(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
21. August 2003 (21.08.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/069395 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: G02F

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT03/00042

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Februar 2003 (12.02.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 216/2002 12. Februar 2002 (12.02.2002) AT

(71) Anmelder und
(72) Erfinder: **DIDOSYAN, Yuri, S.** [AT/AT]; Moosbrunnerstrasse 2, A-2521 Trumau (AT).

(74) Anwalt: **KLEIN, PINTER & LAMINGER OEG**; Prinz Eugen-Strasse 70, A-1040 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

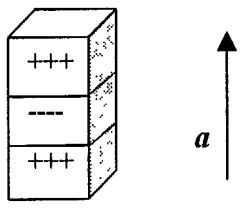
(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR MODIFYING THE POLARISATION STATE OF LIGHT

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ÄNDERUNG DES POLARISATIONSZUSTANDES VON LICHT



(57) Abstract: A magnetic, single-axis crystal is used to modify the polarisation state of light, whereby light passes through predetermined areas of the crystal. To change the polarisation state of the light, a magnetic field pulse is applied to the crystal with a magnetic field amplitude, at which the crystal no longer remains in the single-domain state at the end of the pulse, but returns to a defined multi-domain state that is determined by the direction of the applied magnetic field, thus achieving large usable apertures of the switching element and extremely short change periods. According to the invention, energy is only required for the change operation and not for maintaining a specific state.

(57) Zusammenfassung: Zur Änderung des Polarisationszustandes von Licht wird ein magnetisch einachsiger Kristall verwendet, wobei Licht durch vorgegebene Bereiche des Kristalls hindurchtritt. Zur Umschaltung des Polarisationszustandes des Lichtes wird an dem Kristall ein Magnetfeldimpuls mit einer Magnetfeldstärke angelegt, bei der der Kristall nach dem Ende des Impulses nicht im Singledomänen-Zustand verbleibt, sondern in einen definierten, von der Richtung des angelegten Magnetfeldes bestimmten Multidomänen-Zustand zurückkehrt, womit grosse nutzbare Aperturen des Schaltelementes und sehr kurze Umschaltzeiten erzielbar sind, wobei Energie nur zum Umschalten selbst und nicht zum Halten eines bestimmten Zustandes notwendig ist.

WO 03/069395 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Änderung des Polarisationszustandes von Licht

Gegenstand der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Änderung des Polarisationszustandes von Licht mit einem magnetisch einachsigen Kristall, der unter der Einwirkung eines äußeren Magnetfeldimpulses in einen Eindomänen-Zustand übergeht, wobei Licht durch vorgegebene Bereiche des Kristalls hindurchtritt, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens. Gegenstände der Erfindung sind also Methoden und Vorrichtungen zur Änderung der Polarisation von Lichtstrahlen und in der Folge zur Änderung der Richtung, der Intensität u dgl. mehr dieser Lichtstrahlen, wie sie in optischen Kommunikationssystemen, Informationsverarbeitung, Displays etc. zur Anwendung kommen.

Kurze Beschreibung des Standes der Technik

Zur Zeit wurden zahlreiche Arten von optischen Schalter entwickelt, inklusive mikroelektromechanische Systeme (MEMS), akustisch-optische, flüssige kristalline, elektronisch schaltbare *Bragg gratings (Bragg'sche Gitter)* , *bubble jets (Blasensysteme)*, thermo-optische, interferometrische, thermo-kapillarische, elektro-holografische und magneto-optische Systeme. Zur Zeit sind MEMS am meisten in Verwendung. Wichtiger Vorteil von MEMS ist, dass diese zu den sogenannten „*latching* Systemen" gehören, das heisst, dass sie energielose stabile Schaltzustände haben und Energie nur zum Schalten benötigen.
Ihre Schaltzeiten sind jedoch ziemlich lang - ca. 1 ms. Elektro-optische Systeme haben vergleichsweise viel kürzere Schaltzeiten; zum Beispiel beträgt die Schaltzeit der neuen elektroholographischen Schalter nur ca. 10 ns. Aber diese Schaltungen brauchen permanente Energieversorgung, zumindest in einem Zustand. Außerdem ist der „insertion loss" (Eingangsverlust) von elektroholographischen Schalter ziemlich hoch, nämlich etwa 4-5 dB.

