

(19) 日本国特許庁(JP)

## 再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02005/073788

発行日 平成19年9月13日(2007.9.13)

(43) 国際公開日 平成17年8月11日(2005.8.11)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)  
**G02F 1/03 (2006.01)** G02F 1/03 501 2H079

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

出願番号	特願2005-517538 (P2005-517538)	(71) 出願人	304019399 国立大学法人岐阜大学 岐阜県岐阜市柳戸1番1
(21) 国際出願番号	PCT/JP2005/001275	(74) 代理人	100068755 弁理士 恩田 博宣
(22) 国際出願日	平成17年1月28日(2005.1.28)	(74) 代理人	100105957 弁理士 恩田 誠
(31) 優先権主張番号	特願2004-23603 (P2004-23603)	(72) 発明者	安田 直彦 日本国岐阜県美濃市曾大1024
(32) 優先日	平成16年1月30日(2004.1.30)	(72) 発明者	大和 英弘 日本国岐阜県岐阜市日置江1-71-1
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	岩田 真 日本国愛知県名古屋市千種区北千種3-3
		Fターム(参考)	2H079 CA23 DA03
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リラクサー強誘電体固溶体単結晶、デバイス及びデバイスの使用方法

## (57) 【要約】

リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、 $(1-x)Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、及び $(1-x)Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3 \cdot xPbTiO_3$ のいずれかで表される鉛系複合ペロブスカイト化合物からなる。組成比  $x$  は 0.1 よりも大きくかつ 0.2 よりも小さい。リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第1の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第2の状態の間を変移可能である。第1の状態のときにリラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加すると、リラクサー強誘電体固溶体単結晶は第2の状態に変移する。第2の状態のときにリラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱すると、リラクサー強誘電体固溶体単結晶は第1の状態に変移する。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第 1 の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第 2 の状態の間を変移可能であり、第 1 の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第 2 の状態に変移することを特徴とするリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 2】

第 2 の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第 1 の状態に変移することを特徴とする請求項 1 に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 3】

第 1 の状態のときの比誘電率は 9000 以上であり、第 2 の状態のときの比誘電率は 7000 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

10

## 【請求項 4】

第 1 の状態から第 2 の状態に変移したときに比誘電率がおよそ半減することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 5】

鉛系複合ペロブスカイト化合物からなることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 6】

前記鉛系複合ペロブスカイト化合物は、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、 $(1-x)Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、及び  $(1-x)Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3 \cdot xPbTiO_3$  のいずれかで表されることを特徴とする請求項 5 に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

20

## 【請求項 7】

$x$  は 0.1 よりも大きくかつ 0.2 よりも小さいことを特徴とする請求項 6 に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 8】

前記鉛系複合ペロブスカイト化合物は、疑似立方晶/菱面体晶相(001)板であることを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれか一項に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

30

## 【請求項 9】

$(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、 $(1-x)Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、及び  $(1-x)Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3 \cdot xPbTiO_3$  のいずれかで表される鉛系複合ペロブスカイト化合物からなり、 $x$  が 0.1 よりも大きくかつ 0.2 よりも小さいことを特徴とするリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 10】

前記鉛系複合ペロブスカイト化合物は、疑似立方晶/菱面体晶相(001)板であることを特徴とする請求項 9 に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いたデバイス。

40

## 【請求項 12】

前記デバイスはリラクサー強誘電体固溶体単結晶の少なくとも光特性を利用する光デバイスである請求項 11 に記載のデバイス。

## 【請求項 13】

前記光デバイスは光メモリ又は光パルプである請求項 12 に記載のデバイス。

## 【請求項 14】

前記デバイスにおいては光特性の変化に伴って現れるリラクサー強誘電体固溶体単結晶の誘電特性の変化も光特性とともに利用される請求項 12 又は 13 に記載のデバイス。

50

## 【請求項 15】

リラクサー強誘電体固溶体単結晶を含むデバイスの使用方法であって、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第1の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第2の状態の間を変移可能であり、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第1の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第2の状態に変移し、かつ、第2の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第1の状態に変移し、

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第1の状態から第2の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加する工程と、

