



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 026 225 A1** 2008.05.08

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 026 225.8**

(22) Anmeldetag: **05.06.2007**

(43) Offenlegungstag: **08.05.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01D 5/353** (2006.01)  
**G01B 11/16** (2006.01)

(66) Innere Priorität:  
**10 2006 051 742.3 02.11.2006**

(71) Anmelder:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

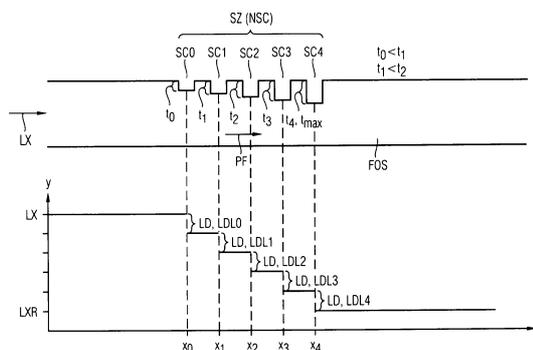
(72) Erfinder:  
**Goldbeck, Dirk David, Dr., 81927 München, DE;**  
**Happel, Tobias, 10627 Berlin, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer sensitiven Zone mit einer Anzahl an sensitiven Einkerbungen eines faseroptischen Biegesensors sowie dazugehöriger faseroptischer Biegesensor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer sensitiven Zone mit einer Anzahl an sensitiven Einkerbungen eines faseroptischen Biegesensors, wobei die sensitiven Einkerbungen derart ausgebildet werden, dass durch jede der sensitiven Einkerbungen eine identische absolute Lichtdämpfung zum Dämpfen einer in den faseroptischen Biegesensor eingestrahlten Lichtleistung erzeugt wird. Ferner ist Teil der Erfindung ein faseroptischer Biegesensor umfassend eine sensitive Zone mit einer Anzahl an sensitiven Einkerbungen, die sensitiven Einkerbungen derart ausgebildet sind, dass jede der sensitiven Einkerbungen eine identische absolute Lichtdämpfung zum Dämpfen einer in den faseroptischen Biegesensor eingestrahlten Lichtleistung erzeugt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer sensitiven Zone mit einer Anzahl an sensitiven Einkerbungen eines faseroptischen Biegesensors und einen faseroptischen Biegesensor umfassend eine sensitive Zone mit einer Anzahl an sensitiven Einkerbungen.

**[0002]** Es sind faseroptische Biegesensoren bekannt, die zur Vermessung von Deformationen eines unter dem Biegesensor liegenden Objekts einsetzbar sind, siehe beispielsweise in [1]. Hierbei werden in die Faser Verletzungen derart eingefügt, dass eine Verbiegung der Faser an der Stelle der Verletzungen eine in Abhängigkeit von der Verbiegung variierende Transmissionseigenschaft von in die Faser eingekoppeltem Licht erreicht wird. Die Stelle der Faser, die die Verletzungen aufweist wird auch als sensitive Zone oder sensitives Segment bezeichnet.

**[0003]** Ferner ist bekannt gleichartige Verletzungen entlang des faseroptischen Biegesensors in einer sensitiven Zone aufzubringen. Dies bewirkt, dass eine Biegeempfindlichkeit im Verlauf der sensitiven Zone kontinuierlich abnimmt, z.B. von Verletzung zu Verletzung um einen konstanten Faktor. Dies ist nachteilig, da hierbei bei einem Vermessen eines Verlaufs einer Deformation, d.h. einer Biegeempfindlichkeit, im Bereich der sensitiven Zone Messfehler auftreten.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen faseroptischen Biegesensor mit einer sensitiven Zone und ein Verfahren zum Herstellen der sensitiven Zone des faseroptischen Biegesensors derart auszubilden, dass eine verbesserte Biegeempfindlichkeit über einen gesamten Verlauf der sensitiven Zone erreicht wird.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Weiterbildungen sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

**[0006]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer sensitiven Zone mit einer Anzahl an sensitiven Einkerbungen eines faseroptischen Biegesensors, die sensitiven Einkerbungen derart ausgebildet werden, dass durch jede der sensitiven Einkerbungen eine identische absolute Lichtdämpfung zum Dämpfen einer in den faseroptischen Biegesensor eingestrahnten Lichtleistung erzeugt wird.

