

(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
01. November 2018 (01.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/197546 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02F 1/11 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/060564

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. April 2018 (25.04.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 108 854.7
25. April 2017 (25.04.2017) DE

(71) Anmelder: LEICA MICROSYSTEMS CMS GMBH
[DE/DE]; Ernst-Leitz-Str. 17-37, 35578 Wetzlar (DE).

(72) Erfinder: BIRK, Holger; Am Rohrbächle 10, 74909 Meckesheim (DE).

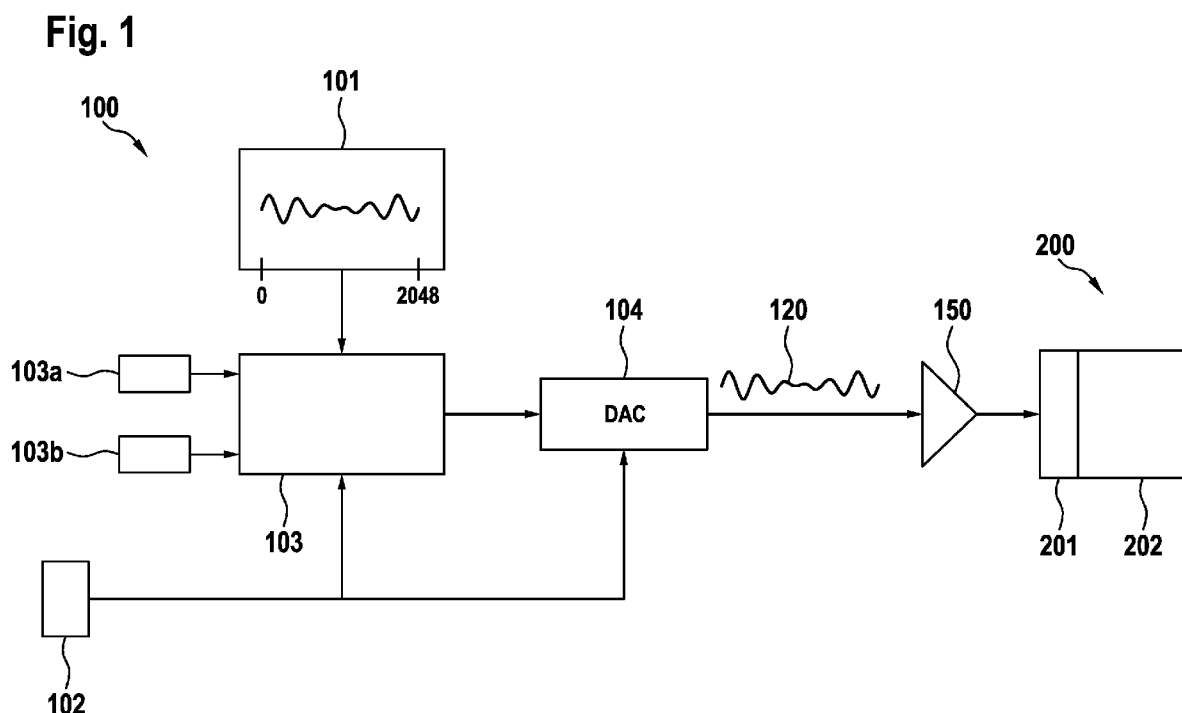
(74) Anwalt: M PATENT GROUP; 33 04 29, Postfach 33 04 29, 80064 München (DE).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: METHOD AND SIGNAL GENERATOR FOR CONTROLLING AN ACOUSTO-OPTIC ELEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SIGNALGENERATOR ZUM ANSTEUERN EINES AKUSTOOPTISCHEN ELEMENTS



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling an acousto-optic element (200) by means of a control signal (120) that is produced with a signal value sequence composed of at least two frequency components by means of a DDS method. The invention further relates to a signal generator (100) for controlling an acousto-optic element (200) and to a microscope.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines akustooptischen Elements (200) mit einem Ansteuersignal (120), das mittels eines DDS-Verfahrens mit einer Signalwertfolge, die sich aus mindestens zwei Frequenzkomponenten zusammensetzt, erzeugt wird. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Signalgenerator (100) zum Ansteuern eines akustooptischen Elements (200) sowie ein Mikroskop.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2018/197546 A1

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).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

5 **Verfahren und Signalgenerator zum Ansteuern eines akustooptischen Elements**

Beschreibung

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Signalgenerator zum Ansteuern eines akustooptischen Elements, eine Anordnung aus einem solchen Signalgenerator und einem akustooptischen Element sowie ein Mikroskop mit einer solchen Anordnung.

15

Stand der Technik

20

Eine wesentliche Herausforderung in Bereichen der Mikroskopie ist, unabhängig vom eingesetzten Verfahren, die Bereitstellung von Anregungslicht mit einer oder mehreren vorgegebenen Wellenlängen. Je nach Art des Mikroskopieverfahrens und/oder nach Art der Probe können ein oder mehrere Anregungslichtstrahlen, welche in der Regel vorgegebene spektrale Eigenschaften aufweisen müssen, notwendig sein.

25

Beispielsweise ist es auf dem Gebiet der Fluoreszenzmikroskopie wichtig, Licht mit derjenigen Wellenlänge zu verwenden, die die Fluoreszenz anregt. Verschiedene Wellenlängen werden insbesondere dann gebraucht, wenn die Probe Fluoreszenzstoffe mit unterschiedlichen Anregungswellenlängen enthält.

– 2 –

Auf dem Gebiet der konfokalen Rastermikroskopie ist es von besonderem Interesse, die Intensitäten für bestimmte Wellenlängen anzupassen oder bestimmte Wellenlängen ein- oder auszuschalten.

- 5 Zu diesem Zweck können wellenlängenselektive Elemente zum Einsatz kommen, welche auf dem akustooptischen Effekt basieren. Derartige akustooptische Elemente weisen in der Regel einen sogenannten akustooptischen Kristall auf, welcher mittels eines akustischen Signalgebers, auch als Wandler oder "Transducer" bezeichnet, in Schwingung versetzt wird. In der Regel weist ein
- 10 derartiger Wandler ein piezoelektrisches Material sowie zwei oder mehrere dieses Material kontaktierende Elektroden auf. Durch elektrisches Beschalten der Elektroden mit Hochfrequenzen (HF, auch: Radiofrequenzen, RF, radio frequencies), die typischerweise im Bereich zwischen 10 MHz und 10 GHz liegen, wird das piezoelektrische Material zum Schwingen angeregt, so dass eine
- 15 akustische Welle entstehen kann, die den Kristall durchläuft. Akustooptische Kristalle zeichnen sich dadurch aus, dass die entstehende Schallwelle die optischen Eigenschaften des Kristalls verändert.

- Beispiele für solche akustooptischen Elemente sind akustooptische abstimmbare
- 20 Filter (AOTF), akustooptische Modulatoren (AOM), akustooptische Ablenker (AOD), akustooptische Strahlteiler (AOBS) und akustooptische Strahlvereiniger (AOBM).

- Eine besondere Herausforderung bei der Verwendung von akustooptischen
- 25 Elementen stellt deren Ansteuerung dar. Die hochfrequenten elektrischen Signale für den Wandler werden üblicherweise in einem Frequenzgenerator (beispielsweise ein spannungsgesteuerter Oszillator (englisch voltage-controlled oscillator, VCO), in einer Phasenregelschleife (englisch phase-locked loop, PLL), oder in einem Synthesizer nach dem DDS-Verfahren (direkte digitale Synthese
- 30 (englisch direct digital synthesis)) erzeugt und mittels Hochfrequenzverstärkers so verstärkt, dass die Amplitude genügend groß ist, um den Kristall in Schwingung zu

– 3 –

versetzen. Bei mehreren gleichzeitig angelegten, unterschiedlichen Ansteuerfrequenzen können Lichtstrahlen mehrerer Wellenlängen gleichzeitig (beispielsweise bei einem AOTF, AOBS, AOBM, AOM) beziehungsweise eine Wellenlänge eines einfallenden Lichtstrahls in mehrere Lichtstrahlen verschiedener Richtungen gleichzeitig (beispielsweise bei einem AOD) abgelenkt werden.