Mit magneto-optischen Systemen eröffnet sich die Möglichkeit, kurze Schaltzeit und geringen insertion loss mit der sogenannten „latching" Funktionsweise (siehe oben) zu kombinieren. In der Erfindung gemäß Österr. Patent Nr. 408.700 wird ein multistabiler Polarisationsrotator beschrieben. Stabile Zustände bei diesem Rotator werden durch Inhomogenitäten auf den Oberflächen von orthoferritischen Plättchen, die die Domänenwände (DWs) in vorgegebenen

Lagen halten, gewährleistet. Übergänge zwischen diesen stabilen Zuständen kommen durch Verschiebung der Domänenwände zwischen diesen Lagen zustande und finden ohne Erzeugung von neuen Domänen statt. Die für diese Übergange benötigte Dauer beträgt ca. 100 ns, das heisst, dass sie um etliche 1000 Male schneller sind als für andere optischen Schalter der „latching" Art. Die Apertur des Schalters ist aber wesentlich eingeschränkt. Die Amplitude des Treiber-Magnetfeldes ist ziemlich gering, weswegen sich DWs nur auf vergleichbar kleinen Distanzen fortbewegen können.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Beschränkungen der Apertur des Schalters zu reduzieren.

Gemäß der gegenständlichen Erfindung wird dies dadurch gelöst, daß an den Kristall ein Magnetfeldimpuls mit einer Magnetfeldstärke (H) angelegt wird, bei der der Kristall nach dem Ende des Impulses nicht im Signaldomänen-Zustand verbleibt, sondern in einen definierten, von der Richtung des angelegten Magnetfeldes bestimmten Multidomänen-Zustand zurückkehrt. Damit wird die Apertur des Schalters durch Anwendung von Magnetfeldimpulsen von höherer Amplitude vergrößert. Die Apertur ist dabei definiert durch die Zone, in der abwechselnd Magnetpulse einwirken. Bei der vorliegenden Erfindung repräsentiert diese Zone die Domänenstruktur, die nach dem Abschalten des Magnetimpulses auftritt. In Orthoferriten treten relativ große Domänen auf, womit entsprechend auch große Aperturen des Schalters erreichbar sind.

Orthoferrite besitzen eine rechteckige Hysterese-Funktion. Die Koerzitivkraft der Orthoferrite ist ziemlich hoch, sie beträgt einige kilo-Oersted (kOe). Die zur Überwindung der Koerzitivkraft erforderliche Erzeugung großer magnetischer Felder verlangt großen Energieinput (dieser Faktor ist besonders bei Konstruktion von dichtgepackten Schaltermatrizen von Bedeutung) und kann auch erhöhte Induktivität des Schemas nach sich ziehen, was die Schaltzeiten vergrößert. Um die erforderliche Intensität des Treiber-Feldes zu verringern, werden Inhomogenitäten auf der Kristalloberfläche verwendet, die die Domänenwände in vorgegebenen Positionen fixieren. Wenn die Entfernung zwischen den Inhomogenitäten gering ist, oder wenn man dünn Orthoferritplätchen verwendet, bewegen sich die DW`s kontinuierlich von einer Ungleichartigkeit zu der anderen. Im Falle des Orthoferrite Kristalles bezieht sich das Letzte auf die Dicke ≈ 100 µm, verwendet bei Polarisationsdrehung in sichtbaren und nahe infraroten Spektrumbereich. Es wurde gefunden, dass bei dickeren Muster und zwar bei $\geq$ 1,2 mm dick Yttrium Orthoferrite Kristalle, die für 45° Polarisationsdrehung auf der Wellenlängen $\geq$

1,3 µm verwendet werden, andere Situation ist. Anwendung bei diesen Kristallen der Magnetfelder, die ziemlich stark sind, um die Magnetisierung der großen Bereichen zu ändern verursacht nun die Erzeugung neuer Domänen und deren Ausbreitung, Kollaps von Domänen mit ungünstigen Magnetisierungsrichtung und in der Folge eine Magnetisierung des Kristalls. Falls die Amplitude des Magnetfeldimpulses ziemlich hoch ist (einige kOe), bleibt nach dem Ende dieses Impulses der Kristall im monodomänen Zustand und Änderungen der Magnetisierungsrichtung verlangen wieder die Anwendung von Impulsen mit gleichen oder sogar höheren Amplituden.
Wenn jedoch die Amplitude H der Impulse nicht sehr hoch ist und gerade dazu reicht, Sättigungsmagnetisierung des Kristalls ($H=H_s$) zu erreichen, so kehrt nach der Beendung des Impulses der Kristall wieder in den multidomänen Zustand zurück (Keime der entgegengesetzt magnetisierten Domänen werden nämlich nicht völlig unterdrückt, und nach Beendung des Impulses wachsen diese zu neuen Domänen).

