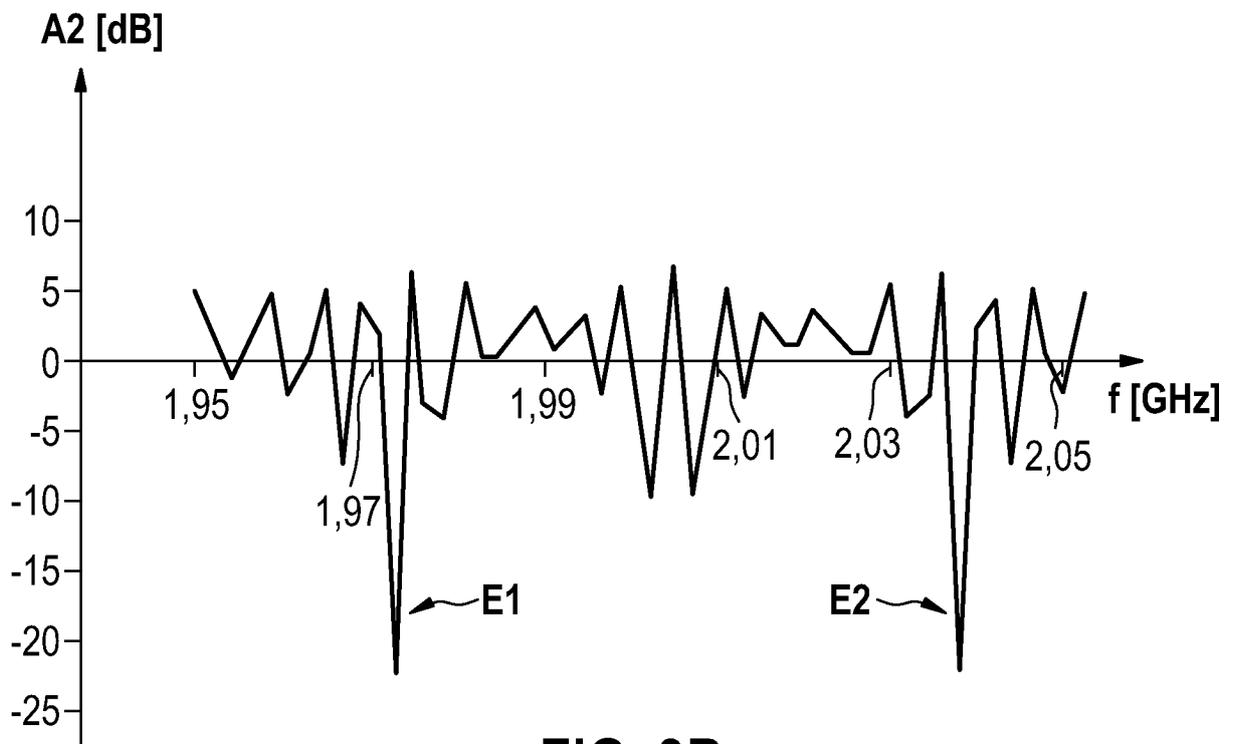


FIG. 3B

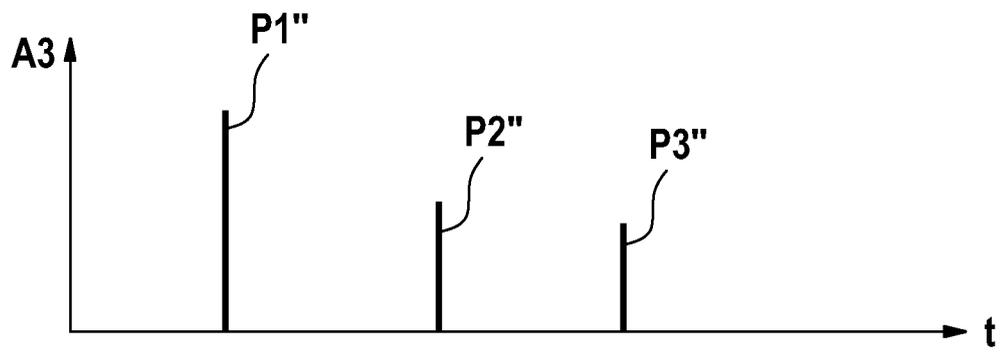