Zur Erzeugung eines Ansteuersignals mit mehreren Frequenzen können einzelne Frequenzgeneratoren, z.B. DDS-Synthesizer, welche je z.B. ein sinusförmiges Signal generieren, kombiniert werden, z.B. durch analoges Mischen der Ausgangssignale. Alternativ ist auch eine digitale Superposition möglich, wie z.B. in der WO 2011/154501 A1 gezeigt. Ein beispielhafter DDS-Synthesizer ist in Figur 1 dargestellt.

Bei mehreren gleichzeitig verwendeten Ansteuerfrequenzen ergeben sich aufgrund von Nichtlinearitäten in Verstärker, Transducer, Kristall oder anderweitigem Energieaustausch zwischen den Ansteuerfrequenzen immer auch Schwebungen beziehungsweise Intensitätsschwankungen, welche mit sämtlichen Differenz- und Summenfrequenzen auftreten können. Besonders störend sind dabei Modulationen des gebeugten Lichts aufgrund von (kleinen) Differenzfrequenzen, welche dann auch zu unerwünschten Modulationen des aus dem gebeugten Licht abgeleiteten Mess- bzw. Nutz-Signals führen können. Eine Folge sind beispielsweise Streifenmuster im Bild.

Ein zusätzliches Problem bei der Ansteuerung eines akustooptischen Elements folgt aus der temperaturabhängigen Schallgeschwindigkeit im akustooptischen Kristall. Wird die Kristalltemperatur nicht auf einem konstanten Wert gehalten oder werden die Frequenzen des Ansteuersignals nicht entsprechend nachgeführt, verschiebt sich das Beugungsmuster. Eine Frequenznachführung wird z.B. in der DE 10 2007 053 199 A1 behandelt. Jedoch gestaltet sich eine

– 4 –

Frequenznachführung bei gemischten Signalen äußerst aufwendig, da sich die Differenz- und Summenfrequenzen verändern.

- 5 Es ist wünschenswert, akustooptische Elemente mit einer Überlagerung von mehreren Ansteuerfrequenzen zu betreiben. Dabei sollen unerwünschte Schwebungen der Intensität des gebeugten Lichts minimiert werden.

Offenbarung der Erfindung

- 10 Erfindungsgemäß werden ein Verfahren und einen Signalgenerator zum Ansteuern eines akustooptischen Elements, eine Anordnung aus einem solchen Signalgenerator und einem akustooptischen Element sowie ein Mikroskop mit einer solchen Anordnung mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche
15 sowie der nachfolgenden Beschreibung.

- Die Erfindung basiert auf der Maßnahme, dass ein Ansteuersignal für das akustooptische Element mittels eines DDS-Verfahrens mit einer Signalwertfolge, die sich aus mindestens zwei Frequenzkomponenten zusammensetzt, erzeugt
20 wird. Die Signalwertfolge beinhaltet somit bereits die erwünschte Frequenzkombination aus zwei oder mehr Frequenzen für das Ansteuersignal. Bei der apparativen Implementierung in einem Signalgenerator bzw. DDS-Synthesizer ist dann diese Signalwertfolge in einer Speichereinrichtung, beispielsweise in Form einer Tabelle, hinterlegt.

- 25 Vorteilhaft ist dabei, dass der Signalerzeugung nur eine Signalwertfolge zugrunde liegt, die auch die Differenzfrequenzen zwischen den Frequenzkomponenten festgelegt. Um beispielsweise eine Temperaturnachführung durchzuführen, braucht nur das DDS-Phaseninkrement angepasst zu werden. Die Frequenzen
30 werden automatisch gleichmäßig nachgeführt, wodurch auch die Differenzfrequenzen entsprechend nachgeführt werden.

Die Signalwertfolge setzt sich vorzugsweise aus ganzzahligen Perioden jeder Frequenzkomponente zusammen. Beispielsweise könnte die Signalwertfolge die Überlagerung von drei Frequenzkomponenten sein, wobei 10 Perioden einer Komponente mit einer ersten Frequenz, 11 Perioden einer Komponente mit einer zweiten Frequenz und 12 Perioden einer Komponente mit einer dritten Frequenz überlagert sind. Dieses Beispiel ist selbstverständlich nicht beschränkend zu verstehen. Auch jede beliebige andere Kombination von Frequenzkomponenten ist möglich. Wichtig ist lediglich, dass ganzzahlige Perioden der verschiedenen Frequenzkomponenten überlagert sind. Wird nun in diesem Beispiel die Signalwertfolge mittels eines Phaseninkrements durchlaufen, so bleiben die Frequenzverhältnisse untereinander unabhängig von der tatsächlichen Größe des Phaseninkrements erhalten.

In einer vorteilhaften Ausführungsform setzt sich die Signalwertfolge aus wenigstens drei Frequenzkomponenten zusammen, von denen wenigstens ein Paar aus zwei Frequenzkomponenten den gleichen Frequenzabstand voneinander hat wie ein anderes Paar aus zwei Frequenzkomponenten. Dies erlaubt, Schwebungen auszulöschen, wie weiter unten noch erläutert wird. Setzt sich weiter vorzugsweise die Signalwertfolge aus einer ungeraden Anzahl von Frequenzen zusammen, ist eine Schwebungsauslöschung besonders einfach, da sich immer jeweils zwei Frequenzdifferenzen gegenseitig auslöschen können. Für diesen Fall hat idealerweise je eine gerade Anzahl, insbesondere zwei, von Paaren aus zwei Frequenzkomponenten den gleichen Frequenzabstand voneinander.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird die Phase wenigstens einer, vorzugsweise jeder der Frequenzkomponenten zu einem bestimmten Zeitpunkt vorgegeben, um ein Maximum in der Signalwertfolge zu verändern. Insbesondere ist der Zeitpunkt durch den ersten Signalwert charakterisiert, so dass die Phase auch als Startphase bezeichnet werden kann. Jede Veränderung einer Startphase $[0^\circ \text{ bis } 360^\circ]$ einer der Frequenzkomponenten führt in der Überlagerung zu einer

– 6 –

anderen Signalwertfolge mit anderen Maxima und Minima. Vorteilhaft wird nun wenigstens eine Startphase so vorgegeben, dass der Maximalwert der Signalwertfolge möglichst klein bzw. minimal wird. Dies ist vorteilhaft, da umso weniger Nichtlinearitäten und Schwebungen beobachtet werden, je kleiner die

5 Maximalwerte sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird ein Phaseninkrement zum Durchlaufen der Signalwertfolge abhängig von einer Temperatur eines Kristalls des akustooptischen Elements vorgegeben. Wie erläutert, führt eine Veränderung

10 des Phaseninkrements zu einer Veränderung der Frequenzen im Ansteuersignal. Eine solche Temperaturnachführung der Frequenz lässt sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders gut durchführen, da nur das Phaseninkrement angepasst werden muss, um sämtliche Frequenzkomponenten an die neuen Temperaturgegebenheiten anzupassen.

15 Bevorzugt werden die Frequenzkomponenten so vorgegeben, dass sich die Signalform nach einer Zeit kleiner gleich einem Schwellwert wiederholt. Dies ist vorteilhaft, da Schwebungseffekte keinen nachteiligen Effekt wie zum Beispiel ein Streifenmuster im Bild haben, wenn der Schwellwert klein genug ist.

20 Zweckmäßigerweise beträgt der Schwellwert 250 ns. Dies ist vorteilhaft, da bei einem Lichtstrahldurchmesser von z.B. 1 mm und einer Schallgeschwindigkeit von 4.000 m/s sich die gesamte Signalform nach spätestens 250 ns wiederholt. Der Lichtstrahl "sieht" also immer den kompletten, sich wiederholenden

25 Gitterabschnitt.

Obwohl erfindungsgemäß einem Ansteuersignal bereits eine Signalwertfolge mit mehreren Frequenzkomponenten zugrunde liegt, kann dennoch zweckmäßig sein, mehrere solcher erfindungsgemäß erzeugter Ansteuersignal zu überlagern,

30 insbesondere im Wege einer digitalen Superposition.

