

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4792309号

(P4792309)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 F 1/03 (2006.01)

G O 2 F 1/03 5 0 5

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2006-81595 (P2006-81595)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成18年3月23日 (2006.3.23)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2007-256675 (P2007-256675A)		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(43) 公開日	平成19年10月4日 (2007.10.4)	(74) 代理人	110001243
審査請求日	平成20年1月30日 (2008.1.30)		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
		(74) 代理人	100077481
			弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100115624
			弁理士 濱中 淳宏
		(72) 発明者	伊藤 敏洋
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	藤浦 和夫
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気光学素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気光学結晶を用いた電気光学素子において、
 前記電気光学結晶に電界を印加するための陽極および陰極を備え、
 前記陽極の前記電気光学結晶との接触面積は、前記陰極の前記電気光学結晶との接触面積より狭く、

前記電気光学結晶は $KTa_{1-x}Nb_xO_3$ ($0 < x < 1$) または $K_{1-y}Li_yTa_{1-x}Nb_xO_3$ ($0 < x < 1, 0 < y < 0.1$) のいずれかであり、該電気光学結晶を常誘電相で用いることを特徴とする電気光学素子。

【請求項 2】

前記陽極の、前記電気光学結晶を通過する光の進行方向に垂直な方向の幅は、前記陰極の幅より狭いことを特徴とする請求項 1 に記載の電気光学素子。

【請求項 3】

前記陽極の幅は、前記陽極および陰極間の間隔より狭く、前記陰極の幅は、前記陽極および陰極間の間隔より広いことを特徴とする請求項 2 に記載の電気光学素子。

【請求項 4】

前記陽極は、光の進行方向に平行に、複数の分割されていることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の電気光学素子。

【請求項 5】

前記陰極は、光の進行方向に平行に、複数の分割されていることを特徴とする請求項 1

10

20

、 2 または 3 に記載の電気光学素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、電気光学素子に関し、より詳細には、電気光学結晶を用いて電気信号により光の位相を変える電気光学素子に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

従来、電気光学結晶を用いた様々な光機能部品が実用化されている。これら光機能部品は、電気光学結晶に電圧を印加すると、電気光学効果により結晶の屈折率が変化することを利用して、例えば、電気光学結晶を用いた光位相変調器は、結晶の屈折率の変化により、結晶を通過する光の速度を変化させて、光の位相を変化させる。また、この光位相変調器を利用して、光スイッチ、光強度変調器を構成することもできる。

【 0 0 0 3 】

図 1 に、従来の光位相変調器の構成を示す（例えば、特許文献 1）。 LiNbO_3 基板 10 に形成された導波路 11 の両側に、2つの電極、陽極 12a および陰極 12b が形成されている（図 1（a））。陽極 12a および陰極 12b 間に、電圧を印加し、導波路 11 にかかる電界を変化させる（図 1（b））。これにより、電気光学材料の屈折率を変化させて、導波路 11 を通過する光信号の位相を変調する。

【 0 0 0 4 】

図 1 に示した光位相変調器において、変調される光の位相 $\Delta\phi$ は、光の伝搬方向において電界の印加される部分の長さを L とし、光の波長を λ とし、変化する屈折率を Δn とすると、

$$\Delta\phi = 2\pi \times \Delta n \times L / \lambda$$

と表される。さらに、 Δn は、

$$\Delta n = -0.5 n^3 r E$$

と表される。ここで、 E は導波路に印加された電界、 r は一次の電気光学係数、 n は屈折率である。

【 0 0 0 5 】

近年、電気光学係数の大きな $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ （ KTN ）結晶が着目されている。 KTN 結晶は、電気光学係数が大きいために、小さなサイズ、小さな駆動電圧で光スイッチを構成することができる。図 2 に、従来の KTN 結晶を用いた光位相変調器の構成を示す。光位相変調器は、方形の KTN 結晶 20 の対向する面に、陽極 22a および陰極 22b が形成されている。陽極 22a および陰極 22b 間に、バイアス電界を印加し、さらにそのバイアス電界の下で、2つの電極間に信号電界を重畳する。これにより、 KTN 結晶 20 の電界が信号によって変化し、2つの電極間の屈折率が変化するので、 KTN 結晶 20 を通過する入射光の位相を信号に応じて変化させることができる。この光位相変調器を利用して、光強度変調器、光スイッチ、Q スイッチなどの光機能素子を構成することができる。