Weitere Merkmale und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie der entsprechenden Vorrichtung werden im folgenden anhand der Tabelle 1 sowie der Zeichnungen näher erläutert.

In manchen Fällen werden nach der Anwendung der Impulse ($H \leq H_s$) die Magnetisierungsrichtungen in bestimmten Kristallenbereichen zu entgegengesetzten geändert:
Betrachtet sei nun ein Orthoferrite-Kristall, der senkrecht zur optischen Achse geschnitten ist. In solchem Kristall sind die DWs senkrecht zur Richtung der kristallographischen ***a***-Achse ausgerichtet, siehe Fig. 1. Die Magnetisierungen seien in der oberen und unteren Domäne positiv und in der mittleren Domänen negativ (Fig. 1a). Ein Magnetfeldimpuls von negativer Polarität wirke nun auf den Kristall. Wenn die Amplitude des Impulses ungefähr H_s beträgt, wird der Kristall bis in den Eindomänen-Zustand magnetisiert, Fig. 1b. Nach dem Ende des Impulses unterteilt sich der Kristall in die Domänen, Fig. 1c. Im unteren und oberen Bereich des Kristalls sind die Kupplungskräfte ziemlich hoch und die Magnetisierungsrichtung bleibt genau so wie während des Impulses. Im mittleren Bereich, wo die Kupplungskräfte schwächer sind, wird die Magnetisierungsrichtung allerdings entgegengesetzt. Für die Stabilisierung der Domänen kann man wieder Inhomogenitäten (Nichtuniformitäten), wie sie in der Erfindung Nr. 408.700 beschrieben werden, verwenden.

Werden nun Lichtstrahlen in verschiedene Kristallbereiche gelenkt, so werden sich die Polarisationen der verschiedenen Strahlen in Abhängigkeit vom magnetischen Treiberfeld und der Positionen der Strahlen verändern. Bei dem Bespiel in der Tabelle 1 ist die Polarisation der Strahlen, die durch Bereich 1 durchgehen, mit „+“ (d. h. dass die Polarisationsrichtung hat sich im Uhrzeigersinn gedreht), und die Polarisation der Strahlen, die durch Bereich 2 durchgehen, mit „-" (die Polarisationsrichtung hat sich gegen den Uhrzeigersinn gedreht) charakterisiert. Wird ein Magnetfeldimpuls negativer Polarität appliziert, so wird während des Impulses die Polarisation der beiden Strahlen „minus“ betragen. Nach der Beendung des Impulses wird die Polarisation der Strahlen 1 und 2 dementsprechend "-" (für 1) und "+" (für 2) betragen. Die Applikation eines Magnetfeldimpulses positiver Polarität führt zur neuen Verteilung: „+“ und „+“ und nach der Beendung dieses Impulses entsteht wieder der Zustand "+" und "-". Somit kann man durch die Wahl der Polarität und die Dauer der Impulse in ausgewählten Zeitabständen eine erwünschte Polarisationsverteilung bzw. -kombination erreichen.

In der Erfindung gemäß Österr. Patent Nr. 408.700 werden Ungleichmäßigkeiten (wie z.B. Ritzen bzw. Kratzer), auf der Kristalloberfläche, durch die die Lichtstrahlen durchgehen, zur Fixierung der DWs verwendet. Diese Inhomogenitäten auf der Oberfläche verursachen Lichtstreuung, was besonders beim Einsatz solcher Kristalle in Attenuatoren störend ist.

Abweichend von den Anordnungen gemäß Österr. Patent Nr. 408.700 werden bei der gegenständlichen Erfindung die Inhomogenitäten (wie Ritzen) auf der bzw. den Seitenflächen des Kristalls angebracht.. Fig. 2 zeigt solche Inhomogenitäten in Form von Ritzen bzw. Kratzern auf der Seitenfläche eines Rotators. Die Richtung der Ritzen bzw. Kratzer ist senkrecht zur kristallographischen ***a***-Achse und parallel zu den Ebenen der DWs.