- 7 -

Prinzipiell ist es mit dem Konzept der digitalen Superposition mehrerer DDS-Ausgangssignale möglich, mehrere Frequenzen mit exakt bekannten Differenz- und Summenfrequenzen zu erzeugen. Alle Signalgeneratoren sollten dazu von demselben Taktgeber getrieben werden. Sollen insbesondere mehrere Frequenzen mit dem exakt gleichen Frequenzabstand realisiert werden, sollten die Phaseninkremente der einzelnen Ausgabefrequenzen denselben Abstand zueinander haben. Die gesamte Signalform wiederholt sich dabei nach der Zeit, die durch den größten gemeinsamen Teiler (ggT) der einzelnen Phaseninkremente gegeben ist.

10

Die Erfindung lässt sich besonders bevorzugt zur Einstellung, insbesondere Vergrößerung, einer Bandbreite des akustooptischen Elements und/oder zur Erzeugung mehrerer Beleuchtungspunkte aus einem das akustooptische Element beleuchtenden Beleuchtungslicht, wie weiter unten noch genauer erläutert wird, einsetzen. Die Position der Beleuchtungspunkte lässt sich dabei insbesondere durch das Phaseninkrement verändern.

15

Unter einer Bandbreite eines akustooptischen Elements (bei ein oder mehr vorgegebenen und an den Transducer des Kristalls angelegten Hochfrequenzen) hinsichtlich des Wellenlängenspektrums des eingestrahlten (breitbandigen) Lichts im Sinne der Erfindung ist die spektrale Breite des Wellenlängenteilbereiches des eingestrahlten Lichts zu verstehen, in dem das akustooptische Element dieses eingestrahlte Licht zu einem bestimmten festgesetzten Intensitätsanteil in die 1. Beugungsordnung beugt. Eine solche Definition der Breite kann beispielsweise basierend auf der Halbwertsbreite (FWHM) des sich ergebenden Intensitätsverlaufs des in die 1. Beugungsordnung gebeugten Lichts erfolgen. Im Wesentlichen entspricht der Intensitätsverlauf dem eines Bandpasses.

20

25

Die so gewonnene Bandbreite eines akustooptischen Elements variiert mit der oder den an den Transducer des Kristalls angelegten Hochfrequenzen.

30

– 8 –

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

5 Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

10 Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Figurenbeschreibung

15 Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines DDS- Synthesizers mit einer Signalform mit mehreren Frequenzkomponenten gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

20 Figur 2a zeigt eine Signalform mit mehreren Frequenzkomponenten gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

25 Figur 2b zeigt eine Signalform mit mehreren Frequenzkomponenten gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung mit angepasster Phasenbeziehung.

 Figur 3 zeigt je eine Signalform mit mehreren Frequenzkomponenten gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung mit und ohne angepasste Phasenbeziehung.

30 Figur 4 zeigt eine Übersicht über die typischen Elemente eines konfokalen Mikroskops in schematischer Ansicht.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnung

Figur 1 zeigt schematisch einen als DDS-Synthesizer 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ausgebildeten Signalgenerator.

Der DDS-Synthesizer 100 dient zur Ansteuerung eines akustooptischen Kristalls 202 eines akustooptischen Elements 200. Das akustooptische Element 200 weist außerdem einen piezoelektrischen Wandler 201 zur Versetzung des Kristalls 202 in mechanische Schwingungen auf.

Dem DDS-Synthesizer 100 ist insbesondere ein, insbesondere verstellbarer, Verstärker 150 nachgeschaltet, der dazu dient, ein von dem DDS-Synthesizer 100 ausgegebenes analoges Ausgangssignal 120 zu verstärken.

Der DDS-Synthesizer 100 weist eine Speichereinrichtung 101 auf, in der eine Signalwertfolge, beispielsweise in Form einer Liste oder Tabelle mit Signalwerten, abgelegt ist. Die Signalwertfolge weist eine Anzahl von Signalwerten (d.h. Zahlenwerte), z.B. in Form von Intensitätswerten, auf, welche die auszugebende Signalform des Ausgangssignals 120 beschreibt. Beispielsweise kann die Signalwertfolge 2048 Signalwerte umfassen, die zusammen eine Periode der auszugebenden Signalform bilden. Gemäß der dargestellten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung setzt sich die Signalwertfolge aus zwei Frequenzkomponenten zusammen. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich um die Überlagerung von zwei Sinusschwingungen mit beispielsweise einem Frequenzverhältnis von 5:6.

Weiterhin weist der DDS-Synthesizer 100 einen Taktgeber 102 auf, der ein Taktsignal mit einer festen Frequenz, im Beispiel 500 MHz, zur Verfügung stellt. Mit diesem Taktsignal werden ein Interpolator 103 und ein Digital/Analog-Wandler (DAC) 104 getrieben. Das Taktsignal ist zweckmäßigerweise auf einen

– 10 –

maximalen Takt des DAC 104 abgestimmt bzw. überschreitet diese zumindest nicht.

Dem Interpolator 103 werden ein Phaseninkrement 103a und ein Phasenraum
5 103b bereitgestellt.

Der Phasenraum 103b umfasst eine Anzahl von Phasenwerten (hier beispielsweise 2^{36}), welche einen Adressraum der auszugebenden Werte definieren. Die Anzahl der Phasenwerte sollte zweckmäßigerweise ein Vielfaches der Anzahl der
10 Signalwerte betragen, wobei dieses Vielfache die maximale Frequenzauflösung des Ausgangssignals definiert.

Das Phaseninkrement wird vom Interpolator 103 verwendet, um einen Phasenzählwert nach Maßgabe des Taktes jeweils zu erhöhen. Beträgt das
15 Phaseninkrement wie im vorliegenden Beispiel 2^{32} , wird der Phasenraum mit 2^{36} Phasenwerten in $2^4 = 16$ Schritten durchlaufen.

Der Interpolator 103 ermittelt zu jedem Schritt einen Signalwert, im vorliegenden Beispiel jeden $2048/16=128$ ten, und übergibt diesen an den DAC 104. Wenn
20 notwendig, kann der Interpolator 103 den zu übergebenden Signalwert auch durch Interpolation aus den gespeicherten Signalwerten bestimmen.

Der DAC 104 gibt den jeweiligen Signalwert nach Maßgabe des Taktes aus und erzeugt auf diese Weise das analoge Ausgangssignal 120.
25

Die Frequenz f des Ausgangssignal 120 ergibt sich als Produkt der Ausgabefrequenz f_{DAC} des DAC 104 mit dem Quotienten aus Phaseninkrement [103a] und Phasenraumgröße [103b],

$$f = \frac{f_{DAC} \cdot [103a]}{[103b]}$$

30 d.h. im vorliegenden Beispiel zu $500 \text{ MHz} \cdot (2^{32}/2^{36}) = 500 \text{ MHz}/16$.

Nach Maßgabe der vorliegenden Erfindung setzt sich, wie erläutert, die gespeicherte Signalwertfolge aus mehreren Frequenzkomponenten zusammen. Beispielsweise könnte die Signalwertfolge eine Überlagerung von drei Frequenzen
5 enthalten, so dass 10 Perioden einer ersten Frequenz, 11 Perioden einer zweiten Frequenz und 12 Perioden einer dritten Frequenz überlagert sind. Wird nun die Signalwertfolge mittels des Phaseninkrements 103a durchlaufen, so werden drei Frequenzen gleichzeitig ausgegeben.

- 10 Wird nun aufgrund von Temperaturschwankungen eine Anpassung der Frequenzen bzw. des Phaseninkrements erforderlich, so bleiben die „idealen“ Frequenzverhältnisse weiter bestehen und die gesamte Kurvenform wiederholt sich wieder nach einem Durchlauf der Signalwertfolge, wobei dann genau die 10 Perioden der ersten Frequenzkomponente, 11 Perioden der zweiten
15 Frequenzkomponente und 12 Perioden der dritten Frequenzkomponente durchlaufen wurden.