FIG. 4A

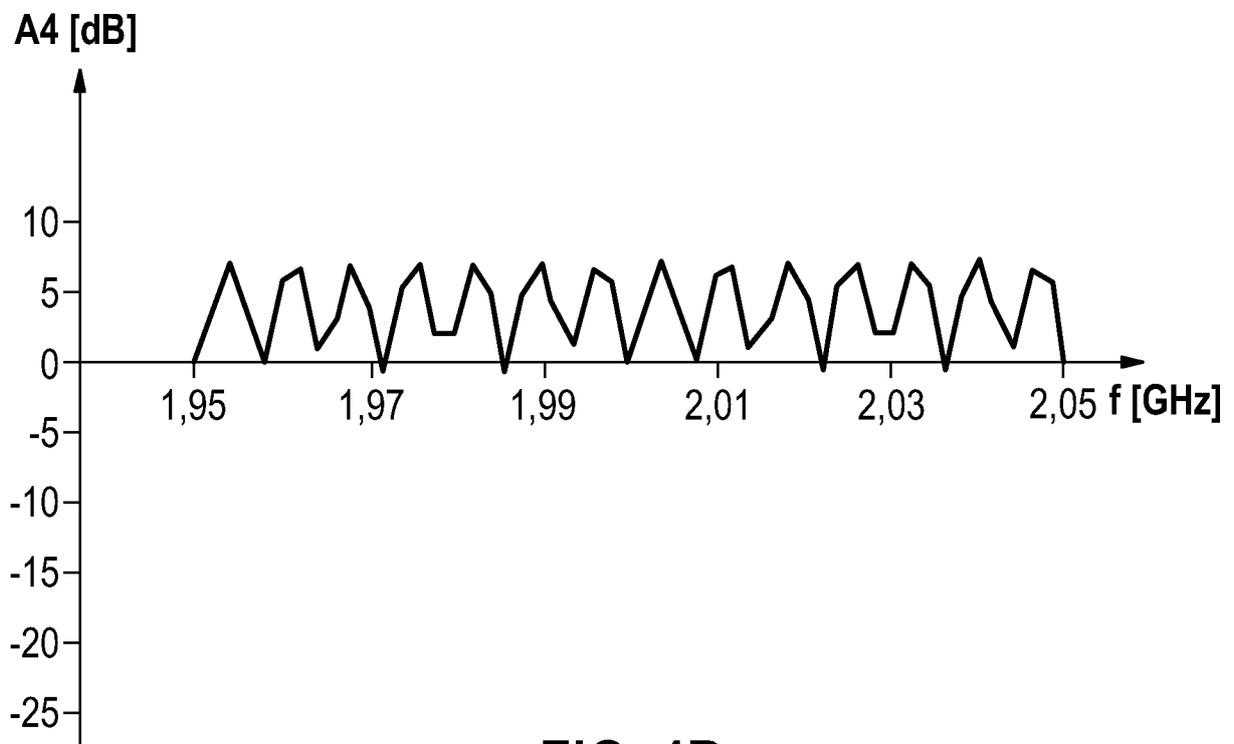


FIG. 4B

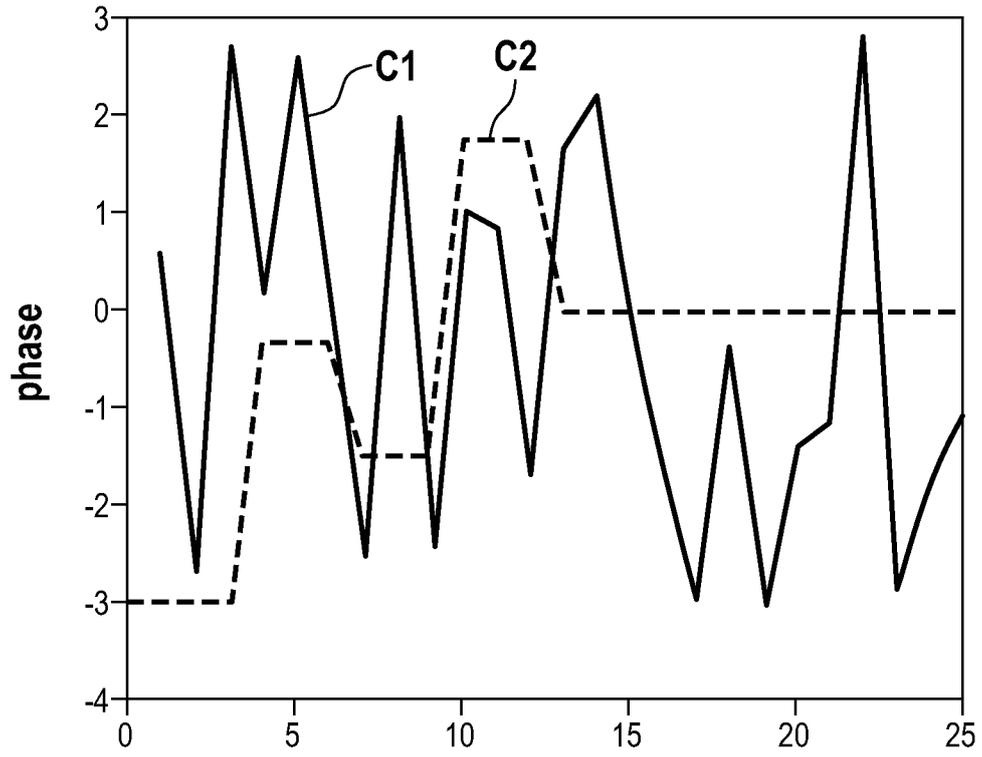