【 0 0 0 6 】

バイアス電界は、初期位相を適切な位相に保持するために使用される。加えて、常誘電相の KTN 結晶など、主に 2 次の電気光学効果を有する材料の場合は、バイアス電界が強いほど電気光学効果が大きくなるという特徴がある。図 3 に、2 次の電気光学効果を有する材料における印加電圧と屈折率の関係を示す。バイアス電圧 V_{bias} が大きいほど、信号電圧 V_s によって変調される屈折率の変化 Δn は大きくなる。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 05 - 346560 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

10

20

30

40

50

しかしながら、K T N 結晶は、電界を印加するとバルク結晶内の電気光学特性が一樣でなくなり、偏向などの現象が起こるといった問題があった。これは、図 2 に実線の矢印で示した電界の向きと逆方向に、陰極 2 2 b から電荷（図 2 に破線の矢印で示す）が結晶内部に入り込むためである。電界分布が一樣でなくなると、入射光の一部が偏向し、光位相変調器として一樣な変調特性が得られない。偏向の影響を抑えるために、印加するバイアス電圧を低く設定すると、良好な電気光学特性が得られないという問題があった。

【0009】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、結晶内部の電界分布が一樣となるようにして、良好な電気光学特性が得られる電気光学素子を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、電気光学結晶を用いた電気光学素子において、前記電気光学結晶に電界を印加するための陽極および陰極を備え、前記陽極の前記電気光学結晶との接触面積は、前記陰極の前記電気光学結晶との接触面積より狭く、前記電気光学結晶は $KTa_{1-x}Nb_xO_3$ ($0 < x < 1$) または $K_{1-y}Li_yTa_{1-x}Nb_xO_3$ ($0 < x < 1, 0 < y < 0.1$) のいずれかであり、該電気光学結晶を常誘電相で用いることを特徴とする。

【0011】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の電気光学素子において、前記陽極の、前記電気光学結晶を通過する光の進行方向に垂直な方向の幅は、前記陰極の幅より狭いことを特徴とする。

20

【0012】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の電気光学素子において、前記陽極の幅は、前記陽極および陰極間の間隔より狭く、前記陰極の幅は、前記陽極および陰極間の間隔より広いことを特徴とする。

【0013】

請求項 1、2 または 3 に記載の前記陽極を、光の進行方向に平行に、複数に分割することができる。また、前記陰極を、光の進行方向に平行に、複数に分割することもできる。

【発明の効果】

30

【0015】

以上説明したように、本発明によれば、一方の電極の電気光学結晶との接触面積と、他方の電極の電気光学結晶との接触面積とに差があるので、結晶内部の電界分布が一樣となり、良好な電気光学特性を得ることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。本実施形態においては、陽極と陰極のサイズを変えることにより、バルク結晶内に生ずる電界の大きさを制御する。2つの電極のうち、面積の小さい陽極に近接した部分の電界は上がり、面積の大きい陰極に近接した部分の電界は下がる。これにより、陰極から結晶内部に入り込む電荷の影響が緩和され、結晶内部の電界分布を一樣にすることができる。

40

【実施例 1】

【0017】

図 4 に、本発明の実施例 1 にかかる電気光学素子の構成を示す。電気光学素子は、方形の K T N 結晶 4 0 の対向する面に、陽極 4 2 a および陰極 4 2 b が形成されている。K T N 結晶 4 0 の結晶軸 x, y, z を図 4 に示したように規定する。K T N 結晶 4 0 は、光の進行方向の長さ（ z 軸方向）5 mm、幅（ x 軸方向）1.5 mm であり、2つの電極間の厚さ（ y 軸方向）1.0 mm の結晶である。陰極 4 2 b は、K T N 結晶 4 0 の下面、全面に蒸着されている。従って、幅（ x 軸方向）1.5 mm であり、2つの電極間の間隔 1.0 mm よりも広がっている。一方、陽極 4 2 a は、幅（ x 軸方向）0.5 mm であり、

50

2つの電極間の間隔1.0mmよりも狭くなっている(電極セットAという)。KTN結晶40の相転移温度は0度であり、20度で動作するように温度保持されている。

【0018】

一方、比較のために、陽極42aおよび陰極42bともに幅(x軸方向)1.0mmであり、2つの電極を間隔1.0mmで対向させた電気光学素子を用意しておく(電極セットBという)。

