



(10) **AT 521851 A1 2020-05-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 50984/2018	(51)	Int. Cl.:	H04B 10/556	(2013.01)
(22)	Anmeldetag:	13.11.2018			H04B 10/67	(2013.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.05.2020			H04B 10/64	(2013.01)

(56)	Entgegenhaltungen: EP 0467266 A2 US 2008031633 A1 US 2011008054 A1 WO 0251041 A2 EP 2326033 A1 WO 2009061385 A1 US 6271950 B1 JOYCE et.al. ' Fiber distribution for 80 compressed digital video channels using differential QPSK' In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS (ICC). GENEVA, MAY 23 - 26, 1993; PG 1583-1585, ISBN 978-0-7803-0950-0	(71)	Patentanmelder: AIT Austrian Institute of Technology GmbH 1210 Wien (AT)
		(74)	Vertreter: Wildhack & Jellinek Patentanwälte OG 1030 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Informationen**

- (57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Daten umfassend die folgenden Schritte:
- Erstellen eines Trägersignals (S_1) und Erstellen eines elektrischen Nutzsignals (S_2),
 - symbolweise Modulieren des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) und Erstellen eines modulierten optischen Datensignals (S_3) für einzelne Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$),
 - wobei die Phasenlage des optischen Datensignals anhand des in diesem Zeitabschnitt (T_i) verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}) festgelegt wird,
 - Empfangen des übertragenen optischen Datensignals (S_5),
 - Erstellen eines weiteren Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}),
 - multiplikatives Mischen des übertragenen optischen Datensignals (S_5) und des weiteren Trägersignals (S_6) und derart Erstellen eines elektrischen Signals (S'_7),
 - Bandpassfiltern des elektrischen Signals (S'_7) und derart Erstellen eines bandpassgefilterten Signals (S'_8),

- Verzögern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts ($T_1, \dots, T_{20}$) und Überlagern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) mit dem so erstellten verzögerten Signal (S'_9) und derart Erhalten eines dem Nutzsignal (S_2) entsprechenden Empfangssignals (S'_{10}).

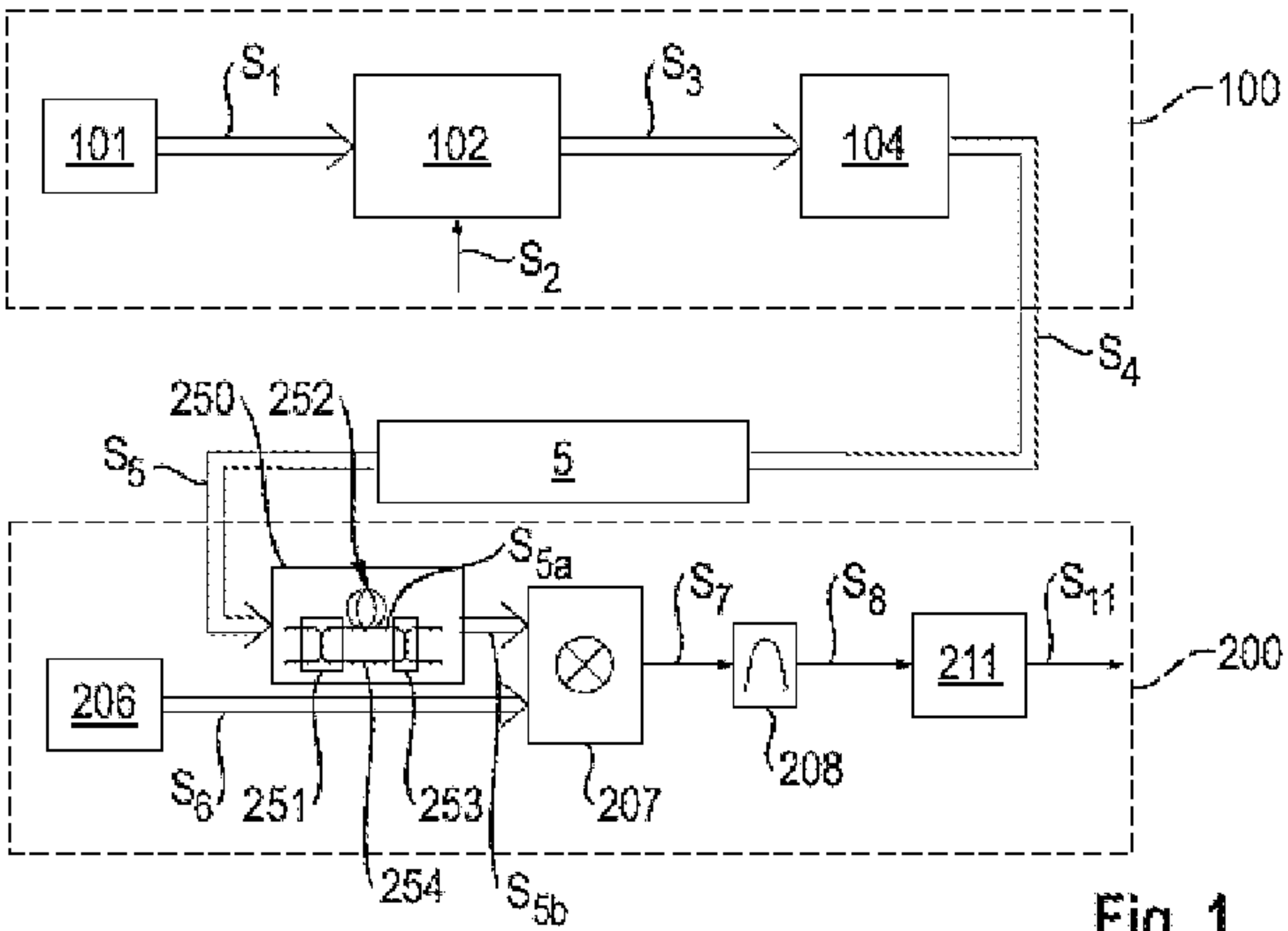


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Informationen umfassend die folgenden Schritte:

- Erstellen eines Trägersignals (S_1) mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}),
- Erstellen eines elektrischen Nutzsignals (S_2) enthaltend die zu übertragenden Daten/Informationen, wobei in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten ($T_1, \dots, T_{20}$) jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal (S_2) codiert werden,
- symbolweise Modulieren des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) und Erstellen eines modulierten optischen Datensignals (S_3) für einzelne Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$), wobei für jeden der Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$) durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wird,
- wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt ($T_1, \dots, T_{20}$) anhand des in diesem Zeitabschnitt (T_i) verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), festgelegt wird,
- gegebenenfalls Abschwächen oder Verstärken des modulierten optischen Datensignals (S_3)
- Übertragen dieses Datensignals ($S_3; S_4$) über einen optischen Kanal (5), insbesondere über Glasfaserkabel oder Freiraum,
- Empfangen des übertragenen optischen Datensignals (S_5) mit einem Empfänger,
- Erstellen eines weiteren Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}), deren Differenz zur lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}) durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}) festgelegt ist, insbesondere mittels eines empfängerseitigen Lasers (306),
- multiplikatives Mischen des übertragenen optischen Datensignals (S_5) und des weiteren Trägersignals (S_6) und derart Erstellen eines elektrischen Signals (S'_7),
- Bandpassfiltern des elektrischen Signals (S'_7) mit einem Bandpassfilter und derart Erstellen eines bandpassgefilterten Signals (S'_8) mit einem Frequenzband umfassend die vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}),
- Verzögern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts ($T_1, \dots, T_{20}$) und Überlagern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) mit

dem so erstellten, und gegebenenfalls modifizierten, verzögerten Signal (S'_9) und derart Erhalten eines dem Nutzsignal (S_2) entsprechenden Empfangssignals (S'_{10}).

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Informationen zwischen einem Sender über einen optischen Kanal gemäß einem der Ansprüche 1 bzw 3 und einen Empfänger gemäß einem der Ansprüche 6 bzw 8 sowie eine Anordnung nach Anspruch 10.

Durch die Wahl einer Modulation, bei der die Information bezugnehmend auf die vorangehenden Modulationssignale codiert ist, beispielweise bei differenzieller Codierung, kann der Einfluss des Trägersignals verringert werden. Die Phasen- bzw. Frequenzdifferenz zwischen Sender und Empfänger haben in einem solchen Fall lediglich differenziellen Einfluss. Daher kann im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen die Übertragung eines Restträgers oder eines Pilotsignals eingespart werden. Eine Wandlung in eine Zwischenfrequenz und einen Restträger bzw, ein Pilotsignal ist nicht erforderlich. Eine solche Übertragung findet vor allem im Bereich der Quantenkommunikation Anwendung.

Hauptvorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass eine Synchronisation zwischen Sender und Empfänger nicht vorhanden sein muss. Weiters hat die Erfindung den Vorteil, dass eine Demodulation und Signalaufbereitung bei relativ niedrigen Frequenzen stattfinden kann, sodass auf bestehende bzw. auf dem Markt befindliche und günstige Schaltkreise zurückgegriffen werden kann und eine aufwendige Signalrekonstruktion nicht erforderlich ist.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Informationen umfassend die folgenden Schritte:

- Erstellen eines Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz,
- Erstellen eines elektrischen Nutzsignals enthaltend die zu übertragenden Daten/Informationen, wobei in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal codiert werden,
- symbolweise Modulieren des Nutzsignals auf das Trägersignal und Erstellen eines modulierten optischen Datensignals für einzelne Zeitabschnitte, wobei für jeden der Zeitabschnitte durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wird,
- wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt anhand des in diesem Zeitabschnitt verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der

Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt, insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt, festgelegt wird,

- gegebenenfalls Abschwächen oder Verstärken des modulierten optischen Datensignals
- Übertragen dieses Datensignals über einen optischen Kanal, insbesondere über Glasfaserkabel oder Freiraum,
- Empfangen des übertragenen optischen Datensignals mit einem Empfänger,
- Erstellen eines weiteren Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz, deren Differenz zur lokalen Sendefrequenz durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz festgelegt ist, insbesondere mittels eines empfängerseitigen Lasers,
- multiplikatives Mischen des übertragenen optischen Datensignals und des weiteren Trägersignals und derart Erstellen eines elektrischen Signals,
- Bandpassfiltern des elektrischen Signals mit einem Bandpassfilter und derart Erstellen eines bandpassgefilterten Signals mit einem Frequenzband umfassend die vorgegebene Zwischenfrequenz,
- Verzögern des bandpassgefilterten Signals um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts und Überlagern des bandpassgefilterten Signals mit dem so erstellten, und gegebenenfalls modifizierten, verzögerten Signal und derart Erhalten eines dem Nutzsignal entsprechenden Empfangssignals.

Eine besonders einfache Möglichkeit der Signalcodierung bei allen erfindungsgemäßen Verfahren sieht vor,

- dass das Nutzsignal in jedem der Zeitabschnitte jeweils eines von Symbolen codiert und
- dass bei der Modulation des Nutzsignals auf das Trägersignal im Rahmen der Erstellung des Trägersignals bei Vorliegen eines der Symbole eine Phasenänderung um 180° gegenüber der Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt vorgenommen wird und bei Vorliegen des jeweils anderen Symbols keine Phasenänderung vorgenommen wird.

Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Informationen umfassend die folgenden Schritte:

- Erstellen eines Trägersignals (S_1) mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz ,
- Erstellen eines elektrischen Nutzsignals enthaltend die zu übertragenden Daten/Informationen, wobei in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal codiert werden,
- symbolweise Modulieren des Nutzsignals auf das Trägersignal und Erstellen eines modulierten optischen Datensignals für einzelne Zeitabschnitte, wobei für jeden der Zeitabschnitte durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wird,
- wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt anhand des in diesem Zeitabschnitt verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt, insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt, festgelegt wird,
- gegebenenfalls Abschwächen oder Verstärken des modulierten optischen Datensignals
- Übertragen dieses Datensignals über einen optischen Kanal, insbesondere über Glasfaserkabel oder Freiraum,
- Empfangen des übertragenen optischen Datensignals mit einem Empfänger,
- Erstellen eines weiteren Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz,
- Verzögern des optischen Datensignals um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts und Überlagern des optischen Datensignals mit dem so erstellten, und gegebenenfalls modifizierten, verzögerten Signal und derart Erhalten eines dem Nutzsignal entsprechenden optischen Empfangssignals,
- elektroptisches Detektieren des optischen Empfangssignals.

Diese Vorgehensweise ermöglicht eine einfache Rekonstruktion des Nutzsignals im Empfänger.

Eine bevorzugte Signalaufbereitung im Empfänger sieht vor, dass im Rahmen des elektroptischen Detektierens des optischen Empfangssignals die folgenden Schritte vorgenommen werden:

- Erstellen eines weiteren Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz, die der Sendefrequenz des Trägersignals entspricht bzw deren

Unterschied zur Sendefrequenz einen vorgegebenen Wert, insbesondere von 0,1-10 GHz, unterschreitet,

- multiplikatives Mischen des optischen Empfangssignals und des weiteren Trägersignals und derart Erstellen eines elektrischen Signals,
- Bandpassfiltern des elektrischen Signals mit einem Bandpassfilter und derart Erstellen eines bandpassgefilterten Signals mit einem Frequenzband umfassend die Differenzfrequenz zwischen den beiden Frequenzen der Trägersignale,

Eine besonders einfache Möglichkeit der Signalcodierung bei allen erfindungsgemäßen Verfahren sieht vor,

- dass das Nutzsignal in jedem der Zeitabschnitte jeweils eines von mehreren vorgegebenen Symbolen codiert und
- dass bei der Modulation des Nutzsignals auf das Trägersignal im Rahmen der Erstellung des Trägersignals bei Vorliegen eines der Symbole eine Phasenänderung um 180° gegenüber der Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt vorgenommen wird und bei Vorliegen des jeweils anderen Symbols keine Phasenänderung vorgenommen wird.

Für hochsichere Datenübertragung unter Verwendung von Quantenkommunikation kann vorgesehen sein, dass im Zuge der Abschwächung des optischen Datensignals (S_3) ein abgeschwächtes Datensignal erstellt wird, das höchstens 100 Photonen pro Symbol, vorzugsweise höchstens 1/10 Photonen pro Symbol, aufweist.

Weiters betrifft die Erfindung einen Empfänger. Bei diesem ist vorgesehen, dass vorzugsweise das Signal, durch symbolweises Modulieren eines Nutzsignals auf ein optisches Trägersignal für einzelne Zeitabschnitte erstellt wurde, wobei für jeden der Zeitabschnitte durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wurde, und wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt anhand des in diesem Zeitabschnitt verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt, insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im vorangehenden Zeitabschnitt, festgelegt wurde, umfassend:

- einen Eingang zum Empfang des optischen Signals

- einen Empfängerlaser zum Erstellen eines empfängerseitigen Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz, deren Differenz zu der im empfangenen Signal enthaltenen lokalen Sendefrequenz durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz festgelegt ist,
- einen Mischer zum multiplikativen Mischen des übertragenen optischen Datensignals und des weiteren Trägersignals, an dessen Ausgang ein elektrisches Signal anliegt,
- einen dem Mischer nachgeschalteten Bandpassfilter zum Erstellen eines bandpassgefilterten Signals mit einem Frequenzband umfassend die vorgegebene Zwischenfrequenz, und
- eine elektrische Verzögerungseinheit zum Verzögern des bandpassgefilterten Signals um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts und Überlagern des bandpassgefilterten Signals mit dem so erstellten, und gegebenenfalls modifizierten, verzögerten Signal und derart Erhalten eines dem Nutzsignal entsprechenden Empfangssignals.

Hauptvorteil eines solchen Empfängers ist, dass dieser mit dem Sender nicht synchronisiert sein muss. Weiters hat die Erfindung den Vorteil, dass eine Demodulation und Signalaufbereitung bei relativ niedrigen Frequenzen stattfinden kann, sodass auf bestehende bzw. auf dem Markt befindliche und günstige Schaltkreise zurückgegriffen werden kann und eine aufwendige Signalrekonstruktion nicht erforderlich ist.

Ein alternativer Empfänger, der dieselben Vorteile bietet, sieht vor dass

vorzugsweise das Signal, durch symbolweises Modulieren eines Nutzsignals auf ein optisches Trägersignal für einzelne Zeitabschnitte erstellt wurde, wobei für jeden der Zeitabschnitte durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wurde, und wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt anhand des in diesem Zeitabschnitt verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt, insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im vorangehenden Zeitabschnitt, festgelegt wurde,

umfassend:

- einen Eingang zum Empfang des optischen Signals
- einen Empfängerlaser zum Erstellen eines empfängerseitigen Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz,
 - wobei insbesondere deren Differenz zu der im empfangenen Signal enthaltenen lokalen Sendefrequenz durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz festgelegt ist,
- ein Verzögerungselement zum Verzögern des optischen Datensignals um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts und Erhalten eines verzögerten optischen Signals verzögerten Signals
- eine Überlagerungseinheit zum Überlagern des verzögerten Signals mit dem unverzögerten optischen Datensignals und zum Erstellen eines optischen Empfangssignals.

Eine bevorzugte Signalaufbereitung im Empfänger sieht vor, dass

- ein Empfängerlaser zum Erstellen eines empfängerseitigen Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz,
 - deren Differenz insbesondere zu der im empfangenen Signal enthaltenen lokalen Sendefrequenz durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz festgelegt ist,
- ein Mischer zum multiplikativen Mischen des optischen Datensignals und des weiteren Trägersignals, an dessen Ausgang ein elektrisches Signal anliegt,
- ein dem Mischer nachgeschaltetes Bandpassfilter zum Erstellen eines bandpassgefilterten Signals mit einem Frequenzband, insbesondere umfassend die vorgegebene Zwischenfrequenz, wobei das bandpassgefilterte Signal am Ausgang der Empfangseinheit anliegt.

Eine bevorzugte erfindungsgemäße Anordnung umfassend einen Sender und einen Empfänger, mit dem Daten ohne im Signal enthaltene Synchronisationsmaßnahmen übertragen werden können, umfasst neben einem erfindungsgemäßen Sender:

- einen Sendelaser zum Erstellen eines Trägersignals mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz ,
- einen Eingang für ein elektrisches Nutzsignal enthaltend die zu übertragenden Daten/Informationen, in dem in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal codiert sind,

- einen Modulator zum symbolweisen Modulieren des Nutzsignals auf das Trägersignal und zum Erstellen eines modulierten optischen Datensignals für einzelne Zeitabschnitte, wobei der Modulator dazu ausgebildet ist, für jeden der Zeitabschnitte durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorzugeben, und die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt anhand des in diesem Zeitabschnitt verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt, insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im vorangehenden Zeitabschnitt, festzulegen, und
- gegebenenfalls einen Abschwächer zum Abschwächen oder Verstärken des modulierten optischen Datensignals.