**[0007]** Durch dieses Verfahren wird erreicht, dass der Biegesensor im Bereich der sensitiven Zone eine gleichmäßige Biegeempfindlichkeit aufweist. Hierdurch wird ein Messergebnis durch die sensitive Zone verbessert. Im Gegensatz dazu weist bei einem Biegesensor mit einer sensitiven Zone mit identischen sensitiven Einkerbungen jede sensitive Einkerbung eine unterschiedliche Biegeempfindlichkeit auf, insbesondere nimmt hierbei die Biegeempfindlichkeit von Einkerbung zu Einkerbung ab.

**[0008]** Damit die an den sensitiven Einkerbungen in die Faser austretende Lichtleistung, z.B. aufgrund einer Lichtdämpfung durch das an den sensitiven Einkerbungen bei Biegung austretende Licht, über den Verlauf der sensitiven Zone, d.h. eines sensitiven Segments, annähernd gleich bleibt, muss sich die Ausprägung der sensitiven Einkerbung, z.B. in Form einer mechanischen Verletzung, antiproportional zur jeweils vor der sensitiven Zone noch in der Faser vorhandenen Lichtleistung verhalten. Nimmt die Lichtleistung über den Verlauf der sensitiven Zone in der Faser ab, so nehmen die Ausprägungen der sensitiven Einkerbungen im selben Verhältnis zu.

**[0009]** In einer vorzugsweisen Erweiterung des Verfahrens werden die sensitiven Einkerbungen entlang des faseroptischen Biegesensors angeordnet und eine jeweilige lokale Lichtdämpfung einer jeweiligen sensitiven Einkerbung zur Erzeugung der absoluten Lichtdämpfung bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone durch folgende Gleichung bestimmt wird:

$$LDL(i) = \frac{1 - LXR}{NSC - i * (1 - LXR)}$$

mit einer Restlichtleistung am Ausgang der letzten sensitiven Einkerbung, einem Laufindex zur Adressierung der jeweiligen sensitiven Einkerbung  $SC_i$  mit  $0 \leq i \leq (NSC - 1)$ , einer Anzahl  $NSC$  an sensitiven Einkerbungen der sensitiven Zone und der dazugehörigen lokalen Lichtdämpfung  $LDL_i$ .

**[0010]** Mit Hilfe der obigen Gleichung lassen sich die lokalen Lichtdämpfungen der sensitiven Einkerbungen in einfacher Weise bestimmen. Im Allgemeinen folgen die lokalen Lichtdämpfungen einer exponentiellen Funk-

tion.

**[0011]** In einer Weiterbildung wird eine jeweilige Tiefe der jeweiligen sensitiven Einkerbung der sensitiven Zone derart erzeugt, dass bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone die jeweilige sensitive Einkerbung die identische absolute Lichtdämpfung erzeugt. Durch eine Verwendung von unterschiedlichen Tiefen lassen sich die sensitiven Einkerbungen in einer Weise erzeugen.

**[0012]** Mit Hilfe der lokalen Lichtdämpfung können auch die benötigten Tiefen der sensitiven Einkerbungen in den Lichtleiter bestimmt werden. Die Tiefen der sensitiven Einkerbungen nehmen analog zu den lokalen Lichtdämpfungen von Einkerbung zu Einkerbung in exponentieller Weise zu, bspw. gemäß dem Prozentsatz der bestimmten lokalen Lichtdämpfung. Somit lassen sich in einfacher Weise durch die bestimmten lokalen Lichtleistungen die zu verwendenden Tiefen der sensitiven Einkerbungen bestimmen.