Eine maximale Schwebungs-Periodendauer T ergibt sich dann zu

$$T = \frac{[103b]}{f_{DAC} \cdot [103a]}.$$

- 20 Somit erhält man für alle Werte des Phaseninkrements einen Wert T , der sich aus den Frequenzverhältnissen der Signalwertfolge ergibt. Gegebenenfalls muss die Größe der Signalwertfolge und auch des Phasenraums im Vergleich zu einer Sinus-Signalwertfolge vergrößert werden, um eine erwünschte zeitliche Auflösung zu
25 erhalten. Das Phaseninkrement ist in diesem Fall anzupassen, da bei einem kompletten Durchlauf der DDS-Tabelle jetzt ja mehrere Perioden ausgegeben werden.

- Sollen beispielsweise drei Frequenzen im Verhältnis 10 / 11 / 12 ausgegeben
30 werden (der Einfachheit halber 10 MHz, 11 MHz und 12 MHz), würde man bei

– 12 –

einem herkömmlichen Aufbau mit drei separaten DDS- Synthesizern folgende Parameter wählen:

Phaseninkrement1 = 1374389530

5 Frequenz1 = 9,9999999656574800610542297363281e+6

Phaseninkrement2 = 1511828483

Frequenz2 = 1,0999999962223228067159652709961e+7

10 Phaseninkrement3 = 1649267436

Frequenz3 = 1,1999999958788976073265075683594e+7)

Sollen jetzt, z.B. aufgrund einer Temperaturänderung, alle Frequenzen gleichmäßig erhöht werden, so ist die nächste mögliche Kombination:

15

Phaseninkrement1 = 1374389540

Frequenz1 = 1,0000000038417056202888488769531e+7

Phaseninkrement2 = 1511828494

20 Frequenz2 = 1,1000000042258761823177337646484e+7

Phaseninkrement3 = 1649267448

Frequenz3 = 1,2000000046100467443466186523438e+7

25 Möchte man außerdem die Phasenbeziehung während der kontinuierlichen DAC-Ausgabe beibehalten, so muss die Änderung aller Phaseninkremente gleichzeitig, d.h. in einem Zeitraum $1/f_{DAC}$ erfolgen.

Im Vergleich dazu muss bei einer gewünschten Frequenzänderung im Rahmen der
30 Erfindung lediglich ein Phaseninkrement geändert werden.

Während sich dieses einfache Beispiel – wenn auch mit Schwierigkeiten – mit einer Anordnung mit separaten DDS- Synthesizern noch darstellen lässt, so ist dies bei komplexeren Kurvenformen, wie in den Figuren 2 und 3 gezeigt, nahezu unmöglich zu realisieren. Um eine beliebige Kurvenform beizubehalten und während der DAC-Ausgabe die Frequenz zu ändern, müssten bei separaten DDS-Synthesizern sämtliche vorkommenden Frequenzkomponenten analysiert (z.B. mittels FFT) und dann sämtliche Phaseninkremente entsprechend der erlaubten Schrittweiten in $1/f_{DAC}$ neu gesetzt werden. Die Anzahl der notwendigen DDS-Synthesizer entspricht in einem solchen nicht erfindungsgemäßen Fall der Anzahl der Frequenzkomponenten.

Die erfindungsgemäße Lösung hingegen benötigt auch hierfür nur einen neuen Wert des Phaseninkrements.

In einer Weiterbildung der Erfindung, die nun anhand der Figuren 2a, 2b und 3 erläutert wird, wird die Phasenlage der einzelnen Frequenzkomponenten bevorzugt so vorgegeben bzw. optimiert, dass die maximal auftretenden Signalwerte möglichst klein sind. Je kleiner die Maximalwerte, desto weniger Nichtlinearitäten und Schwebungen werden beobachtet.

In Fig. 2a ist ein Signal gezeigt, welches sich aus acht Frequenzen von 40 MHz bis 75 MHz mit identischem Frequenzabstand 5 MHz, jeweils mit gleicher Amplitude mit Wert 1 zusammensetzt. Zum Zeitpunkt Null beginnen alle Frequenzkomponenten mit einem Sinus ohne Phasenverschiebung. Daraus ergibt sich eine maximale Amplitude, welche unwesentlich kleiner als die Summe der Einzelamplituden ist (in diesem Beispiel knapp unter 8).

Im Gegensatz dazu wurden gemäß Figur 2b geeignete Phasenverschiebungen zwischen den Frequenzen zum Zeitpunkt 0 vorgegeben, sog. Startphasen. Die Frequenzkomponente mit 40 MHz startet zum Zeitpunkt 0 mit einer Phasenverschiebung von 0° , 45 MHz mit 270° , 50 MHz mit 90° (d.h. als Kosinus-

– 14 –

Signal), 55 MHz mit 180° Grad, 60 MHz mit 180°, 65 MHz mit 90°, 70 MHz mit 270° und 75 MHz mit 0°.

Obwohl das Signal aus den gleichen Frequenzkomponenten und mit den gleichen
5 Amplituden wie in Figur 2a zusammengesetzt ist, wird hier die maximale Auslenkung kaum größer als 4. Wenn man davon ausgeht, dass Nichtlinearitäten die Schwebungen verursachen, so trägt die Optimierung der Startphasen deutlich zur Reduzierung der Schwebungen bei.

- 10 Nur beispielhaft seien im Folgenden zwei Anwendungsmöglichkeiten für die vorliegende Erfindung genannt.

Anwendung 1: Erzeugung von mehreren Beleuchtungspunkten (Multispots).

- 15 Zur Erzeugung von mehreren Beleuchtungspunkten und/oder Fokalregionen in einem Beleuchtungsstrahlengang eines Mikroskops kann ein Ansteuersignal 120 mit mehreren Frequenzkomponenten an einen AOD als akustooptisches Element 200, an dem das Beleuchtungslicht gebrochen wird, angelegt werden.
Beispielsweise kann sich das Ansteuersignal aus acht Frequenzkomponenten von
20 40 MHz bis 75 MHz mit identischem Frequenzabstand 5 MHz zusammensetzen.

- Durch die Definition einer Signalwertfolge mit allen entsprechenden Frequenzen bleiben die Beugungsintensitäten des Lichts für alle acht Spots zeitlich konstant. Eine Veränderung des Phaseninkrements führt zu einer gleichmäßigen Spreizung
25 aller acht Strahlen, so dass entweder Temperatureffekte kompensiert werden können oder auch das Bildfeld oder der Zoomfaktor eingestellt werden können.

Anwendung 2: Bandbreitenvergrößerung beim Weißlichtlaser.

- 30 Bei einem AOTF als akustooptisches Element 200 ist die Bandbreite bei sinusförmiger Ansteuerung durch die Kristallgeometrie und die Größe des

piezoelektrischen Wandlers 201 gegeben. Der spektrale Verlauf der Beugungseffizienz wird im Wesentlichen durch eine Sinc-Funktion beschrieben. Wird nun eine 2te Frequenz angelegt, welche innerhalb oder nahe der Bandbreite liegt, sollte man erwarten, dass sich die Bandbreite entsprechend einer zweiten, spektral etwas verschobenen Sinc-Funktion dadurch vergrößert. Bei Beleuchtung mit weißem Licht wird dann ein größerer Anteil des Spektrums gebeugt. Ein derartiges Verfahren ist in der Anmeldung DE 10 2014 009 142 A1 beschrieben. Dort wird allerdings nicht darauf eingegangen, dass eine zweite angelegte Frequenz innerhalb der Bandbreite zu besonders störenden Schwebungseffekten führt. Unterscheiden sich die beiden Frequenzen um beispielsweise weniger als 1 MHz, so liegt die Schwebungsdauer über 1 μ s. Das ist aber eine typische Aufnahmedauer eines Bildpunktes. D.h. bei der einfachen Überlagerung zweier dicht benachbarter Frequenzen ist die Schwebung auf jeden Fall deutlich sichtbar.