【0019】

電極セットAは、陰極の面積が、陽極よりも3倍大きくなっている。また、電極セットBと比較すると、陽極の面積はより小さく、陰極の面積はより大きくなっている。陽極42aおよび陰極42b間に、100Vのバイアス電圧を印加すると、電極セットAは、電極セットBよりも陰極に発生する電界が緩和されている。従って、入射光が通過する部分の電界分布が一樣となり、より一樣な電気光学特性を得ることができる。

【0020】

また、陰極42bと比較して電気光学結晶との接触面積が狭い陽極42aの幅が、陽極42aおよび陰極42b間の間隔よりも狭い場合に、陰極に発生する電界の緩和は、特に有効に働く。

【実施例2】

【0021】

図5に、本発明の実施例2にかかる電気光学素子の構成を示す。電気光学素子は、方形のKTN結晶50の対向する面に、陽極52a1, 52a2および陰極52bが形成されている。KTN結晶50は、光の進行方向の長さ(z軸方向)5mm、幅(x軸方向)1.5mmであり、2つの電極間の厚さ(y軸方向)1.0mmの結晶である。陰極52bは、KTN結晶50の下面、全面に蒸着されている。従って、幅(x軸方向)1.5mmであり、2つの電極間の間隔1.0mmよりも広がっている。一方、陽極は2つに分割されている。陽極52a1, 52a2は、それぞれ幅(x軸方向)0.2mmであり、間隔0.2mmをおいて形成されている。

【0022】

陽極を2つに分割することにより、入射光が通過する部分の電界分布が、実施例1と比較してより一樣となる。図4を参照すると、入射光が通過する部分43の中心、すなわち光軸を、陽極42aのz軸方向に延びる中心線と一致させると、入射光が通過する部分43の中心に電界が集中する。従って、陰極43に発生する電界の影響も大きい。そこで、図5に示したように、陽極52a1, 52a2を分割することにより、入射光が通過する部分53の中心の電界を緩和し、この中心付近に集中していた陰極に発生する電界も緩和する。

【実施例3】

【0023】

図6に、本発明の実施例3にかかる電気光学素子の構成を示す。電気光学素子は、方形のKTN結晶60の対向する面に、陽極62aおよび陰極62b1, 62b2が形成されている。KTN結晶60は、光の進行方向の長さ(z軸方向)5mm、幅(x軸方向)1.5mmであり、2つの電極間の厚さ(y軸方向)1.0mmの結晶である。陽極62aは、幅(x軸方向)0.5mmであり、2つの電極間の間隔1mmよりも狭くなっている。一方、陰極は2つに分割されている。陰極62b1, 62b2は、それぞれ幅(x軸方向)0.5mmであり、間隔0.5mmをおいて形成されている。

【0024】

陰極62b1, 62b2と2つに分割することにより、実施例2と同様に、入射光が通過する部分63の中心の電界を緩和し、この中心付近に集中していた陰極に発生する電界も緩和する。

【実施例4】

【0025】

図7に、本発明の実施例4にかかる電気光学素子の構成を示す。電気光学素子は、方形

10

20

30

40

50

の K T N 結晶 7 0 の上面に、陽極 7 2 a および陰極 7 2 b が、間隔をおいて対向して形成されている。K T N 結晶 7 0 は、光の進行方向の長さ (z 軸方向) 5 m m 、幅 (x 軸方向) 1 0 . 0 m m である。2 つの電極間の間隔 (x 軸方向) 1 . 0 m m であり、陽極 7 2 a は、幅 (x 軸方向) 0 . 5 m m であり、2 つの電極間の間隔 1 . 0 m m よりも狭くなっている。陰極 7 2 b は、幅 (x 軸方向) 1 . 5 m m であり、2 つの電極間の間隔 1 . 0 m m よりも広がっている。

【 0 0 2 6 】

実施例 1 ~ 3 と同様に、面積の小さい陽極に近接した部分の電界は上がり、面積の大きい陰極に近接した部分の電界は下がる。これにより、陰極から結晶内部に入り込む電荷の影響が緩和され、結晶内部の電界分布を一様にする事ができる。