**[0013]** Ferner ist Teil der Erfindung ein faseroptischer Biegesensor umfassend umfassend eine sensitive Zone mit einer Anzahl an sensitiven Einkerbungen, die sensitiven Einkerbungen derart ausgebildet sind, dass jede der sensitiven Einkerbungen eine identische absolute Lichtdämpfung zum Dämpfen einer in den faseroptischen Biegesensor eingestrahlt Lichtleistung erzeugt. Vorzugsweise sind die sensitiven Einkerbungen entlang des faseroptischen Biegesensors angeordnet, die sensitiven Einkerbungen eine jeweilige lokale Lichtdämpfung zur Erzeugung der absoluten Lichtdämpfung bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone aufweisen, wobei diese lokalen Lichtdämpfungen durch folgende Gleichung bestimmbar sind:

$$LDL(i) = \frac{1 - LXR}{NSC - i * (1 - LXR)}$$

mit einer Restlichtleistung LXR am Ausgang der letzten sensitiven Einkerbung, einem Laufindex i zur Adressierung der jeweiligen sensitiven Einkerbung SC<sub>i</sub> mit  $0 \leq i \leq (NSC - 1)$ , einer Anzahl NSC an sensitiven Einkerbungen der sensitiven Zone und der dazugehörigen lokalen Lichtdämpfung LDL<sub>i</sub>.

**[0014]** Zudem können die sensitiven Einkerbungen eine jeweilige Tiefe aufweisen, wobei die jeweiligen Tiefen derart ausgestaltet sind, dass sie bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone die jeweilige sensitive Einkerbung die identische absolute Lichtdämpfung erzeugen.

**[0015]** Dieser faseroptische Biegesensor weist dieselben Vorteile wie das dazugehörige Verfahren zur Herstellung auf.

**[0016]** Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0017]** [Fig. 1](#) Faseroptischer Biegesensor mit einer sensitiven Zone mit fünf sensitiven Einkerbungen;

**[0018]** [Fig. 2](#) Grafische Darstellung einer über einen Verlauf einer sensitiven Zone sich verändernde lokale Lichtdämpfung und sich verändernde Tiefe jeweiliger sensitiver Einkerbungen.

**[0019]** Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0020]** In einem ersten Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 1](#) soll mit einer Anzahl NSC von fünf, d.h. NSC = 5, sensitiven Einkerbungen SC<sub>0</sub>, ..., SC<sub>4</sub> einer sensitiven Zone SZ eines faseroptischen Biegesensors FOS eine über die sensitive Zone SZ konstante Biegeempfindlichkeit erreicht werden. In [Fig. 1](#) sind die sensitiven Einkerbungen SC<sub>0</sub>, ..., SC<sub>4</sub> entlang des faseroptischen Biegesensors FOS angeordnet. Hierbei werden die einzelnen sensitiven Einkerbungen SC<sub>0</sub>, ..., SC<sub>4</sub> derart ausgebildet, dass durch jede sensitive Einkerbung SC<sub>0</sub>, ..., SC<sub>4</sub> jeweils eine in etwa identische absolute Lichtdämpfung LD zum Dämpfen einer in den faseroptischen Biegesensor FOS eingestrahlt Lichtleistung LX erzeugt werden.

**[0021]** Im vorliegenden Beispiel soll die eingestrahlt Lichtleistung LX, welche 100% entspricht, durch jede sensitive Einkerbung um denselben Betrag, z.B. um 20%, bezogen auf die eingestrahlt Lichtleistung gedämpft werden.