FIG. 5A

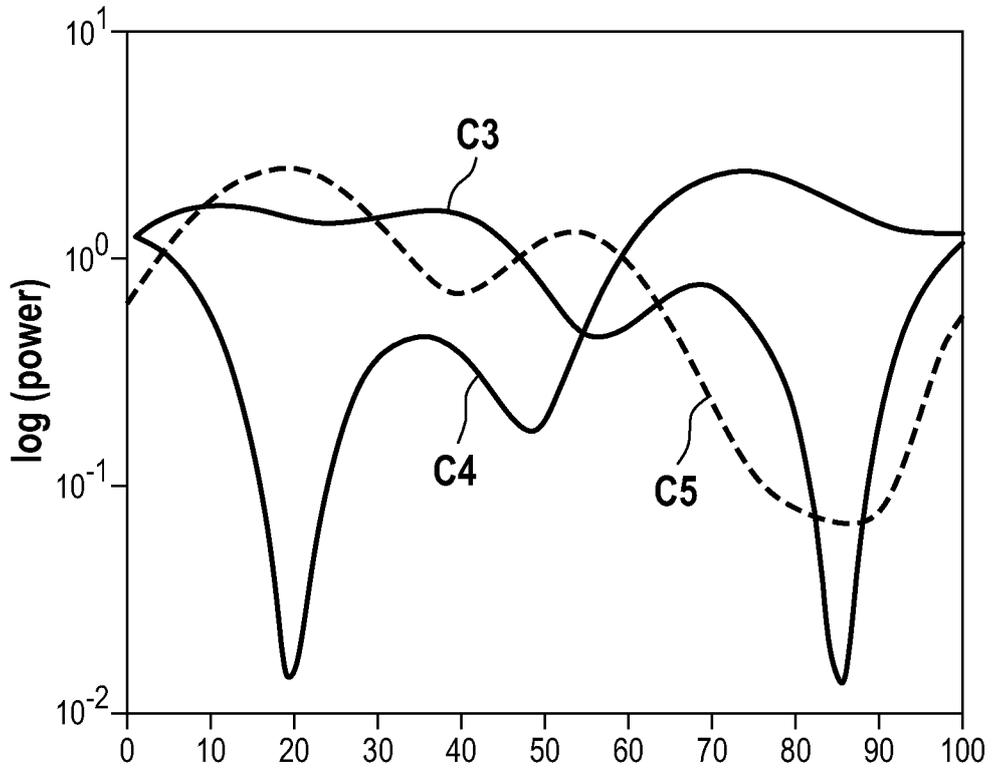


FIG. 5B