10

【 0 0 2 7 】

また、電気光学結晶は、K T N 結晶に限らず、 $K_{1-y}Li_yTa_{1-x}Nb_xO_3$ ($0 < x < 1$, $0 < y < 0.1$) 結晶とすることができ、それぞれ常誘電相で適用する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】従来の光位相変調器の構成を示す図である。

【図 2】従来の K T N 結晶を用いた光位相変調器の構成を示す図である。

【図 3】2 次の電気光学効果を有する材料における印加電圧と屈折率の関係を示す図である。

【図 4】本発明の実施例 1 にかかる電気光学素子の構成を示す図である。

20

【図 5】本発明の実施例 2 にかかる電気光学素子の構成を示す図である。

【図 6】本発明の実施例 3 にかかる電気光学素子の構成を示す図である。

【図 7】本発明の実施例 4 にかかる電気光学素子の構成を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 2 9 】

1 0 $LiNbO_3$ 基板

1 1 導波路

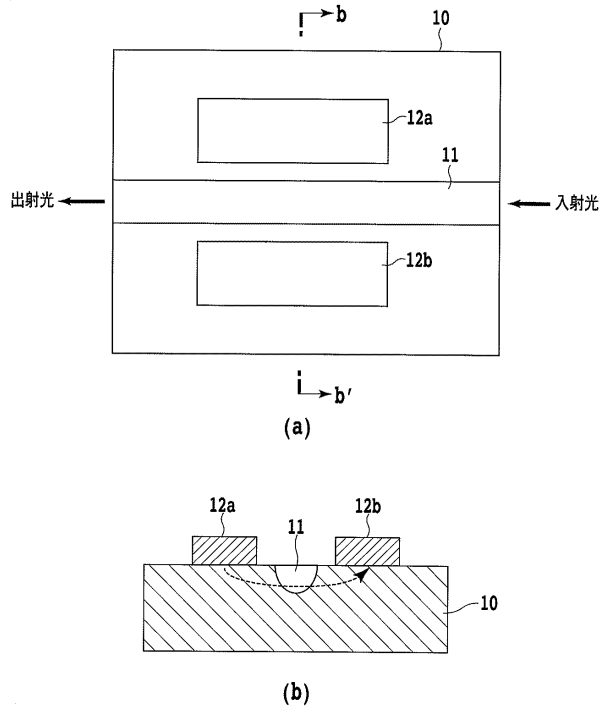
1 2 a , 2 2 a , 4 2 a , 5 2 a , 6 2 a , 7 2 a 陽極