Eine besonders einfache senderseitige Möglichkeit der Signalcodierung bei allen erfindungsgemäßen Verfahren sieht vor,

- dass das Nutzsignal in jedem der Zeitabschnitte jeweils eines von mehreren vorgegebenen Symbolen codiert und
- dass der Modulator dazu ausgebildet ist, bei der Modulation des Nutzsignals auf das Trägersignal im Rahmen der Erstellung des Trägersignals bei Vorliegen eines der Symbole eine Phasenänderung um 180° gegenüber der Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt vorzunehmen und bei Vorliegen des jeweils anderen Symbols keine Phasenänderung vorzunehmen.

Für hochsichere Datenübertragung unter Verwendung von Quantenkommunikation kann vorgesehen sein, dass am Ausgang des Senders ein Abschwächer vorgesehen ist, der dazu ausgebildet ist, das optische Datensignal abzuschwächen und derart ein abgeschwächtes Datensignal zu erstellen und in den Übertragungskanal weiterzuleiten, das höchstens 100 Photonen pro Symbol, vorzugsweise höchstens 1/10 Photonen pro Symbol, aufweist.

Einzelne Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der folgenden Zeichnungsfiguren näher dargestellt.

In **Fig. 1** sind ein Sender, ein Übertragungskanal und ein Empfänger dargestellt, auf dem eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt wird.

Fig. 1a zeigt schematisch den Frequenzverlauf einzelner Signale.

In **Fig. 2** sind ein Sender, ein Übertragungskanal und ein Empfänger dargestellt, auf dem eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt wird.

Fig. 3 zeigt die Funktionsweise des Modulators bei der Erstellung des modulierten Signals.

Fig. 4 zeigt ein zeitlich verzögertes moduliertes Signal sowie das zeitlich nicht verzögerte Nutzsignal.

Fig. 5 zeigt eine Überlagerung der in den Fig. 3 und 4 dargestellten Signale sowie das unverzögerte Nutzsignal.

Fig. 6 zeigt eine mögliche Ausführungsform eines multiplikativen Mischers als balanced receiver.

In **Fig. 1** ist eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, wobei eine Übertragungsvorrichtung umfassend einen Sender 100 und einen Empfänger 200 dargestellt ist. Der Sender 100 und der Empfänger 200 sind miteinander über einen Übertragungskanal 5 verbunden.

Der Sender 100 weist einen Laser 101 auf, der ein Trägersignal S_1 mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz f_{LOT} erstellt. Beispielsweise kann ein Laser zur Abgabe von rotem Laserlicht verwendet werden. Derartiges Licht hat eine Wellenlänge von 700 nm bzw eine Frequenz von 430 THz. Die Schwingungsdauer beträgt in einem solchen Fall $1 / (430 \text{ THz}) \sim 2,3 \text{ fs}$. Dieses Trägersignal ist einem Modulator 102 zugeführt. Weiters ist dem Modulator 102 ein zu übertragendes Nutzsignal S_2 zugeführt, das aus unterschiedlichen Datenquellen stammen kann. Beispielsweise kann es sich bei der Datenquelle um einen Code-Generator zur Erstellung eines kryptographischen Schlüssels handeln.

Das elektrische Nutzsignal S_2 enthält zu übertragende Daten bzw. Informationen, wobei in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten $T_1, \dots, T_{20}$ jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal S_2 codiert werden. Die Symbole sind dabei typischerweise

einer endlichen Menge von Symbolen entnommen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist das Nutzsignal jeweils eines von zwei möglichen Symbolen "1" oder "0" auf, deren Signalcodierung auf unterschiedliche Weise erfolgen kann.

Dabei wird im Modulator 2 eine Phasenmodulation vorgenommen, d.h. die Phase des Trägersignals S_1 des Lasers 101 wird abhängig vom vorgegebenen diskreten Nutzsignal S_2 innerhalb des betreffenden Zeitabschnitts festgelegt. Für jeden der Zeitabschnitte $T_1, \dots, T_{20}$ wird dabei durch Modulation jeweils eine konkrete Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben.

Im vorliegenden Fall wird die im modulierten Signal in einem Zeitabschnitt $T_1, \dots, T_{20}$ festgelegte Phasenlage aufgrund des im aktuellen Zeitabschnitt T_i vorliegenden Symbolwerts sowie aufgrund der im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt T_{i-1} vorliegenden Phasenlage festgelegt. Konkret kann dies beispielsweise dadurch erfolgen, dass aufgrund des im jeweiligen Zeitabschnitt vorherrschenden Symbols ein Phasenunterschied zwischen der Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt T_{i-1} und der Phasenlage im aktuellen Zeitabschnitt T_i vorgegeben wird.

Das Nutzsignal S_2 sowie das modulierte optische Datensignal S_3 sind in Fig. 3 näher dargestellt, wobei das zu übertragende Nutzsignal S_2 beispielsweise mit einer Symbolrate oder Frequenz zwischen 0 und 100 MHz erstellt werden kann. Ist das elektrische Nutzsignal mit einer Frequenz f_s bandbegrenzt, so ist das modulierte optische Datensignal S_3 zwischen den Frequenzen $f_{LOT} - f_s$ und $f_{LOT} + f_s$ bandbegrenzt (**Fig. 1a**).

In der in **Fig. 3** dargestellten Implementierungsvariante des Modulators 2 ist vorgesehen, dass bei Vorliegen eines Symbols "1" im betreffenden Zeitabschnitt T_i ein Phasensprung von 180° gegenüber der Phasenlage des modulierten optischen Datensignals S_3 im jeweils unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt T_{i-1} vorliegt. Unter Verweis auf das in Fig. 3 dargestellte Modulationssignal ist am Ende des Zeitabschnitts T_1 , an dem das Nutzsignal S_2 den Wert "1" aufweist, ein Phasensprung von 180° zu entnehmen. Die hier dargestellte Schwingungsdauer des modulierten optischen Datensignals S_3 ist lediglich schematisch zu verstehen und

dient der einfacheren Erkennbarkeit der einzelnen Phasensprünge. Da die Übertragungsfrequenz am Modulator je nach Wahl des verwendeten Laserlichts im Bereich von einigen THz liegt, finden sich innerhalb eines Zeitabschnitts regelmäßig etwa mehrere Millionen Schwingungen.

Ein solches Verhalten im modulierten optischen Signal S_3 ist auch am Beginn der Zeitabschnitte $T_2, T_3, T_7, T_{10}, T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{20}, T_{21}$ zu beobachten. Weist also das Nutzdatensignal S_2 zu Beginn des jeweiligen Zeitabschnitts $T_1, \dots, T_{20}$ den Wert "1" auf, so wird die Phasenlage des modulierten optischen Signals S_3 um 180° gedreht. Weist hingegen das Nutzsignal S_2 den Symbolwert "0" auf, wie das zu Beginn der Zeitabschnitte $T_5, T_6, T_8, T_9, T_{16}, T_{17}, T_{18}, T_{19}$ der Fall ist, so bleibt die Phasenlage des modulierten Signals S_3 unverändert.

Neben dieser Art der Modulation können auch andere abweichende Modulationsarten oder Modulationsformen verwendet werden. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, ein Nutzsignal S_2 vorzugeben, das innerhalb der einzelnen Zeitabschnitte $T_1, \dots, T_{20}$ insgesamt vier unterschiedliche Werte annehmen kann, von denen jeder eine unterschiedliche Phasenverschiebung des modulierten optischen Datensignals S_3 , jeweils verglichen mit dem modulierten optischen Datensignal, im jeweils unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt bewirkt.

Das optisch modulierte Datensignal S_3 wird einem in **Fig. 1** dargestellten Abschwächer 104 zugeführt, wodurch ein abgeschwächtes modulierte Datensignal S_4 erstellt wird. Das abgeschwächte modulierte Datensignal S_4 wird auf eine Intensität reduziert, dass es höchstens 100 Photonen pro Symbol aufweist. Für besonders sicherheitskritische Anwendungen kann eine Abschwächung vorgesehen sein, bei der das abgeschwächte modulierte Datensignal S_4 vorzugsweise nur noch höchstens $1/10$ Photonen pro Symbol, aufweist. Das abgeschwächte modulierte Datensignal S_4 wird über den Kanal 5 dem Empfänger 200 zugeführt.

Bei dem Kanal 5 handelt es sich beispielsweise um einen Glasfaserkanal, der von unterschiedlicher Länge sein kann; alternativ kann jedoch auch eine Freiraumübertragung, beispielsweise über Satellitenkommunikation, erfolgen.

Grundsätzlich kann über eine Glasfaser oder auch über Freiraum Licht von unterschiedlicher Frequenz übertragen werden. Für das vorliegende Verfahren sind insbesondere diejenigen Frequenzen geeignet, die über Glasfasern besonders vorteilhaft übertragen werden können. Dabei handelt es sich beispielsweise um Licht mit Wellenlängen im Bereich von etwa 850 nm oder 1310 nm (O-Band) oder Wellenlängen von 1550 nm (C-Band) sowie Wellenlängen zwischen 1570 nm und 1610 nm, die dem L-Band zugerechnet werden.

Sofern anstelle einer Übertragung mittels eines Glasfaserkabels eine Freiraumkommunikation verwendet wird, können unterschiedliche Wellenlängen für die Übertragung verwendet werden, wobei Frequenzen im UV-Bereich, im sichtbaren Bereich sowie im Infrarotbereich gewählt werden können, um Daten, beispielsweise über Satellitenkommunikation, zu übertragen.