**[0022]** Die jeweilige lokale Lichtdämpfung LDL<sub>0</sub>, ..., LDL<sub>4</sub> gibt an, welcher Prozentsatz einer in die jeweilige

sensitive Einkerbung SC0, ..., SC4 eingestrahlten Lichtleistungen durch die jeweilige sensitive Einkerbung SC0, ..., SC4 gedämpft wird, du zwar bei einer vorgebbaren Biegung der Faser an der sensitiven Zone SZ, z.B. bei einer maximalen Biegung bevor die Faser bricht oder bei Erreichen eines vorgebbaren Biegewinkels oder Biegeradius. Da die in die jeweilige sensitive Einkerbung SC0, ..., SC4 eingestrahlte Lichtleistung von sensitiver Einkerbung zu sensitiver Einkerbung abnimmt, symbolisch durch einen Pfeil mit einem Bezugszeichen PF in [Fig. 1](#) angezeigt, muss zum Erreichen einer identischen absoluten Lichtdämpfung LD durch jede sensitive Einkerbung die lokale Lichtdämpfung von sensitiver Einkerbung SC2 zu sensitiver Einkerbung SC3 zunehmen.

**[0023]** Die absolute Lichtdämpfung LD gibt an, welcher Prozentsatz der in die Faser eingestrahlte Lichtleistung bzw. Lichts durch die jeweilige sensitive Einkerbung gedämpft werden soll. So bedeutet bspw. absolute Lichtdämpfung LD = 20%, dass durch eine jeweilige Einkerbung 20% der in die Faser eingestrahlten Lichtleistung LX gedämpft werden soll.

**[0024]** In einer unteren Hälfte der [Fig. 1](#) ist auf einer Abszisse x eine örtliche Position x0, ..., x4 der jeweiligen sensitiven Einkerbung SC0, ..., SC4 zu sehen. Auf einer Ordinate y ist ein Verlauf einer Lichtleistung über der sensitiven Zone SZ abgebildet, wobei an jeder örtlichen Position der jeweiligen sensitiven Einkerbung die identische absolute Lichtdämpfung LD durch die jeweilige lokale Lichtdämpfung LDL0, ..., LDL4 gedämpft wird. Nach Austritt des Lichtstrahls aus der letzten sensitiven Einkerbung hat der Lichtstrahl die Restlichtleistung LXR.

**[0025]** Die jeweiligen lokalen Lichtdämpfungen LDL(i) sind durch folgende Gleichung bestimmbar:

$$LDL(i) = \frac{1 - LXR}{NSC - i * (1 - LXR)} \quad (1)$$

mit der Restlichtleistung LXR am Ausgang der letzten sensitiven Einkerbung, z.B. SC4, und einem Laufindex i zur Adressierung der jeweiligen sensitiven Einkerbung SCi von Null kleiner gleich i kleiner gleich NSC minus 1, d.h.  $0 \leq i \leq (NSC - 1)$ , und der dazugehörigen lokalen Lichtdämpfung LDLi. Die Restlichtleistung LXR in diesem Beispiel Null LXR = 0 sein. Somit ergeben sich die lokalen Lichtdämpfungen LDL0 zu:

sensitive Einkerbung	lokale Lichtdämpfung
SC0	LDL0 = 0,2
SC1	LDL1 = 0,25
SC2	LDL2 = 0,33
SC3	LDL3 = 0,5
SC4	LDL4 = 1

**[0026]** Wobei ein jeweiliger Wert für die lokale Lichtdämpfung LDLi größer gleich Null und kleiner gleich Eins ist, d.h.  $0 \leq LDLi \leq 1$ . Ein Wert Null bedeutet keine Lichtdämpfung und ein Wert Eins repräsentiert eine maximale Lichtdämpfung. Im Allgemeinen gibt die lokale Lichtdämpfung an, welcher Prozentsatz der in die jeweilige sensitive Einkerbung eingestrahlte Lichtleistung durch diese bei einer vorgebbaren Biegung, bspw. einer maximalen Biegung, gedämpft wird.