Ein Lösungsansatz besteht jetzt darin, eine ungerade Anzahl von Frequenzen, z.B. drei, so zu überlagern, dass je eine gerade Anzahl (vorzugsweise zwei) von Paaren aus zwei Frequenzen den gleichen Frequenzabstand voneinander haben. Durch geeignete Wahl der Startphasen kann dann erreicht werden, dass die aus der Differenz von Frequenz_1 und Frequenz_2 entstehende Schwebung gegenphasig zu der aus der Differenz von Frequenz_2 und Frequenz_3 entstehenden Schwebung läuft und sich die beiden Schwebungen kompensieren. Auch hier ist die Kombination aller Frequenzen in einer einzigen Signalwertfolge essentiell, um auch bei Frequenzverschiebungen die Frequenz- und Phasenverhältnisse beizubehalten.

Ein weiterer Lösungsansatz besteht darin, sich nahezu beliebige Bandbreiten des AOTFs durch geeignete, komplexere Anregungssignale zu generieren. Grundsätzlich sind sämtliche möglichen Signalformen durch eine Linearkombination von Sinussignalen geeigneter Frequenz und Phasenlage darstellbar. Besonders erstrebenswert ist beim AOTF ein rechteckförmiges Transmissionsverhalten. Ein Ansatz, um dies zu erreichen, ist beispielsweise das

– 16 –

Produkt einer Sinus-Schwingung mit einer Sinc-Funktion. Es ist aber darauf zu achten, dass periodische Randbedingungen für die Signalwertfolge erfüllt sind, d.h. die Signalform sollte sich ohne Sprung oder Knick fortsetzen lassen.

- 5 Ist die zum Erreichen eines gewünschten Bandbreitenprofils notwendige Signalform gefunden, kann diese durch einfaches Ändern eines Phaseninkrements auf verschiedene Wellenlängenbereiche verschoben werden.

Ein weiteres Beispiel einer Überlagerung von drei Frequenzen, wie sie für die
10 Anwendung 2 relevant sein könnte, ist in Figur 3 gezeigt. Hier sind drei Frequenzen im Verhältnis 100 / 100,5 / 101 überlagert. Im oberen Bild liegt die Startphase der mittleren Frequenz bei 0° und im unteren Bild liegt sie bei 90°. Auch hier sieht man deutlich den Effekt der Startphase auf die maximale Amplitude. Bei dem unteren Bild ist die maximale Amplitude deutlich geringer.

15
Figur 4 zeigt schematisch ein beispielhaftes Konfokalmikroskop mit typischen Komponenten. 500 bezeichnet das Gesamtsystem. Die konfokale Raster- und Detektionseinheit ist mit 505 bezeichnet. Die dazugehörige Beleuchtungseinrichtung ist mit 506 bezeichnet. In der Beleuchtungseinrichtung
20 ist eine Anordnung gemäß Figur 1 vorgesehen. Es ist ebenso möglich, dass die Beleuchtungseinrichtung 506 nicht direkt mit der Raster- und Detektionseinheit 505 verbunden ist, sondern über eine Lichtleitfaser (nicht gezeigt).

Bei 508 handelt es sich um eine Laserlichtquelle, die über eine Lichtleitfaser 507
25 mit der Beleuchtungseinrichtung 506 verbunden ist. Alternativ kann die Laserlichtquelle 508 auch direkt mit der Beleuchtungseinrichtung 506 verbunden sein. Das Laserlicht wird in der Beleuchtungseinrichtung 506 gewünschtenfalls mittels eines akustooptischen Elements beeinflusst.

30 504 bezeichnet einen optischen Adapter für die konfokale Raster- und Detektionseinheit 505 am Mikroskopstativ 501. Innerhalb des Stativs 501 befindet

sich der Objektisch 502 mit einer zu untersuchenden Probe 503. Eine Steuereinheit 509 steht über entsprechende Verbindungsleitungen mit den einzelnen Komponenten 508, 506, 505 und 501 in Verbindung. Ein Rechner mit Steuer- und Darstellungsprogrammen ist mit 510 bezeichnet; auch er steht mit der

5 Steuereinheit 509 in Verbindung.

Innerhalb der konfokalen Raster- und Detektionseinheit 505 ist in einer ersten Variante ein klassischer konfokaler Strahlengang angeordnet, der in bekannter Weise mit einem einzelnen Pinhole und einem Strahlscanner, beispielsweise einem

10 Spiegelscanner, aufgebaut ist.

In einer zweiten Variante befindet sich innerhalb der konfokalen Raster- und Detektionseinheit 505 ein Strahlengang, bei dem die Probe gleichzeitig mit einem oder mehreren oder in einer Richtung ausgedehnten Beleuchtungspunkten

15 beleuchtet wird. Entsprechend werden die zu detektierenden Photonen beispielsweise mit einer geometrischen Anordnung von Lochblenden (Pinholes) selektiert.

Die zu untersuchende Probe 503 wird über eine Mikroskoptik beleuchtet, sowie

20 über dieselbe Mikroskoptik insbesondere auf eine Sensoranordnung 511 abgebildet, die je nach Ausführungsform der konfokalen Raster- und Detektionseinheit 505 aus einem Photomultiplier oder einem Array von Photomultipliern besteht. Die Funktionsweise eines in Figur 4 dargestellten Systems 500 ist an sich hinlänglich bekannt und soll daher vorliegend nicht

25 erläutert werden.

Bezugszeichenliste

	100	Signalgenerator
	101	Speichereinrichtung
5	102	Taktgeber
	103	Interpolator
	103a	Phaseninkrement
	103b	Phasenraum
	104	Digital/Analog-Wandler (DAC)
10		
	120	Ausgangssignal
	150	Verstärker
	200	akustooptisches Element
15	201	piezoelektrischer Wandler (Transducer)
	202	akustooptischer Kristall
	500	Mikroskopsystem
	501	Mikroskopstativ mit Mikroskopoptik
20	502	Objekttisch
	503	Probe
	504	optischer Adapter
	505	konfokale Raster- und Detektionseinheit
	506	Beleuchtungseinrichtung
25	507	Beleuchtungsfaser
	508	Laserlichtquelle
	509	Steuereinheit
	510	Rechner mit Steuer- und Darstellungsprogrammen
	511	Sensoranordnung
30		

5 Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern eines akustooptischen Elements (200) mit einem Ansteuersignal (120), das mittels eines DDS-Verfahrens mit einer Signalwertfolge,
10 die sich aus mindestens zwei Frequenzkomponenten zusammensetzt, erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei sich die Signalwertfolge aus ganzzahligen Perioden jeder Frequenzkomponente zusammensetzt.
15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei sich die Signalwertfolge aus wenigstens drei Frequenzkomponenten zusammensetzt, von denen wenigstens ein Paar aus zwei Frequenzkomponenten den gleichen Frequenzabstand voneinander hat wie ein anderes Paar aus zwei Frequenzkomponenten.
20
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei je eine gerade Anzahl von Paaren aus zwei Frequenzkomponenten den gleichen Frequenzabstand voneinander hat.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich die
25 Signalwertfolge aus einer ungeraden Anzahl von Frequenzkomponenten zusammensetzt.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Phase wenigstens einer der Frequenzkomponenten zu einem bestimmten Zeitpunkt
30 vorgegeben wird, um ein Maximum in der Signalwertfolge zu verändern.

- 20 -

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Phaseninkrement (103a) zum Durchlaufen der Signalwertfolge abhängig von einer Temperatur eines Kristalls (202) des akustooptischen Elements (200) vorgegeben wird.

5

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Frequenzkomponenten so vorgegeben werden, dass sich die Signalform nach einer Zeit kleiner gleich einem Schwellwert wiederholt.

10 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Schwellwert 250 ns beträgt.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Bandbreite des akustooptischen Elements (200) eingestellt wird.

15 11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei aus einem das akustooptische Element (200) beleuchtenden Beleuchtungslicht mehrere Beleuchtungspunkte erzeugt werden.

20 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei ein Phaseninkrement (103a) zum Durchlaufen der Signalwertfolge zum Vorgeben der Positionen der Beleuchtungspunkte vorgegeben wird.