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第2の状態から第1の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱する工程とを含むことを特徴とする方法。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光メカトロニクス分野において有用であって例えば携帯電話などの情報機器（IT機器）への応用が可能なリラクサー強誘電体に関する。本発明はまた、そうしたリラクサー強誘電体を用いた光デバイス及び誘電体デバイスなどのデバイス、並びにそうしたデバイスの使用方法にも関する。

## 【背景技術】

20

## 【0002】

従来から、リラクサー強誘電体は、高誘電率であって尚かつ誘電率の温度依存性や電界依存性が小さいためにコンデンサー材料として用いられている。或いは、その優れた電気機械結合係数を活かすべく、圧電・電歪材料として使用されている。またリラクサー強誘電体の優れた圧電特性は、例えば超音波変換器等にも利用されている（例えば特許文献1参照）。

【特許文献1】特表2001-509312号公報

## 【発明の開示】

## 【0003】

本発明は、本発明者らが新たに見出したリラクサー強誘電体固溶体単結晶の光特性及び誘電特性に基づくものであり、本発明の目的は、特異な光特性及び誘電特性を有するリラクサー強誘電体固溶体単結晶を提供することにある。また本発明の別の目的は、そうしたリラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いたデバイス及びその使用方法を提供することにある。

30

## 【0004】

上記の目的を達成するために、本発明の一態様では、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第1の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第2の状態の間を変移可能であり、第1の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第2の状態に変移するリラクサー強誘電体固溶体単結晶が提供される。

## 【0005】

40

上記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第2の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第1の状態に変移することが好ましい。なぜなら、第1の状態と第2の状態の間を可逆的に変移可能なリラクサー強誘電体固溶体単結晶が提供されるからである。

## 【0006】

上記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、鉛系複合ペロブスカイト化合物からなることが好ましい。鉛系複合ペロブスカイト化合物は、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、 $(1-x)Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ 、及び $(1-x)Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3 \cdot xPbTiO_3$ のいずれで表される化合物であってもよい。上記組成式中のxは、鉛系複合ペロブスカイト化合物中のPbTiO<sub>3</sub>の組成比を示す。以下の説明においては、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ の組成比を示す。以下の説明においては、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$ の組成比を示す。

50

$\frac{1}{3})O_3 \cdot xPbTiO_3$  を PMN - PT と略称し、 $(1-x)Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$  を PZN - PT と略称し、 $(1-x)Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3 \cdot xPbTiO_3$  を PIN - PT と略称する。PMN - PT、PZN - PT 及び PIN - PT は、組成比  $x$  が 0.1 よりも大きくかつ 0.2 よりも小さい範囲において、電界印加により第 1 の状態と第 2 の状態の間を変移可能である。

#### 【0007】

以下、組成比  $x$  の違いによる鉛系複合ペロブスカイト化合物の特性の変化を PMN - PT により説明するが、PZN - PT 及び PIN - PT の場合も同様である。図 2 は、組成比  $x$  が互いに異なる厚さ約 100  $\mu m$  の PMN - PT (001) 板における比誘電率の温度依存性を示すグラフである。比誘電率の測定は、PMN - PT (001) 板の両面にそれぞれ設けた電極を通じて 10 kHz、100 kHz 又は 1 MHz の周波数の交流電界を PMN - PT (001) 板に印加して行った。印加電界の強度は、測定対象の板の厚みに応じて変えたが、最大で 10 V/cm とした。

10

#### 【0008】

図 2 に示すように、印加電界の周波数が高いほど比誘電率は小さい。また図 2 からは、組成比  $x$  が 0.1 又は 0.2 のときには比誘電率が比較的大きいことも分かる。誘電率 ( ) を真空の誘電率 (  $\epsilon_0$  ) で除したものが比誘電率 (  $\epsilon_r$  ) である (すなわち  $\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$  ) ので、誘電率の大きい物質は一般に、比誘電率も大きい。図 2 で着目すべきは、 $x = 0.1$  のときには 25 から 100 の間で比誘電率が 10000 を超えることである。また、 $x = 0.2$  のときには、100 においては比誘電率が 10000 を超えるピークを示すのに対し、50 においては比誘電率が約 5000 とピークの半分以下であることも着目すべき点である。