**[0027]** Die jeweiligen lokalen Lichtdämpfungen können bspw. durch unterschiedlich tiefe Einkerbungen in den jeweiligen sensitiven Einkerbungen eingestellt werden. In [Fig. 1](#) ist dies bildhaft dargestellt, wobei die sensitive Einkerbung SC0 eine geringste Tiefe t0 und die letzte sensitive Einkerbung SC4 die größte Tiefe t4 aufweist. Die expliziten Tiefen hängen von einem verwendeten Fasermaterial ab, wobei bspw. eine größere lokale Lichtdämpfung bei einer größeren Tiefe erzielt wird. Die sensitive Einkerbung wird bspw. durch Herausnahme von Fasermaterial aus der optischen Faser erzielt, wie beispielsweise in [1] erläutert ist. Die lokale Lichtdämpfung LDL0, ..., LDL4 wird dabei beispielweise durch eine Tiefe und/oder Breite der jeweiligen sensitiven Einkerbung erzeugt. So ist bspw. die lokale Lichtdämpfung größer, je tiefer und/oder breiter die jeweilige sensitive Einkerbung ist. In einer alternativen Ausführungsform kann die sensitive Einkerbung mit einem Material ausgefüllt werden, welches in Abhängigkeit von der benötigten lokalen Lichtdämpfung ausgewählt wird. Dabei ist das Material bspw. für Lichtstrahlen umso reflexiver, je geringer die jeweilige lokale Dämpfung sein soll. Entsprechen 100% einer jeweiligen lokalen Lichtdämpfung bspw. einer maximalen Tiefe tmax, so kann die jeweilige Tiefe einer der sensitiven Einkerbungen durch Multiplikation der maximalen Tiefe tmax mal der lokalen Lichtdämpfung ermittelt werden. Beispielsweise ist die lokale Lichtdämpfung LDL3 = 0,2 der sensitiven Einkerbung

SC3. Hieraus ergibt sich die zu verwendende Tiefe  $t_3$  der lokalen Einkerbung SC3 zu  $t_3 = t_{\max} - \text{LDL}_3$ . Diese Vorgehensweise ist auf die weiteren sensitiven Einkerbungen in analoger Weise anwendbar. Somit nehmen die Tiefen  $t_0, \dots, t_4$  der jeweiligen sensitiven Einkerbungen SC0, ..., SC4 von Einkerbung zu Einkerbung zu, d.h.  $t_0 < t_1, t_1 < t_2, \dots, t_3 < t_4$ . Zudem kann die Tiefe  $t_4 = t_{\max}$  sein. In [Fig. 2](#) sind die Tiefen  $t_0, t_9$  der jeweiligen sensitiven Einkerbungen SC $i$  mit  $i = 0$  bis 9 bildhaft dargestellt, wobei sich die exponentielle Zunahme der Tiefe im Bereich der sensitiven Einkerbungen zeigt.

**[0028]** In einem weiteren Beispiel sollen  $\text{NSC} = 10$  lokale Lichtdämpfungen  $\text{LDL}_0, \dots, \text{LDL}_9$  für zehn sensitive Einkerbungen SC0, ..., SC9 ermittelt werden, wobei nach der Dämpfung durch die letzte sensitive Einkerbung SC9 noch 50% des in die optische Faser bzw. Biegesensors FOS eingekoppelten Lichts bei einer maximalen Biegung der sensitiven Zone zur Verfügung stehen sollen, d.h.  $\text{LXR} = 0,5$ . Nach Anwendung der Gleichung (1) ergibt sich:

sensitive Einkerbung	lokale Lichtdämpfung
SC0	$\text{LDL}_0 = 5\%$
SC1	$\text{LDL}_1 = 5,3\%$
SC2	$\text{LDL}_2 = 5,6\%$
SC3	$\text{LDL}_3 = 5,9\%$
SC4	$\text{LDL}_4 = 6,3\%$
SC5	$\text{LDL}_5 = 6,7\%$
SC6	$\text{LDL}_6 = 7,1\%$
SC7	$\text{LDL}_7 = 7,7\%$
SC8	$\text{LDL}_8 = 8,3\%$
SC9	$\text{LDL}_9 = 9,1\%$

**[0029]** In [Fig. 2](#) sind die lokalen Lichtdämpfungen  $\text{LDL}_0, \dots, \text{LDL}_9$  und die dazugehörigen Tiefen  $t_0, \dots, t_9$  der jeweiligen sensitiven Einkerbungen abgebildet.