Das empfangene modulierte optische Datensignal S_5 wird nach dem Empfang an einem Eingang des Empfängers 200 einer Verzögerungs- und Überlagerungseinheit 250 zugeführt, die durch zwei hintereinander geschaltete Strahlteiler 251, 253 realisiert ist. Das übertragene modulierte Datensignal S_5 wird dabei an einen der beiden Eingänge des ersten Strahlteilers 251 übermittelt und in diesem ersten Strahlteiler 251 auf zwei Glasfaserleitungen 254 aufgeteilt. Eine der beiden Glasfaserleitungen ist dabei mit einem Verzögerungselement 252 ausgestattet, das das bei ihm einlangende Lichtsignal mit einer vorgegebenen Zeitverzögerung verzögert. Der Ausgang des Verzögerungselements 252 wird einem der Eingänge des zweiten Strahlteilers 253 zugeführt. Der andere Ausgang des ersten Strahlteilers 251 wird über eine annähernd verzögerungslose Leitung 254 dem anderen Ausgang des zweiten Strahlteilers 253 zugeführt. Der Unterschied zwischen der vom Verzögerungselement 252 verursachten Verzögerung und der von der annähernd verzögerungslose Leitung 254 verursachten Verzögerung entspricht der Zeitdauer eines Zeitabschnitts $T_1, \dots, T_{20}$.

Das verzögerte modulierte optische Datensignal S_{5a} weist dabei den in **Fig. 4** dargestellten zeitlichen Verlauf auf. **Fig. 4** zeigt darüber hinaus auch noch den nicht verzögerten Verlauf des im Sender 100 bzw. im Modulator 102 bereitgestellten Nutzsignals S_2 . Die in **Fig. 4** dargestellte Schwingungsdauer des verzögerten

modulierten optischen Datensignals S_{5a} ist lediglich schematisch zu verstehen und dient der einfacheren Erkennbarkeit der einzelnen Phasensprünge. Wiederum liegt die Übertragungsfrequenz je nach Wahl des verwendeten Laserlichts im Bereich von einigen THz, sodass sich innerhalb eines Zeitabschnitts regelmäßig etwa mehrere Millionen Schwingungen finden.

An einem der beiden Ausgänge des zweiten Strahlteilers 253, der dem Ausgang der Verzögerungs- und Überlagerungseinheit 250 entspricht, befindet sich folglich ein Lichtsignal, das einer Überlagerung des über den Kanal 5 übertragenen modulierten optischen Datensignals S_5 mit sich selbst, jedoch verschoben, um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts $T_1, \dots, T_{20}$ entspricht.

Überlagert man nun die beiden empfangenen optisch modulierten Datensignale S_5 , S_{5a} im zweiten Strahlteiler 254, so ergibt sich am Ausgang des zweiten Strahlteilers 254 ein dem Nutzsignal S_2 entsprechendes optisches Empfangssignal S_{5b} . Dieses optische Empfangssignal S_{5b} ist in **Fig. 5** gemeinsam mit dem Nutzsignal S_2 dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass das Signal S_{5b} jeweils nur in denjenigen Zeitabschnitten $T_1, \dots, T_{20}$ einen von 0 verschiedenen Wert aufweist, in denen das vorgegebene Nutzsignal S_2 den Symbolwert "0" aufweist. In denjenigen Zeitabschnitten $T_1, \dots, T_{20}$, in denen das Nutzsignal S_2 hingegen den Symbolwert "1" aufweist, hat das Signal S_{5b} einen wesentlich geringeren bzw. verschwindenden Wert. Die in **Fig. 5** dargestellte Schwingungsdauer des optischen Empfangssignals S_{5b} ist lediglich schematisch zu verstehen und dient der einfacheren Erkennbarkeit der Überlagerung.

Das so erhaltene optische Empfangssignal S_{5b} ist, insbesondere dann, wenn bereits im Sender 100 eine Abschwächung stattfindet, relativ schwach und kann mit den in **Fig. 1** dargestellten zusätzlichen Maßnahmen weiter verbessert bzw. einfacher detektierbar gemacht werden. Zu diesem Zweck ist, wie in **Fig. 1** dargestellt, im Empfänger 200 ein zusätzlicher Empfängerlaser 206 vorgesehen, der dazu ausgebildet ist, ein weiteres Trägersignal S_6 mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz f_{LOR} zu erstellen. Diese lokale Empfängerfrequenz f_{LOR} kann entweder unmittelbar der Sendefrequenz f_{LOT} des Trägersignals 1 entsprechen oder

einen vorgegebenen Frequenzunterschied f_{ZF} zur Sendefrequenz f_{LOT} des Sendelasers 1 aufweisen.

Sowohl das optische Empfangssignal S_{5b} als auch das weitere Trägersignal S_6 werden einem optischen Mischer 207 zugeführt, der vorzugsweise als "balanced receiver" (Fig. 6) ausgeführt sein kann. Eine konkrete Implementierung eines balanced receiver wird im Zusammenhang mit dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Detail dargestellt.

Dieser hat den wesentlichen Vorteil, dass mit ihm ein multiplikatives Mischen des optischen Empfangssignals S_{5b} und des weiteren Trägersignals S_6 möglich ist und auf diese Art ein elektrisches Signal S_7 erstellt werden kann, das eine elektrische Frequenz aufweist, die im Bereich einer Zwischenfrequenz f_{ZF} liegt, die durch die Differenz der Frequenzen f_{LOT} , f_{LOR} der beiden Trägersignale S_1 , S_6 vorgegeben ist.

Durch Bandpassfiltern dieses elektrischen Signals S_7 mit einem Bandpassfilter 8, in dessen Frequenzband die Zwischenfrequenz f_{ZF} und/oder die Differenzfrequenz $f_{LOT} - f_{LOR}$ zwischen den beiden Frequenzen der Trägersignale S_1 , S_6 liegt, kann letztendlich ein bandpassgefiltertes elektrisches Signal S_8 erstellt werden, das lediglich in denjenigen Zeitabschnitten, in denen das Nutzsignal das Symbol "0" aufweist, einen von 0 verschiedenen und detektierbaren Wert aufweist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird ein Frequenzunterschied bzw eine Zwischenfrequenz f_{ZF} von 0,1-10 GHz vorgegeben.

Dieses Signal kann einer weiteren Signalaufbereitungseinheit 211 zugeführt werden, um zusätzliche Signaleigenschaften zu verbessern, kann die Signalaufbereitungseinheit 11 beispielsweise eine Verstärkerstufe zur Verstärkung des Signals und/oder eine Rauschunterdrückungseinheit aufweisen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 2** näher dargestellt, wobei der Sender 100 dem Sender 100 der ersten Ausführungsform der Erfindung entspricht. Der Empfänger 300 ist jedoch von dem in Fig. 1 dargestellten Empfänger 200 abweichend ausgebildet und weist einen Eingang auf, der an den Kanal 5 angeschlossen ist und dem das übertragene optische Signal S_5 zugeführt ist.

Im Empfänger 300 ist, wie auch im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, ein Empfängerlaser 306 vorgesehen, mit dem ein weiteres Trägersignal S_6 erstellt wird. Die als Empfängerfrequenz f_{LOT} bezeichnete optische Lichtfrequenz des empfängerseitigen Lasers 306 sowie des von ihm erstellten weiteren Trägersignals S_6 ist dabei so festgelegt, dass sie eine durch eine Zwischenfrequenz f_{ZF} vorgegebene Frequenzdifferenz zur lokalen Sendefrequenz f_{LOT} des sendeseitigen Lasers 101 aufweist. Wie auch beim ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Frequenzunterschied bzw eine Zwischenfrequenz f_{ZF} von 0,1-10 GHz vorgegeben werden. Damit innerhalb eines Zeitabschnitts zumindest eine Periodendauer eines auf Zwischenfrequenz modulierten Signals liegt, sollte die Zwischenfrequenz günstiger Weise höher sein als die Symbolfrequenz. Dies erleichtert die spätere Verarbeitung des überlagerten Signals.

Im Empfänger 300 ist ein multiplikativer Mischer 307 vorgesehen, dem sowohl das übertragene optische Datensignal S_5 als auch das weitere Trägersignal S_6 des Empfängerlasers 306 zugeführt sind. Im Mischer 307, der bevorzugt als balanced receiver ausgebildet ist, werden die beiden dem Mischer 307 zugeführten Signale S_5 , S_6 miteinander multipliziert. Am Ausgang des Mixers 7 liegt ein elektrisches Signal S'_7 an, das dem Produkt der beiden dem Mischer 7 zugeführten Signale S_5 , S_6 entspricht. Aufgrund des multiplikativen Mischens wird das übertragene modulierte optische Signal S_5 einerseits verstärkt, andererseits aufgrund der Frequenzunterschiede in den Bereich der vorgegebenen Zwischenfrequenz f_{ZF} verschoben.

Ein derartiger balanced receiver 207 umfasst, wie in **Fig. 6** dargestellt, eingangsseitig einen Strahlteiler 471, der die elektromagnetischen Felder des optischen Empfangssignals S_{5b} und des Trägersignals S_6 überlagert, wobei durch eine Spezialbeschichtung das Empfangssignal um 180° phasenverschoben wird, sodass an einem Ausgang des Strahlteilers 471 anliegt, dessen Signalamplitude der Differenz der beiden eingehenden Strahlen S_5 , S_6 entspricht, während am anderen Ausgang des Strahlteilers 471 ein Signal anliegt, dessen Signalamplitude der Summe der beiden eingehenden Strahlen S_5 , S_6 entspricht. Die am Ausgang des

Strahlteilers 471 anliegenden optischen Signale werden Fotodioden 472, 472 zugeführt, deren Ausgangssignal dem Quadrate der ermittelten Amplituden der einlangenden Signale entspricht. Die beiden Fotodioden 472, 472 sind in Serie geschaltet, wobei die beiden Enden der Serienschaltung an eine vorgegebene Spannungsquelle angeschlossen sind. Der Anschluss, an dem die beiden Fotodioden miteinander verbunden sind, weist ein Signal S_7 mit einem Spannungswert auf, der proportional zum Produkt der beiden einlangenden optischen Signale S_5, S_6 ist.