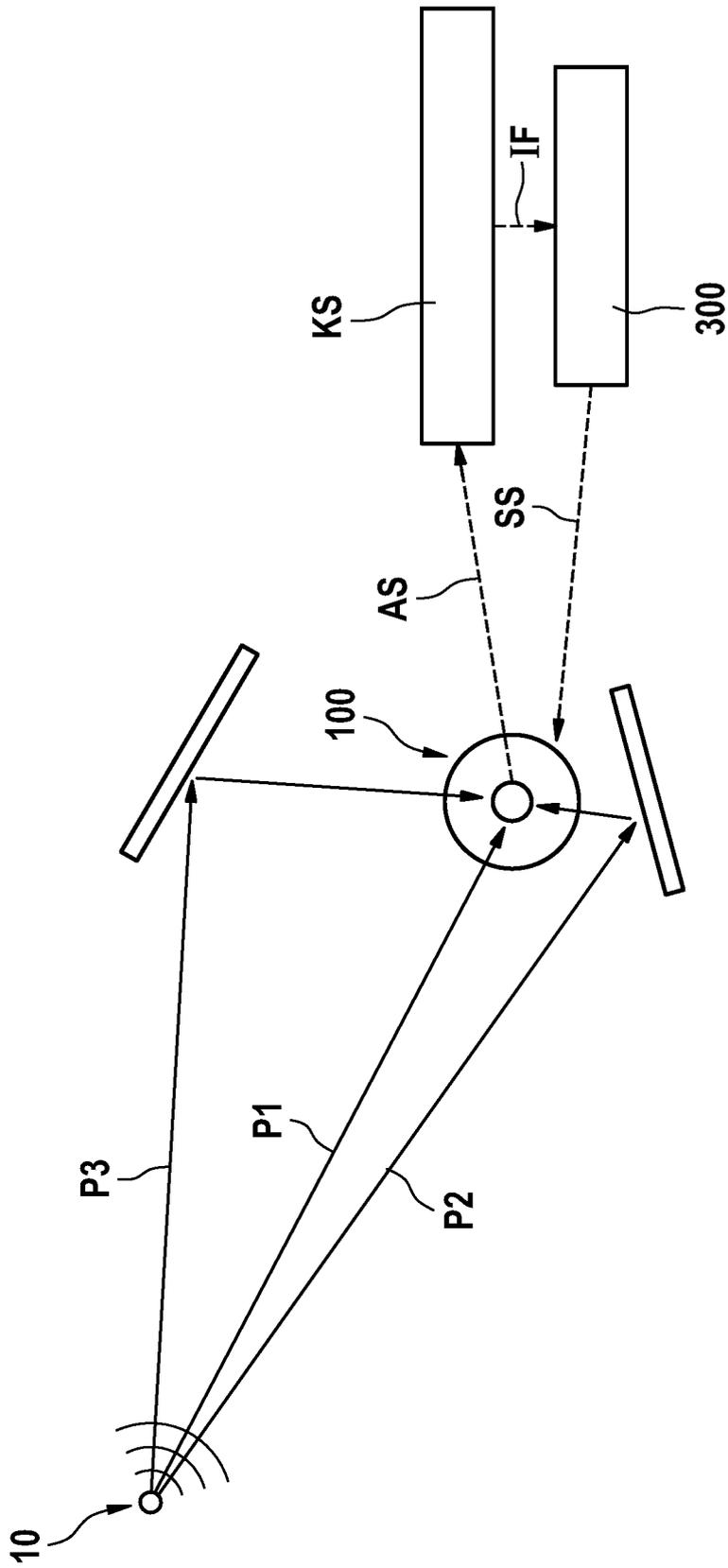


FIG. 6

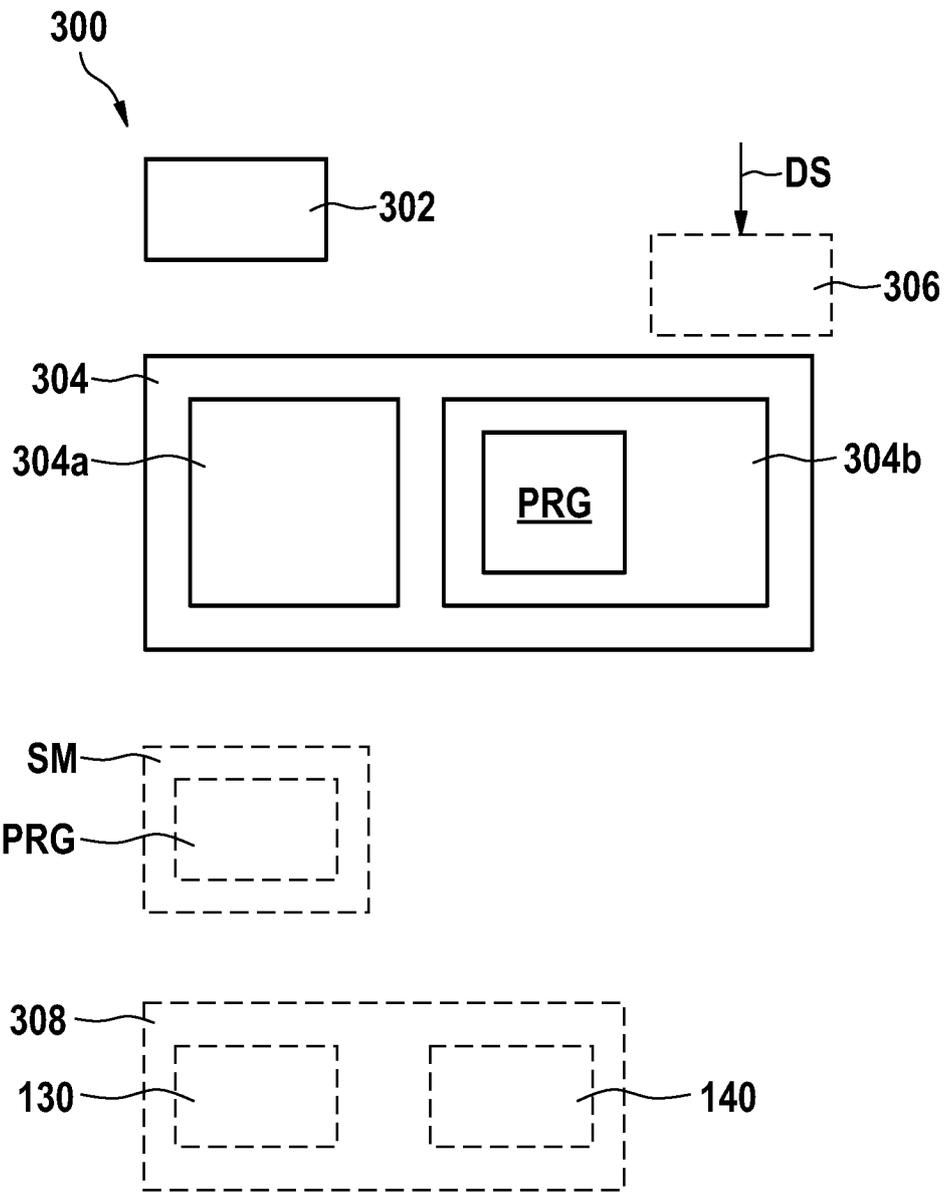


FIG. 7