Um eine kontinuierliche Bewegung der DWs über große Distanzen zu gewährleisten, sollen relativ dünne Plättchen verwendet werden (im Falle der Orthoferite gelten „als relativ dünn“ einige hundert Micrometer dicke Plättchen). In einem sehr breiten Bereich der Magnetfeldstärke besteht die Wirkung des Magnetfeldes auf diese Plättchen in der Verbreiterung der existierenden Domänen mit passender Polarität und nicht in der Erzeugung neuer Domänen. Die Inhomogenitäten halten die DWs in gewünschten Positionen, wodurch ein multistabiler Betrieb des Rotators ermöglicht wird. Stapel von einigen solchen Plättchen können zur Konstruktion eines Rotators mit erwünschter Dicke verwendet werden.

Man kann weiters die Inhomogenitäten, die die DWs fixieren, mit den Quellen permanenter Magnetfelder kombinieren. In der Erfindung gemäß Österr. Patent Nr. 408.700 wird vorgeschlagen, das inhomogene Magnetfeld eines Paares von Magneten zu verwenden. Jedoch erhöht die Verwendung von zwei Magneten die Dimensionen der Elemente bzw. Systeme.

Erfindungsgemäß wird nun lediglich ein Permanentmagnet verwendet. Dieser hält die Magnetisierung des angrenzenden Teils des Rotators aufrecht; die Lage der Grenze dieser Domäne (seine DW) ändert sich unter der Einwirkung des Magnetfeldimpulses und kann durch Inhomogenitäten, wie sie oben erwähnt wurden, fixiert werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Änderung des Polarisationszustandes von Licht mit einem magnetisch einachsigen Kristall, der unter der Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes in einen Eindomänen-Zustand übergeht, wobei Licht durch vorgegebene Bereiche des Kristalls hindurchtritt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass an den Kristall ein Magnetfeldimpuls mit einer Magnetfeldstärke (H) angelegt wird, bei der der Kristall nach dem Ende des Impulses nicht im Singledomänen-Zustand verbleibt, sondern in einen definierten, von der Richtung des angelegten Magnetfeldes bestimmten Multidomänen-Zustand zurückkehrt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Domänenwände durch Inhomogenitäten, die im Kristall erzeugt werden, in vorgegebenen Positionen gehalten werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtstrahlen durch solche Bereiche des Kristalls geleitet werden, die nach Abschalten des äußeren Magnetfeldimpulses mit dem selben Vorzeichen wie der äußere Magnetfeldimpuls magnetisiert bleiben.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtstrahlen durch solche Bereiche des Kristalls geleitet werden, die nach Abschalten des äußeren Magnetfeldimpulses mit entgegengesetztem Vorzeichen wie der äußere Magnetfeldimpuls magnetisiert bleiben.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtstrahlen durch solche Bereiche des Kristalls geleitet werden, die während der Einwirkung des äußeren Magnetfeldimpulses mit gleichem Vorzeichen magnetisiert sind und nach dem Abschalten des äußeren Magnetfeldimpulses mit entgegengesetztem Vorzeichen magnetisiert werden.

6. Vorrichtung zur Veränderung des Polarisationszustandes von Lichtstrahlen nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einem magneto-optischen Rotator gebildet aus einem magnetisch einachsigen Kristall, der Inhomogenitäten aufweist, welche die Domänen in vorgegebenen Positionen fixieren, dadurch gekennzeichnet, dass diese Inhomogenitäten sich auf den Seitenflächen des Kristalls befinden.

Tabelle 1.

Bereich	Positives Puls		Negatives Puls	
	Während des Pulses	Nach dem Puls	Während des Pulses	Nach dem Puls
1	+	+	-	-
2	+	-	-	+

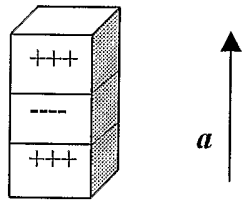


Fig 1a)

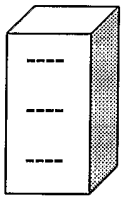


Fig. 1b)

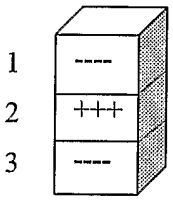


Fig. 1c)

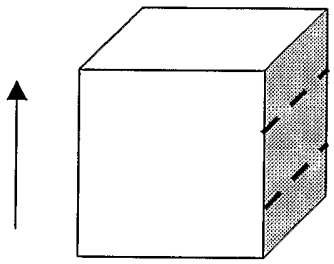


Fig. 2