Mit einem dem Mischer 307 nachgeschalteten Bandpassfilter 308 wird ein bandpassgefiltertes elektrisches Signal S'_8 erstellt. Das Frequenzband B des Bandpassfilters 308 umfasst die vorgegebene Zwischenfrequenz f_{ZF} , gegebenenfalls eine Bandbreite von $2 \cdot f_s$, sodass das durch den Mischer 307 verstärkte Signal auch den Bandpassfilter 308 passieren kann. Grundsätzlich entspricht das am Ausgang des Bandpassfilters 308 anliegende elektrische Signal S'_8 dem über den optischen Kanal 5 übertragenen modulierten optischen Datensignal S_5 , wobei lediglich der Unterschied besteht, dass seine Modulationsfrequenz im Bereich der Zwischenfrequenz f_{ZF} liegt. Einzelne Phasensprünge sind jedoch auch im elektrischen Signal S'_7 bzw. im bandpassgefilterten elektrischen Signal S'_8 enthalten.

In einem weiteren Schritt wird das bandpassgefilterte Signal S'_8 einem Verzögerungselement 309 zugeführt, das ein verzögertes elektrisches Signal S'_9 erstellt. Die Verzögerung erfolgt dabei mit einer Verzögerungszeit, die der Zeitdauer eines Zeitabschnitts $T_1, \dots, T_{20}$ im Nutzsignal S_2 entspricht.

Das zeitverzögerte elektrische Signal S'_9 wird ebenso wie das bandpassgefilterte Signal S'_8 einem Addierer 310 zugeführt, in dem die beiden Signale S'_8, S'_9 zu einem dem Nutzsignal entsprechenden Empfangssignal S'_{10} überlagert werden. Grundsätzlich entspricht das bandpassgefilterte Signal S'_8 dem in **Fig. 3** dargestellten Signal, das zeitverzögerte Signal S'_9 dem in **Fig. 4** dargestellten Signal. Aufgrund der additiven Überlagerung der beiden Signale S'_8, S'_9 im Addierer 10 wird ein elektrisches Empfangssignal S'_{10} erstellt, das dem in **Fig. 5** dargestellten Signal entspricht.

Dieses Signal kann einer weiteren Signalaufbereitungseinheit 311 zugeführt werden, die wie die in Fig. 1 dargestellte Signalaufbereitungseinheit 311 ausgebildet sein kann.

Bei allen in den **Fig. 3-5** dargestellten Signalen S'_8 , S'_9 und S'_{10} ist zu beachten, dass die Darstellung der Schwingungsdauer bzw Frequenz lediglich schematisch zu verstehen ist und dient der einfacheren Erkennbarkeit der Überlagerung sowie der Phasensprünge dient. Sofern die Periodendauer der Zwischenfrequenz f_{ZF} der halben Zeitdauer eines Zeitabschnitts eines Symbols entspricht, ist die Darstellung der **Fig. 3-5** hinsichtlich der Zeit maßstäblich. Die Frequenz bzw Schwingungsdauer dieser S'_8 , S'_9 und S'_{10} entspricht den Frequenzen und Schwingungsdauern der Signale S_3 , S_{5a} oder S_{5b} , noch sind diese maßstäblich im Vergleich zum Nutzsignal S_2 .

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Informationen umfassend die folgenden Schritte:

- Erstellen eines Trägersignals (S_1) mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}),
- Erstellen eines elektrischen Nutzsignals (S_2) enthaltend die zu übertragenden Daten/Informationen, wobei in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten ($T_1, \dots, T_{20}$) jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal (S_2) codiert werden,
- symbolweise Modulieren des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) und Erstellen eines modulierten optischen Datensignals (S_3) für einzelne Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$), wobei für jeden der Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$) durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wird,
- wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt ($T_1, \dots, T_{20}$) anhand des in diesem Zeitabschnitt (T_i) verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), festgelegt wird,
- gegebenenfalls Abschwächen oder Verstärken des modulierten optischen Datensignals (S_3)
- Übertragen dieses Datensignals (S_3 ; S_4) über einen optischen Kanal (5), insbesondere über Glasfaserkabel oder Freiraum,
- Empfangen des übertragenen optischen Datensignals (S_5) mit einem Empfänger,
- Erstellen eines weiteren Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}), deren Differenz zur lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}) durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}) festgelegt ist, insbesondere mittels eines empfängerseitigen Lasers (306),
- multiplikatives Mischen des übertragenen optischen Datensignals (S_5) und des weiteren Trägersignals (S_6) und derart Erstellen eines elektrischen Signals (S'_7),
- Bandpassfiltern des elektrischen Signals (S'_7) mit einem Bandpassfilter und derart Erstellen eines bandpassgefilterten Signals (S'_8) mit einem Frequenzband umfassend die vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}),
- Verzögern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts ($T_1, \dots, T_{20}$) und Überlagern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) mit

dem so erstellten, und gegebenenfalls modifizierten, verzögerten Signal (S'_9) und derart Erhalten eines dem Nutzsignal (S_2) entsprechenden Empfangssignals (S'_{10}).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- dass das Nutzsignal (S_2) in jedem der Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$) jeweils eines von Symbolen codiert und
- dass bei der Modulation des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) im Rahmen der Erstellung des Trägersignals (S_3) bei Vorliegen eines der Symbole eine Phasenänderung um 180° gegenüber der Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}) vorgenommen wird und bei Vorliegen des jeweils anderen Symbols keine Phasenänderung vorgenommen wird.

3. Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Informationen umfassend die folgenden Schritte:

- Erstellen eines Trägersignals (S_1) mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}),
- Erstellen eines elektrischen Nutzsignals (S_2) enthaltend die zu übertragenden Daten/Informationen, wobei in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten ($T_1, \dots, T_{20}$) jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal (S_2) codiert werden,
- symbolweise Modulieren des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) und Erstellen eines modulierten optischen Datensignals (S_3) für einzelne Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$), wobei für jeden der Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$) durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wird,
- wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt ($T_1, \dots, T_{20}$) anhand des in diesem Zeitabschnitt (T_i) verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), festgelegt wird,
- gegebenenfalls Abschwächen oder Verstärken des modulierten optischen Datensignals (S_3)
- Übertragen dieses Datensignals (S_3 ; S_4) über einen optischen Kanal (5), insbesondere über Glasfaserkabel oder Freiraum,
- Empfangen des übertragenen optischen Datensignals (S_5) mit einem Empfänger,

- Erstellen eines weiteren Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}),
- Verzögern des optischen Datensignals (S_5) um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts und Überlagern des optischen Datensignals (S_5) mit dem so erstellten, und gegebenenfalls modifizierten, verzögerten Signal (S_{5a}) und derart Erhalten eines dem Nutzsignal (S_2) entsprechenden optischen Empfangssignals (S_{5b}),
- elektroptisches Detektieren des optischen Empfangssignals (S_{5b}).

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen des elektroptischen Detektierens des optischen Empfangssignals (S_{5b}) die folgenden Schritte vorgenommen werden:

- Erstellen eines weiteren Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}), die der Sendefrequenz des Trägersignals (S_1) entspricht bzw deren Unterschied zur Sendefrequenz einen vorgegebenen Wert, insbesondere von 0,1-10 GHz, unterschreitet,
- multiplikatives Mischen des optischen Empfangssignals (S_{5b}) und des weiteren Trägersignals (S_6) und derart Erstellen eines elektrischen Signals (S_7),
- Bandpassfiltern des elektrischen Signals (S_7) mit einem Bandpassfilter und derart Erstellen eines bandpassgefilterten Signals (S_8) mit einem Frequenzband umfassend die Differenzfrequenz zwischen den beiden Frequenzen der Trägersignale (S_1 , S_6),

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,

- dass das Nutzsignal (S_2) in jedem der Zeitabschnitte (T_1 , ..., T_{20}) jeweils eines von mehreren vorgegebenen Symbolen codiert und
- dass bei der Modulation des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) im Rahmen der Erstellung des Trägersignals (S_3) bei Vorliegen eines der Symbole eine Phasenänderung um 180° gegenüber der Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt vorgenommen wird und bei Vorliegen des jeweils anderen Symbols keine Phasenänderung vorgenommen wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Zuge der Abschwächung des optischen Datensignals (S_3) ein abgeschwächtes Datensignal erstellt wird, das höchstens 100 Photonen pro Symbol, vorzugsweise höchstens 1/10 Photonen pro Symbol, aufweist.

7. Empfänger (300) zum Empfang eines optischen Signals (S_5), die insbesondere nach einem der vorangehenden Ansprüche erstellt wurden,

wobei vorzugsweise das Signal (S_5), durch symbolweises Modulieren eines Nutzsignals (S_2) auf ein optisches Trägersignal (S_1) für einzelne Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$) erstellt wurde, wobei für jeden der Zeitabschnitte (T_i) durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wurde, und wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt (T_i) anhand des in diesem Zeitabschnitt (T_{i-1}) verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), festgelegt wurde,

umfassend:

- einen Eingang zum Empfang des optischen Signals (S_5)
- einen Empfängerlaser (306) zum Erstellen eines empfängerseitigen Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}), deren Differenz zu der im empfangenen Signal enthaltenen lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}) durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}) festgelegt ist,
- einen Mischer (307) zum multiplikativen Mischen des übertragenen optischen Datensignals (S_5) und des weiteren Trägersignals (S_6), an dessen Ausgang ein elektrisches Signal (S'_7) anliegt,
- einen dem Mischer (307) nachgeschalteten Bandpassfilter (308) zum Erstellen eines bandpassgefilterten Signals (S'_8) mit einem Frequenzband umfassend die vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}), und
- eine elektrische Verzögerungseinheit (309) zum Verzögern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts ($T_1, \dots, T_{20}$) und Überlagern des bandpassgefilterten Signals (S'_8) mit dem so erstellten, und gegebenenfalls modifizierten, verzögerten Signal (S'_9) und derart Erhalten eines dem Nutzsignal (S_2) entsprechenden Empfangssignals (S'_{10}).