#### Literaturangabe

[1] US-Patent US 5,097,252

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer sensitiven Zone (SZ) mit einer Anzahl (NSC) an sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) eines faseroptischen Biegesensors (FOS), **dadurch gekennzeichnet**, dass die sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) derart ausgebildet werden, dass durch jede der sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) eine identische absolute Lichtdämpfung (LD) zum Dämpfen einer in den faseroptischen Biegesensor (FOS) eingestrahlten Lichtleistung (LX) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) entlang des faseroptischen Biegesensors (FOS) angeordnet werden, eine jeweilige lokale Lichtdämpfung ( $\text{LDL}_0, \dots, \text{LDL}_4$ ) einer jeweiligen sensitiven Einkerbung (SC0, ..., SC4) zur Erzeugung der absoluten Lichtdämpfung (LD) bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone (SZ) durch folgende Gleichung bestimmt wird:

$$\text{LDL}(i) = \frac{1 - \text{LXR}}{\text{NSC} - i * (1 - \text{LXR})}$$

mit einer Restlichtleistung (LXR) am Ausgang der letzten sensitiven Einkerbung (SC4), einem Laufindex (i) zur Adressierung der jeweiligen sensitiven Einkerbung (SC $i$ ) mit  $0 \leq i \leq (\text{NSC} - 1)$  und der dazugehörigen lokalen Lichtdämpfung ( $\text{LDL}_i$ ).

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine jeweilige Tiefe ( $t_0, \dots, t_4$ ) der jeweiligen sensitiven Einkerbung (SC0, ..., SC4) der sensitiven Zone (SZ) derart erzeugt wird, dass bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone (SZ) die jeweilige sensitive Einkerbung (SC0, ..., SC4) die identische absolute Lichtdämpfung (LD) erzeugt.

4. Faseroptischer Biegesensor (FOS) umfassend eine sensitive Zone (SZ) mit einer Anzahl (NSC) an sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4), dadurch gekennzeichnet, dass die sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) derart ausgebildet sind, dass jede der sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) eine identische absolute Lichtdämpfung (LD) zum Dämpfen einer in den faseroptischen Biegesensor (FOS) eingestrahlichten Lichtleistung (LX) erzeugt.

5. Faseroptischer Biegesensor (FOS) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) entlang des faseroptischen Biegesensors (FOS) angeordnet sind, die sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) eine jeweilige lokale Lichtdämpfung (LDL0, ..., LDL4) zur Erzeugung der absoluten Lichtdämpfung (LD) bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone (SZ) aufweisen, wobei diese lokalen Lichtdämpfungen (LDL0, ..., LDL4) durch folgende Gleichung bestimmbar sind:

$$LDL(i) = \frac{1 - LXR}{NSC - i * (1 - LXR)}$$

mit einer Restlichtleistung (LXR) am Ausgang der letzten sensitiven Einkerbung (SC4), einem Laufindex (i) zur Adressierung der jeweiligen sensitiven Einkerbung (SCi) mit  $0 \leq i \leq (NSC - 1)$  und der dazugehörigen lokalen Lichtdämpfung (LDLi).