25 13. Signalgenerator (100) zum Ansteuern eines akustooptischen Elements (200), der dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchzuführen.

14. Anordnung aus wenigstens einem Signalgenerator (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche und einem akustooptischen Element (200).

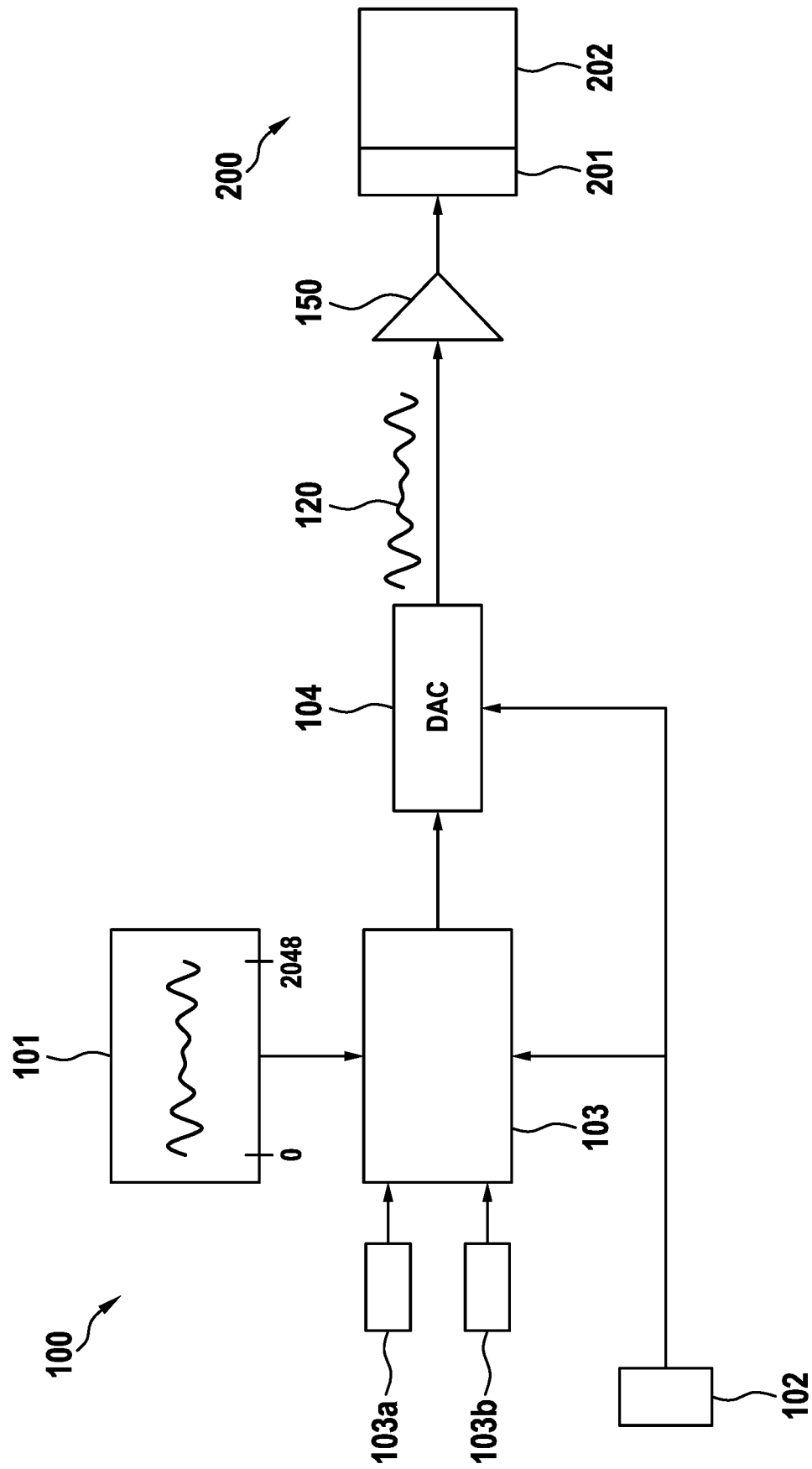
30 15. Anordnung nach Anspruch 10, wobei das akustooptische Element (200) ausgewählt ist aus einem akustooptisch abstimmbaren Filter, einem

– 21 –

akustooptischen Modulator, einem akustooptischen Ablenker, einem akustooptischen Strahlteiler und einem akustooptischen Strahlvereiniger.

16. Mikroskop (500) mit einer Anordnung nach Anspruch 14 oder 15.

Fig. 1



2 / 5

Fig. 2a

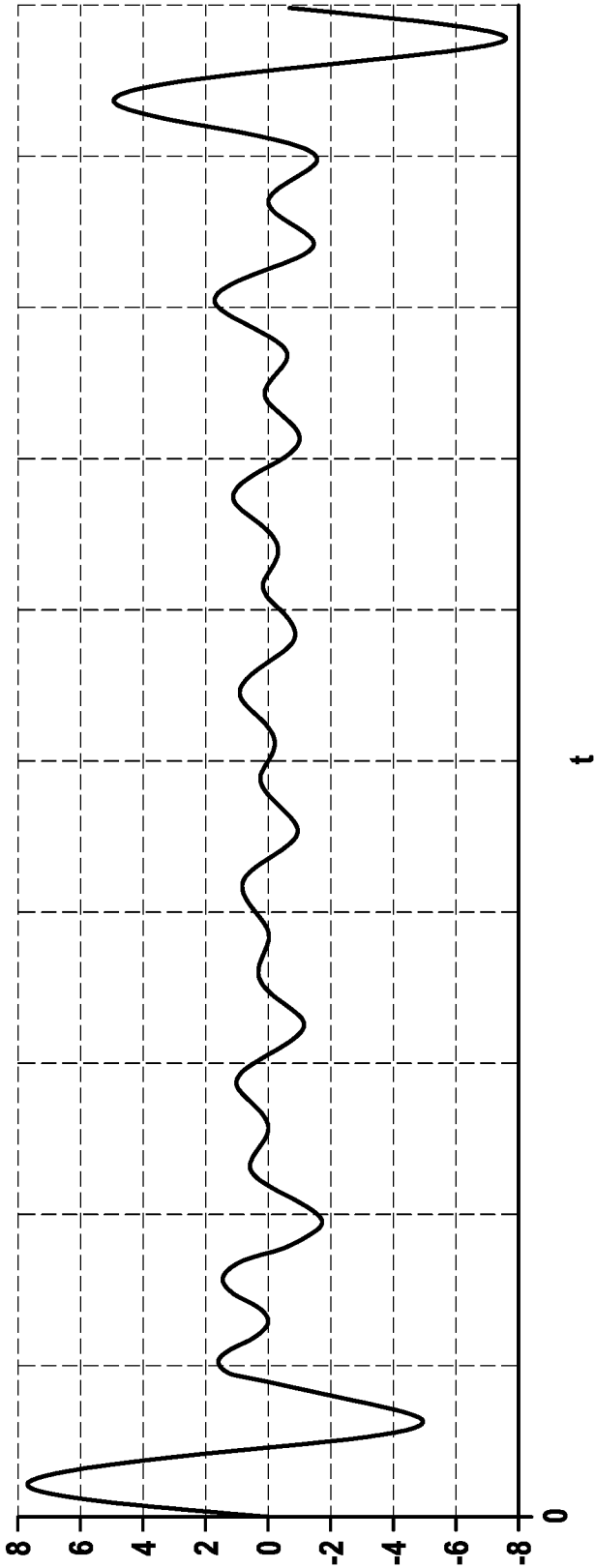
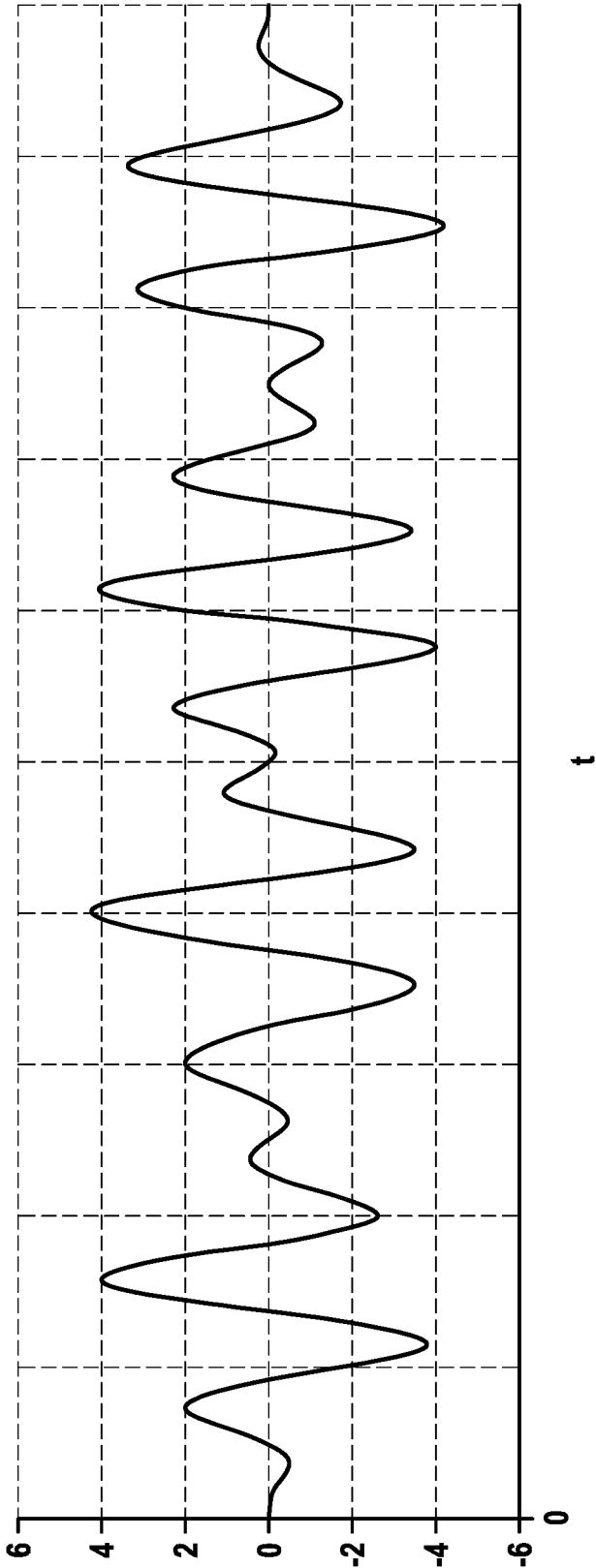