20

#### 【0009】

図 3 (a) 及び図 3 (b) は PMN - PT 固溶体単結晶の状態図を示し、そのうち図 3 (b) は図 3 (a) の一部を拡大して示す。図 3 (a) 及び図 3 (b) において、横軸は PMN - PT 中の  $PbTiO_3$  (PT) の組成比  $x$  であり、縦軸は温度である。図 3 (a) に示すように、PMN - PT 固溶体単結晶は、組成比及び温度に応じて、立方晶相、正方晶相、及び疑似立方晶 / 菱面体晶相のいずれかを示す。図 3 (a) 及び図 3 (b) においては、正方晶相及び疑似立方晶 / 菱面体晶相と立方晶相との間の境界を境界線 で示し、疑似立方晶 / 菱面体晶相と正方晶相との間の境界を境界線 MPB (モルフォトロピック相境界) で示す。組成比が一定の場合、ある温度を境に正方晶相又は疑似立方晶 / 菱面体晶相から立方晶相へ、あるいは立方晶相から正方晶相又は疑似立方晶 / 菱面体晶相へ結晶相の変化が起こる。この結晶相の変化が起こる温度がキュリー温度である。

30

#### 【0010】

立方晶相の PMN - PT 固溶体単結晶は、光遮断性を有する。すなわち、PMN - PT 固溶体単結晶の温度がキュリー温度以上のときには組成比  $x$  に関わらず PMN - PT 固溶体単結晶は光の透過を阻止する。一方、PMN - PT 固溶体単結晶の温度がキュリー温度未満の場合には、組成比  $x$  が 0.2 以上であれば、電界が印加されなくても、PMN - PT 固溶体単結晶は少なくとも部分的に光の透過を許容する。

#### 【0011】

疑似立方晶 / 菱面体晶相の PMN - PT 固溶体単結晶は、組成比  $x$  が 0.1 よりも大きくかつ 0.2 よりも小さいときに電界に対してヒステリシスを示す。そして、組成比  $x$  が 0.1 よりも大きくかつ 0.2 よりも小さい PMN - PT 固溶体単結晶は、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第 1 の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第 2 の状態の間を変移可能である。また、組成比  $x$  が 0.1 よりも大きくかつ 0.2 よりも小さい PMN - PT 固溶体単結晶はメモリ効果を有する。メモリ効果とは、キュリー温度未満において PMN - PT 固溶体単結晶に対し閾値以上の大きさの電界を一旦印加すると、その後に印加電界の大きさを増加又は減少させたとしても PMN - PT 固溶体単結晶が第 2 の状態から第 1 の状態に変移しないことをいう。

40

#### 【0012】

50

図3(b)に示すように、組成比 $x$ が0.1以下の場合にはキュリー温度は40以下と室温又は室温に近くなる。PMN-PT固溶体単結晶は、キュリー温度以上に加熱されると光の透過を阻止する立方晶相に変わる。そのため、キュリー温度が室温又は室温に近い場合には、たとえ閾値以上の大きさの電界を印加することによりPMN-PT固溶体単結晶を低誘電率でかつ光の透過を許容する状態に変移させたとしても、室温又は室温に近い温度で光の透過を許容する第1状態に戻ってしまうため、メモリ効果が妨げられることとなる。よって、より好適にメモリ効果が発揮されるためには、組成比 $x$ は0.1よりも大きいことが好ましい。すなわち、より好適にメモリ効果が発揮されるためには、キュリー温度が40よりも大きくなるように組成比 $x$ を設定することが好ましい。

#### 【0013】

上記リラクサー強誘電体固溶体単結晶を構成する鉛系複合ペロブスカイト化合物は、疑似立方晶/菱面体晶相(001)板であることが好ましい。疑似立方晶/菱面体晶相(001)板においては、オブリークフィールド(oblique field)と呼ばれるエンジニアドメイン構造により、電界印加によるドメインウォールの移動を抑制可能である。これにより、リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、特異な光特性及び誘電特性を示すだけでなく、疑似立方晶/菱面体晶相(001)板の高い電気機械結合係数及び良好な機械的歪み特性に基づき、良好なアクチュエータ特性も示す。

#### 【0014】

本発明の別の態様では、上記リラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いたデバイスが提供される。該デバイスにおいては、リラクサー強誘電体固溶体単結晶の少なくとも光特性が利用されることが好ましく、光特性の変化に伴って現れるリラクサー強誘電体固溶体単結晶の誘電特性の変化が光特性とともに利用されてもよい。