8. Empfänger (200) zum Empfang eines optischen Signals (S_5), die insbesondere nach einem der vorangehenden Ansprüche erstellt wurden,

wobei vorzugsweise das Signal (S_5), durch symbolweises Modulieren eines Nutzsignals (S_2) auf ein optisches Trägersignal (S_1) für einzelne Zeitabschnitte

erstellt wurde, wobei für jeden der Zeitabschnitte durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorgegeben wurde, und wobei die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt anhand des in diesem Zeitabschnitt verfügbaren Werts des Nutzsignals sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt, insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im vorangehenden Zeitabschnitt, festgelegt wurde,

umfassend:

- einen Eingang zum Empfang des optischen Signals (S_5)
- einen Empfängerlaser (206) zum Erstellen eines empfängerseitigen Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}),
wobei insbesondere deren Differenz zu der im empfangenen Signal enthaltenen lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}) durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}) festgelegt ist,
- ein Verzögerungselement (252) zum Verzögern des optischen Datensignals (S_5) um die Zeitdauer eines Zeitabschnitts ($T_1, \dots, T_{20}$) und Erhalten eines verzögerten optischen Signals verzögerten Signals (S_{5a})
- eine Überlagerungseinheit (253) zum Überlagern des verzögerten Signals (S_{5a}) mit dem unverzögerten optischen Datensignals (S_5) und zum Erstellen eines optischen Empfangssignals (S_{5b}).

9. Empfangseinheit nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch

- einen Empfängerlaser (206) zum Erstellen eines empfängerseitigen Trägersignals (S_6) mit einer vorgegebenen lokalen Empfängerfrequenz (f_{LOR}),
deren Differenz insbesondere zu der im empfangenen Signal enthaltenen lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}) durch eine vorab vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}) festgelegt ist,
- einen Mischer (207) zum multiplikativen Mischen des optischen Datensignals (S_{5b}) und des weiteren Trägersignals (S_6), an dessen Ausgang ein elektrisches Signals (S_7) anliegt,
- einen dem Mischer (207) nachgeschalteten Bandpassfilter (208) zum Erstellen eines bandpassgefilterten Signals (S_8) mit einem Frequenzband, insbesondere umfassend die vorgegebene Zwischenfrequenz (f_{ZF}), wobei das bandpassgefilterte Signals (S_8) am Ausgang der Empfangseinheit anliegt.

10. Anordnung umfassend eine Empfangseinheit (200) nach einem der Ansprüche 7 bis 9 sowie an die Empfangseinheit (200) über einen Kanal (5) angeschlossene Sendeeinheit (100) umfassend

- einen Sendelaser (101) zum Erstellen eines Trägersignals (S_1) mit einer vorgegebenen lokalen Sendefrequenz (f_{LOT}),
- einen Eingang für ein elektrisches Nutzsignals (S_2) enthaltend die zu übertragenden Daten/Informationen, in dem in einzelnen aufeinander folgenden Zeitabschnitten jeweils einzelne Symbole im Nutzsignal codiert sind,
- einen Modulator (103) zum symbolweisen Modulieren des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) und zum Erstellen eines modulierten optischen Datensignals (S_3) für einzelne Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$), wobei der Modulator dazu ausgebildet ist, für jeden der Zeitabschnitte ($T_1, \dots, T_{20}$) durch die Modulation jeweils eine Phasenlage des optischen Datensignals vorzugeben, und die Phasenlage des optischen Datensignals in einem Zeitabschnitt ($T_1, \dots, T_{20}$) anhand des in diesem Zeitabschnitt (T_i) verfügbaren Werts des Nutzsignals (S_2) sowie der Phasenlage im jeweils vorangehenden Zeitabschnitt (T_i), insbesondere durch Festlegung eines Phasenunterschieds zur Phasenlage im vorangehenden Zeitabschnitt (T_{i-1}), festzulegen, und
- gegebenenfalls einen Abschwächer (104) zum Abschwächen oder Verstärken des modulierten optischen Datensignals (S_3).

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

- dass das Nutzsignal (S_2) in jedem der Zeitabschnitte jeweils eines von mehreren vorgegebenen Symbolen codiert und
- dass der Modulator (102) dazu ausgebildet ist, bei der Modulation des Nutzsignals (S_2) auf das Trägersignal (S_1) im Rahmen der Erstellung des Trägersignals (S_3) bei Vorliegen eines der Symbole eine Phasenänderung um 180° gegenüber der Phasenlage im unmittelbar vorangehenden Zeitabschnitt vorzunehmen und bei Vorliegen des jeweils anderen Symbols keine Phasenänderung vorzunehmen.

12. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass am Ausgang des Senders (100) ein Abschwächer (104) vorgesehen ist, der dazu ausgebildet ist, das optische Datensignal (S_3) abzuschwächen und derart ein

abgeschwächtes Datensignal (S_4) zu erstellen und in den Übertragungskanal (5) weiterzuleiten, das höchstens 100 Photonen pro Symbol, vorzugsweise höchstens 1/10 Photonen pro Symbol, aufweist.