Fig. 2b



4 / 5

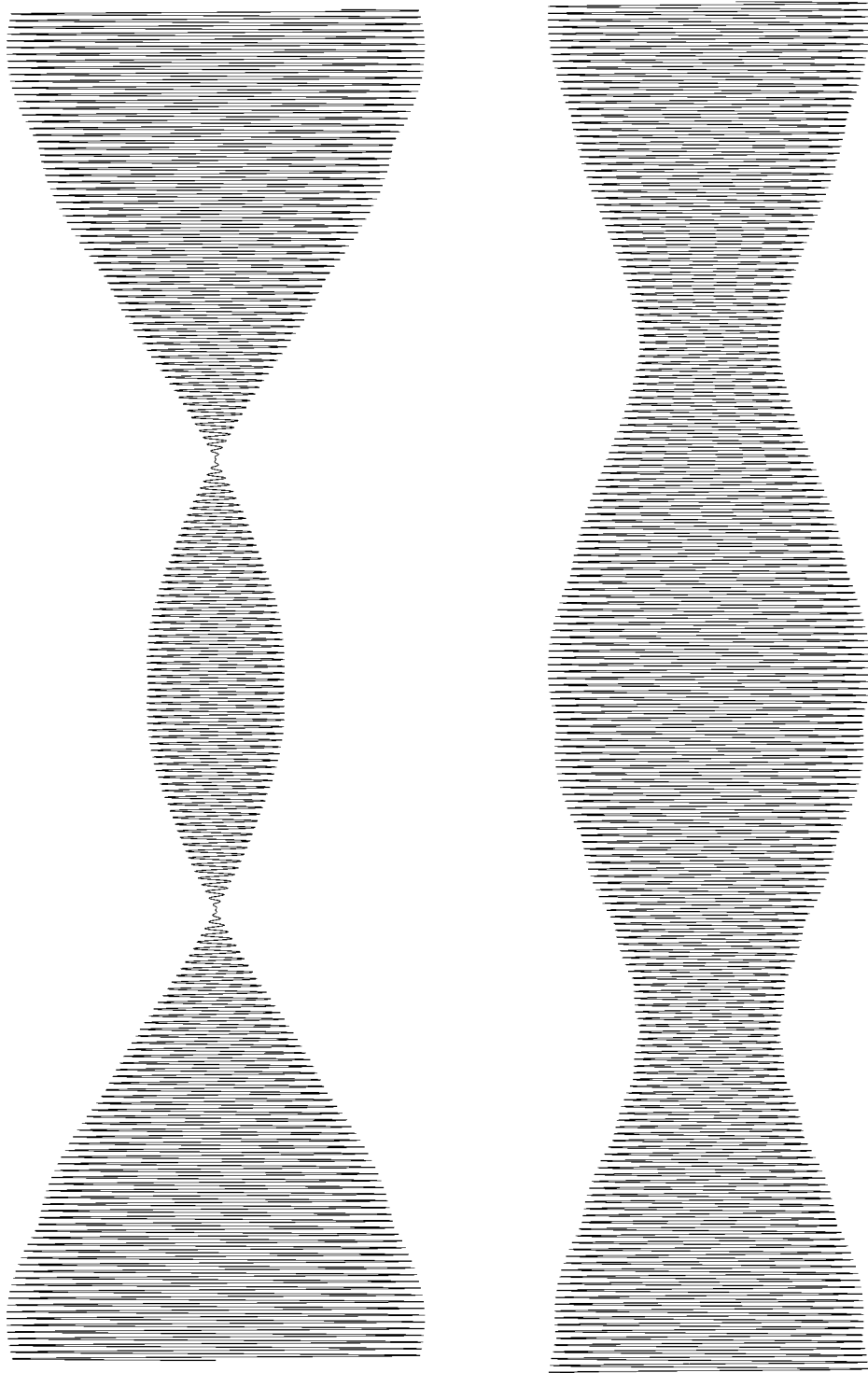
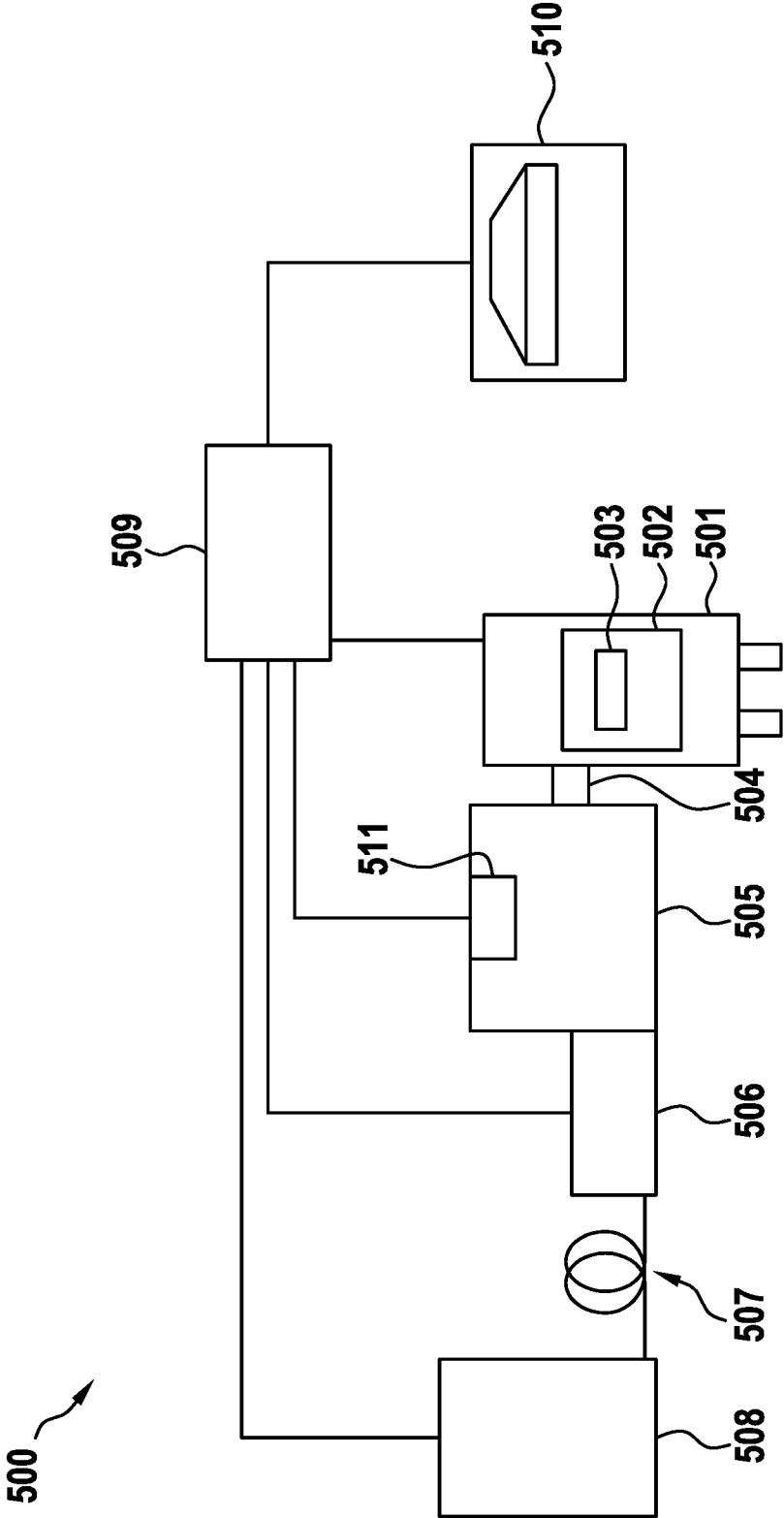