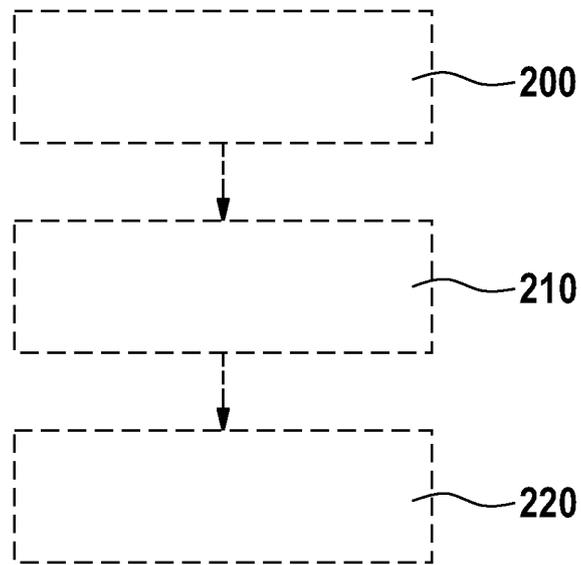


FIG. 8

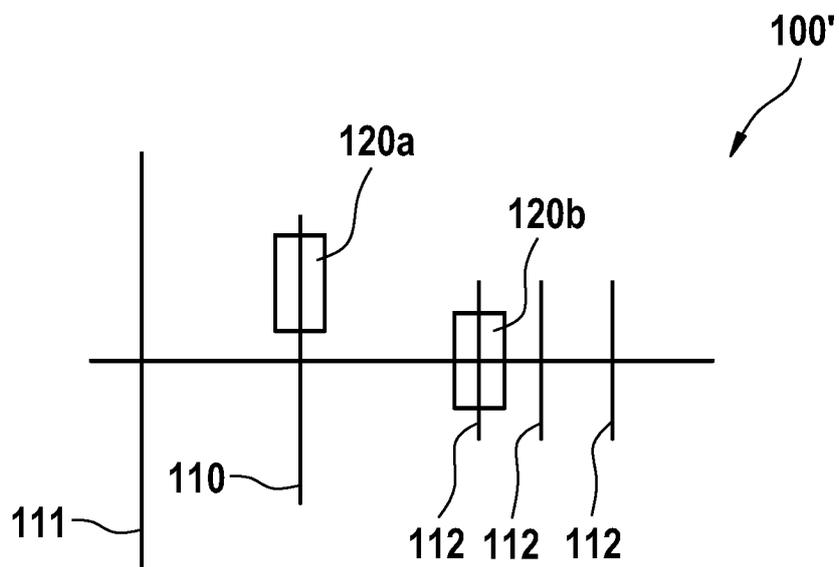


FIG. 9