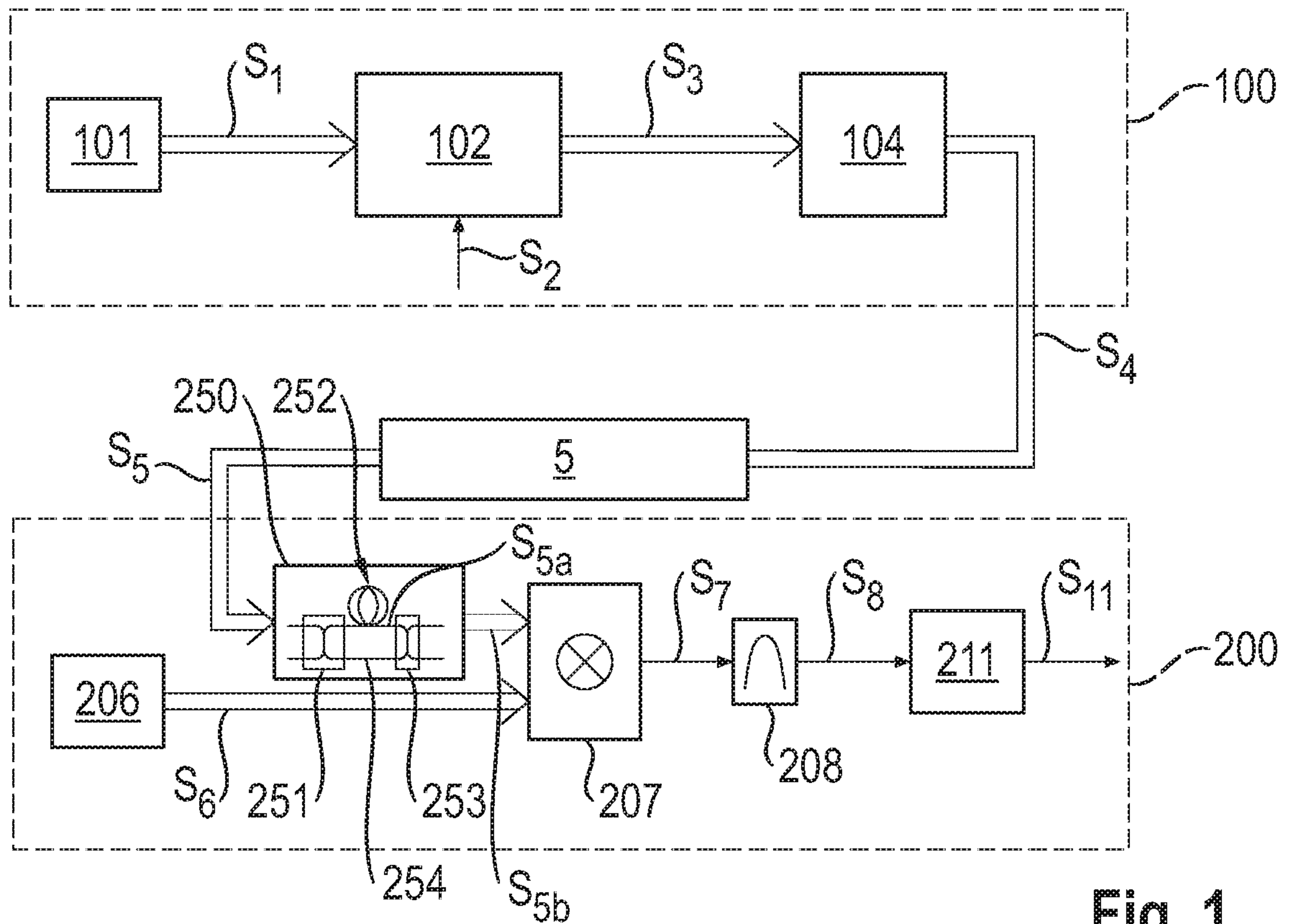


Fig. 1

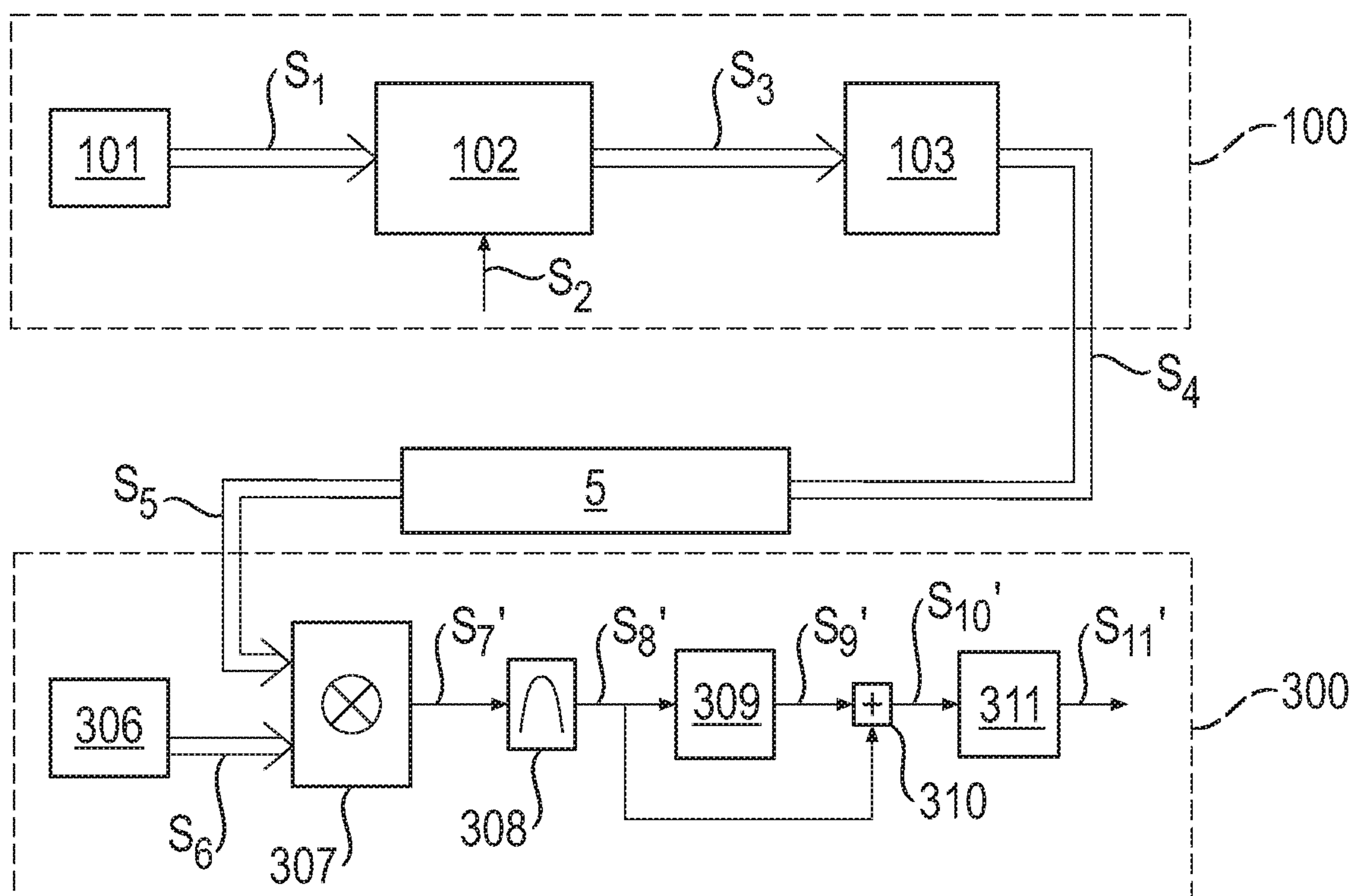


Fig. 2

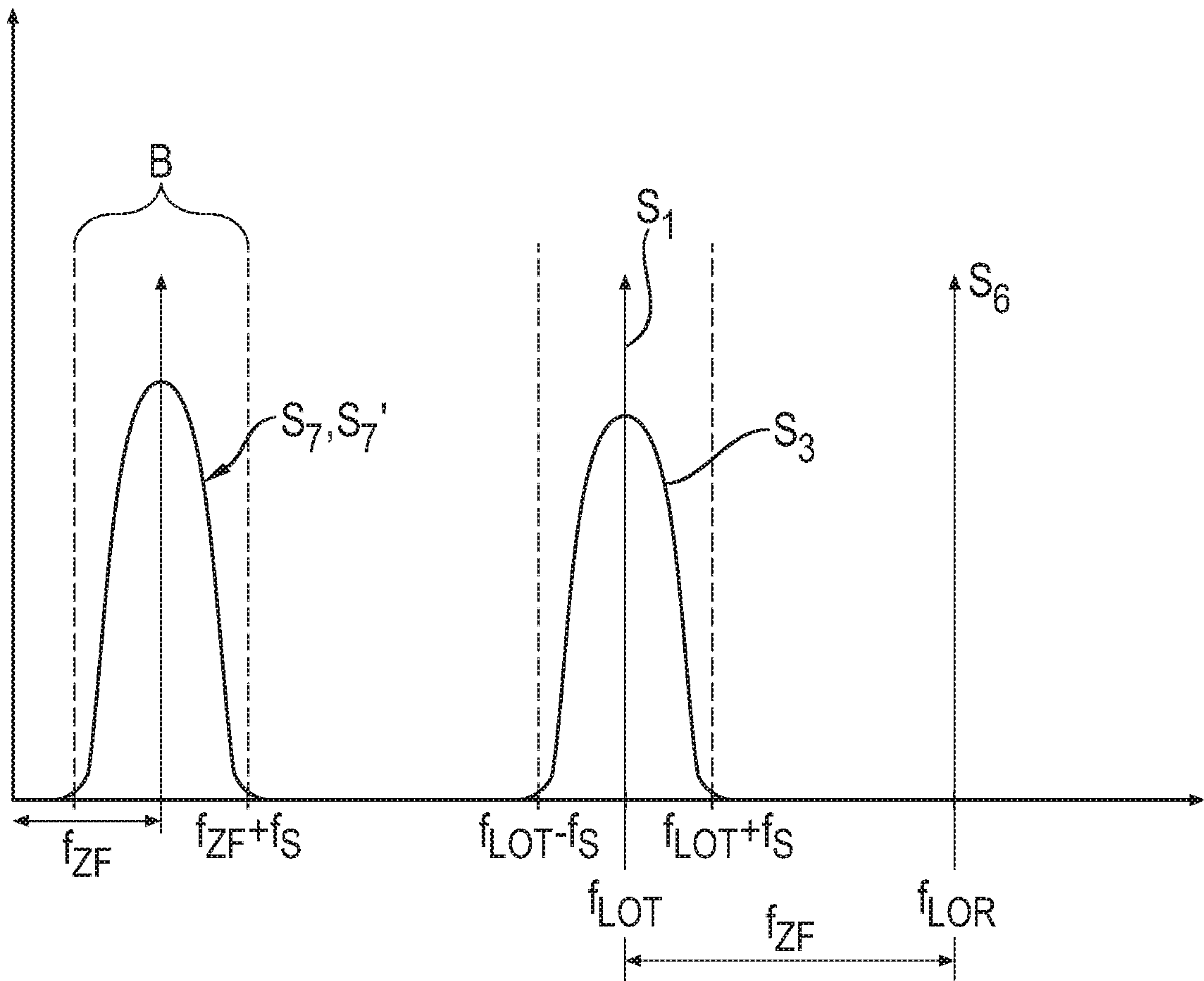


Fig. 1a

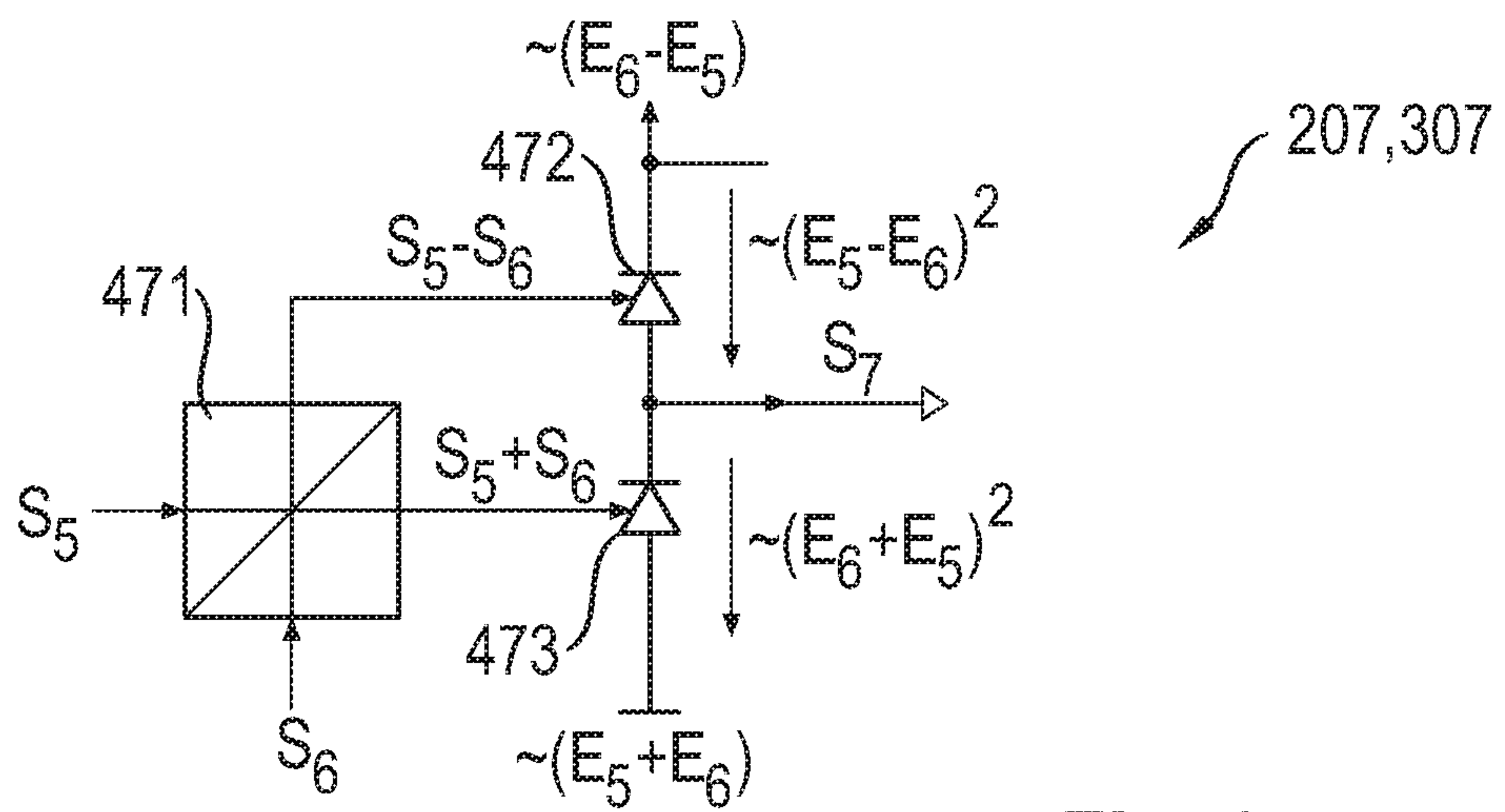


Fig. 6

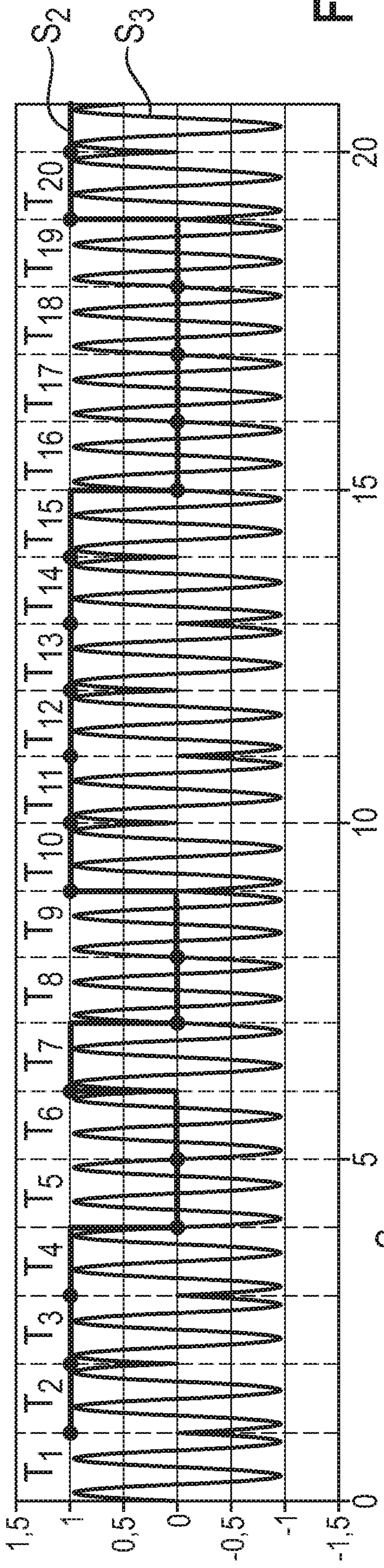


Fig. 3

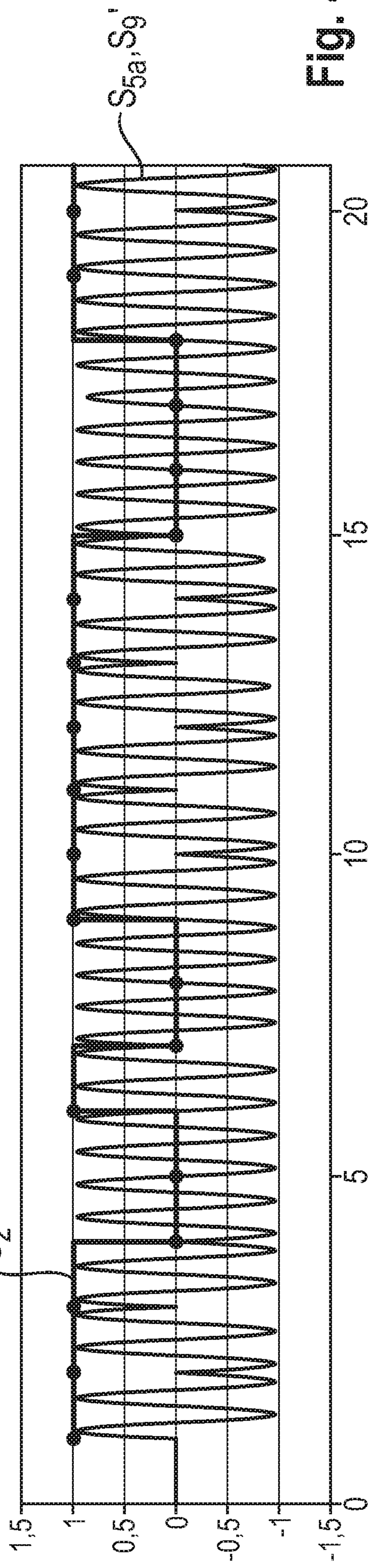


Fig. 4

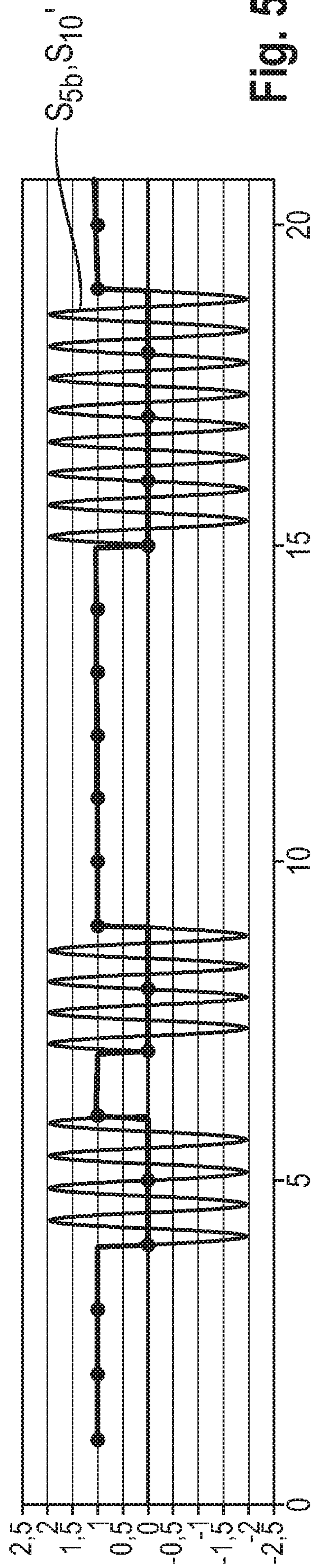


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H04B 10/556 (2013.01); **H04B 10/67** (2013.01); **H04B 10/64** (2013.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H04B 10/5561 (2013.01); **H04B 10/677** (2013.01); **H04B 10/64** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H04B

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPIAP, PATDEW, PATENW

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 13.11.2018 eingereichten Ansprüchen 1-12 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	EP 0467266 A2 (FUJITSU LTD [JP]) 22. Januar 1992 (22.01.1992) Zusammenfassung; Fig. 2.	1-12
A	US 2008031633 A1 (HOSHIDA TAKESHI [JP], NAKASHIMA HISAO [JP]) 07. Februar 2008 (07.02.2008) Zusammenfassung; Fig. 12.	1-12