Fig. 3

Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2018/060564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02F1/11
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)
G02F

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.
X A	US 2005/238276 A1 (KUMP JOHN [US]) 27 October 2005 (2005-10-27) paragraphs [0033] - [0036]; figure 1 -----	1,2,11, 13-16 5
X	WO 2016/059157 A1 (INST NAT SANTE RECH MED [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; ECOLE NORMA) 21 April 2016 (2016-04-21) pages 12-14; figure 1 -----	1,2,8,9, 11-14,16
X	US 2007/171505 A1 (NOGUCHI MASAJI [JP] ET AL) 26 July 2007 (2007-07-26) paragraphs [0051], [0052]; figure 2 -----	1,2, 13-16
X	US 2008/247031 A1 (WASILOUSKY PETER A [US]) 9 October 2008 (2008-10-09) paragraphs [0031], [0040], [0041]; figure 1 ----- -/-	1,2,10, 13-16



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

11 July 2018

Date of mailing of the international search report

18/07/2018

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

Aichmayr, Günther

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2018/060564

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/289666 A1 (KUMP JOHN [US]) 26 November 2009 (2009-11-26) claim 35; figure 5 -----	1,2,10, 13-16
X	US 2006/269185 A1 (NOGUCHI MASAJI [JP] ET AL) 30 November 2006 (2006-11-30) paragraphs [0030] - [0045]; figures 5A, 7 -----	1-4,7, 13,14,16
X	WO 2006/134169 A1 (THALES HOLDINGS UK PLC [GB]; WHITE DAVID JOHN [GB]) 21 December 2006 (2006-12-21) page 20; figures 1-6 -----	1,6,11, 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/060564

Patent document cited in search report			Publication date		Patent family member(s)			Publication date	
US 2005238276	A1	27-10-2005	US	2005238276	A1	27-10-2005			
			WO	2005106578	A2	10-11-2005			

WO 2016059157	A1	21-04-2016	EP	3207417	A1	23-08-2017			
			US	2017242281	A1	24-08-2017			
			WO	2016059157	A1	21-04-2016			

US 2007171505	A1	26-07-2007	JP	4940668	B2	30-05-2012			
			JP	2007193196	A	02-08-2007			
			US	2007171505	A1	26-07-2007			

US 2008247031	A1	09-10-2008	CA	2682986	A1	16-10-2008			
			CN	101675373	A	17-03-2010			
			EP	2153272	A1	17-02-2010			
			JP	2010524034	A	15-07-2010			
			KR	20090129497	A	16-12-2009			
			TW	200907462	A	16-02-2009			
			US	2008247031	A1	09-10-2008			
			WO	2008124438	A1	16-10-2008			

US 2009289666	A1	26-11-2009	NONE						

US 2006269185	A1	30-11-2006	JP	2006330515	A	07-12-2006			
			US	2006269185	A1	30-11-2006			

WO 2006134169	A1	21-12-2006	GB	2427034	A	13-12-2006			
			WO	2006134169	A1	21-12-2006			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02F1/11
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02F

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.
X A	US 2005/238276 A1 (KUMP JOHN [US]) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) Absätze [0033] - [0036]; Abbildung 1 -----	1,2,11, 13-16 5
X	WO 2016/059157 A1 (INST NAT SANTE RECH MED [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; ECOLE NORMA) 21. April 2016 (2016-04-21) Seiten 12-14; Abbildung 1 -----	1,2,8,9, 11-14,16
X	US 2007/171505 A1 (NOGUCHI MASAJI [JP] ET AL) 26. Juli 2007 (2007-07-26) Absätze [0051], [0052]; Abbildung 2 -----	1,2, 13-16
X	US 2008/247031 A1 (WASILOUSKY PETER A [US]) 9. Oktober 2008 (2008-10-09) Absätze [0031], [0040], [0041]; Abbildung 1 ----- -/-	1,2,10, 13-16

☒ 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

11. Juli 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/07/2018

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

Aichmayr, Günther

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/289666 A1 (KUMP JOHN [US]) 26. November 2009 (2009-11-26) Anspruch 35; Abbildung 5 -----	1,2,10, 13-16
X	US 2006/269185 A1 (NOGUCHI MASAJI [JP] ET AL) 30. November 2006 (2006-11-30) Absätze [0030] - [0045]; Abbildungen 5A, 7 -----	1-4,7, 13,14,16
X	WO 2006/134169 A1 (THALES HOLDINGS UK PLC [GB]; WHITE DAVID JOHN [GB]) 21. Dezember 2006 (2006-12-21) Seite 20; Abbildungen 1-6 -----	1,6,11, 12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/060564

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US	2005238276	A1	27-10-2005	US	2005238276	A1	27-10-2005	
				WO	2005106578	A2	10-11-2005	

WO	2016059157	A1	21-04-2016	EP	3207417	A1	23-08-2017	
				US	2017242281	A1	24-08-2017	
				WO	2016059157	A1	21-04-2016	

US	2007171505	A1	26-07-2007	JP	4940668	B2	30-05-2012	
				JP	2007193196	A	02-08-2007	
				US	2007171505	A1	26-07-2007	

US	2008247031	A1	09-10-2008	CA	2682986	A1	16-10-2008	
				CN	101675373	A	17-03-2010	
				EP	2153272	A1	17-02-2010	
				JP	2010524034	A	15-07-2010	
				KR	20090129497	A	16-12-2009	
				TW	200907462	A	16-02-2009	
				US	2008247031	A1	09-10-2008	
				WO	2008124438	A1	16-10-2008	

US	2009289666	A1	26-11-2009	KEINE				

US	2006269185	A1	30-11-2006	JP	2006330515	A	07-12-2006	
				US	2006269185	A1	30-11-2006	

WO	2006134169	A1	21-12-2006	GB	2427034	A	13-12-2006	
				WO	2006134169	A1	21-12-2006	