6. Faseroptischer Biegesensor (FOS) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die sensitiven Einkerbungen (SC0, ..., SC4) eine jeweilige Tiefe (t0, ..., t4) aufweisen, wobei die jeweiligen Tiefen (t0, ..., t4) derart ausgestaltet sind, dass sie bei einer vorgebbaren, insbesondere maximalen, Biegung der sensitiven Zone (SZ) die jeweilige sensitive Einkerbung (SC0, ..., SC4) die identische absolute Lichtdämpfung (LD) erzeugen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

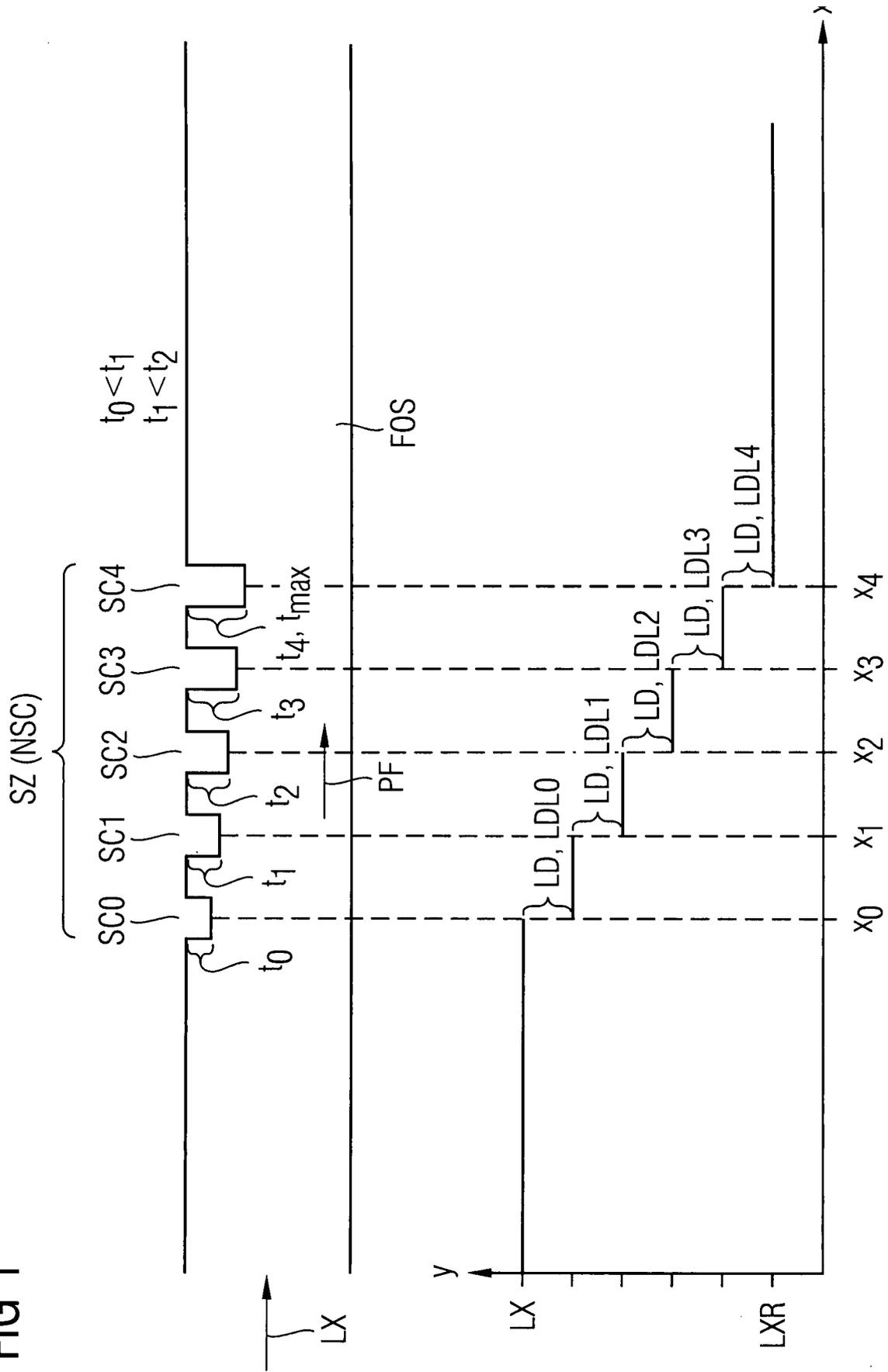


FIG 2