A	US 2011008054 A1 (CASTANON AVILA GERARDO ANTONIO [MX], ALDAYA GARDE IVAN ARTIZ [ES]) 13. Januar 2011 (13.01.2011) Zusammenfassung; Absatz [0090]; Fig. 9.	1-12
A	WO 0251041 A2 (MARCONI OPTICAL COMPONENTS LTD [GB], GRIFFIN ROBERT [GB]) 27. Juni 2002 (27.06.2002) Zusammenfassung; Einleitung; Fig. 3.	1-12
A	EP 2326033 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]) 25. Mai 2011 (25.05.2011) Zusammenfassung.	1-12
A	WO 2009061385 A1 (DISCOVERY SEMICONDUCTORS INC [US]) 14. Mai 2009 (14.05.2009) Zusammenfassung; Einleitung; Fig. 2.	1-12
A	US 6271950 B1 (HANSEN PER BANG [US], NIELSEN TORBEN N [US]) 07. August 2001 (07.08.2001) das ganze Dokument.	1-12
A	JOYCE et.al. ' Fiber distribution for 80 compressed digital video channels using differential QPSK' In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS (ICC). GENEVA, MAY 23 - 26, 1993; PG 1583-1585, ISBN 978-0-7803-0950-0 das ganze Dokument.	1-12

Datum der Beendigung der Recherche:

14.10.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

SEYRINGER Christian

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.