1 2 b , 2 2 b , 4 2 b , 5 2 b , 6 2 b , 7 2 b 陰極

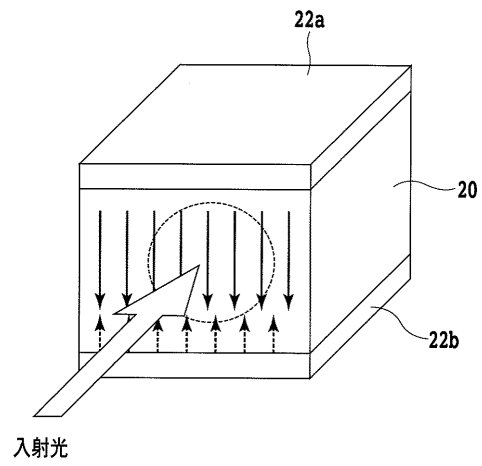
2 0 , 4 0 , 5 0 , 6 0 , 7 0 K T N 結晶

30

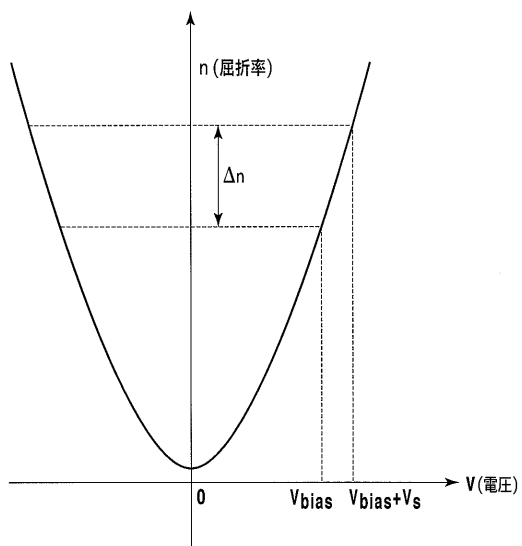
【図 1】



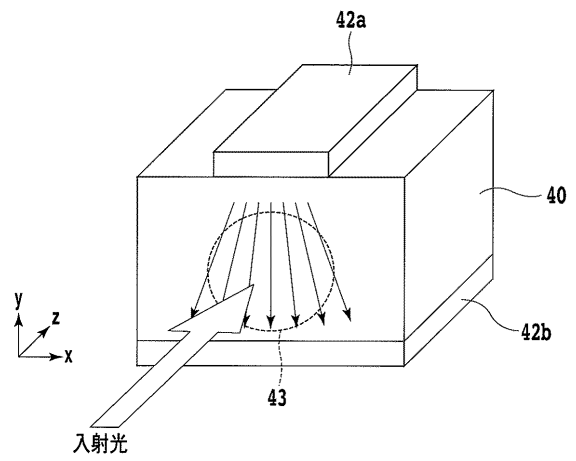
【図 2】



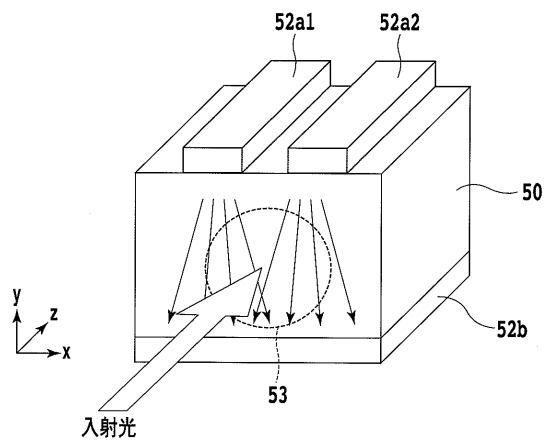
【図 3】



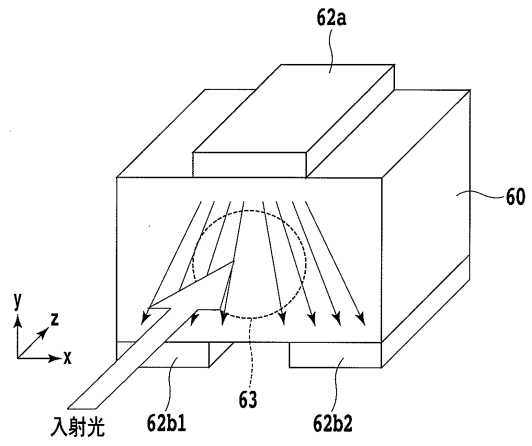
【図 4】



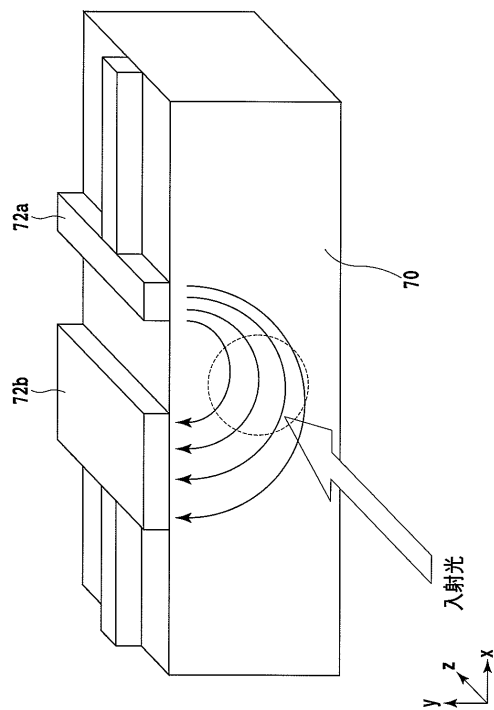
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

審査官 林 祥恵

(56)参考文献 特開平06-059223(JP,A)

藤浦和夫、他、「KTN結晶導波路を用いた高効率位相変調器」、電子情報通信学会技術研究報告、2004年1月、Vol.103, No.606 (OPE2003 231-242), p.25-30

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/00 - 1/125

G02F 1/29 - 1/39

G02B 6/12 - 6/14