#### 【0015】

本発明のさらに別の態様では、上記リラクサー強誘電体固溶体単結晶を含むデバイスの使用方法が提供される。該方法は、デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第1の状態から第2の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加する工程と、デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第2の状態から第1の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱する工程とを備える。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係る光デバイスの側面図である。

【図2】組成比 $x$ が0~0.9であるPMN-PT(001)板における比誘電率の温度依存性を示すグラフである。

【図3】(a)及び(b)は、PMN-PT固溶体単結晶の状態図である。

【図4】(a)~(c)は、電界が印加されていない状態の実施例1及び比較例1,2の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図5】(a)~(c)は、比較例3の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図6】比較例3,4の光デバイスにおける $(E)/(E_0)$ の電界依存性を示すグラフである。

【図7】(a)~(d)は、0kV/cmから8.2kV/cmにまで一方向に変化する電界を実施例1の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡写真である。

【図8】実施例1の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである。

【図9】(a)、(b)は、8.2kV/cmから0kV/cmにまで一方向に変化する電界を実施例1の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡写真である。

【図10】(a)~(d)は、0kV/cmから-8.2kV/cmにまで一方向に変化する電界を実施例1の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡写真である。

10

20

30

40

50

【図 1 1】(a) ~ (c) は、電界が印加されていない状態の実施例 1 の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図 1 2】(a) は実施例 1 における比誘電率の温度依存性を示すグラフであり、(b) は実施例 1 における誘電正接の温度依存性を示すグラフである。

【図 1 3】実施例 1 における分極 - 電界履歴曲線図である。

【図 1 4】(a) ~ (c) は、キュリー温度以上にまで加熱した後の印加電界がゼロのときの実施例 1 の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図 1 5】キュリー温度以上にまで加熱した後の実施例 1 の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである

【図 1 6】実施例 2 の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである。 10

【図 1 7】(a) ~ (d) は、0 kV/cm から 11.7 kV/cm にまで一方向に変化した後に 11.7 kV/cm から 0 kV/cm にまで一方向に変化する電界を実施例 2 の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の一実施形態を説明する。

【0018】

図 1 に示す本実施形態に係る光デバイス 10 は、デバイス本体 20 と、一对の透明電極 30, 40 を備える。デバイス本体 20 は、PMN-PT (001) 板から薄板状に形成されている。PMN-PT (001) 板の (001) は、結晶面の指数を表す。透明電極 30, 40 は、デバイス本体 20 の上面及び下面の上にそれぞれ設けられている。透明電極 30, 40 は金からなり、スパッタリングや蒸着等の物理的成膜法にて形成されている。 20

【0019】

上記光デバイス 10 の光特性の観察は、偏光顕微鏡による観察を通じて行なった。より具体的には、図 1 に示すように、一对のガラス台 110 を上面に有する透明ガラス板 100 を用意し、両ガラス台 110 にまたがるようにして光デバイス 10 をガラス板 100 上に載置した。そして、透明ガラス板 100 の下方から光デバイス 10 に向かって光源 200 からの偏光を投射しながら、直交ニコル下で偏光顕微鏡により光デバイス 10 を観察した。なお、図 1 中の <001> は晶帯軸の指数である。 30

【0020】

透明電極 30, 40 は図示しないリード線及び可変抵抗を介して図示しない直流電源に接続されており、両透明電極 30, 40 間には異なる値の電圧を印加可能である。前記リード線には図示しない切換回路が設けられている。切換回路の切り換えによって両透明電極 30, 40 間には正極性又は逆極性の電圧を印加可能である。また、両透明電極 30, 40 は、デバイス本体 20 (PMN-PT) の誘電率を測定するための電極としても機能し、光デバイス 10 が PMN-PT の光特性だけを利用するデバイスとしてではなく、光特性の変化に伴って現れる PMN-PT の誘電特性の変化も光特性とともに利用するデバイスとして電子回路的に使用される際には、コンデンサ出力端子としても利用される。 40

【0021】

以下、本発明の実施例及び比較例について説明する。なお、以下の観察及び測定は、特に断らない限り、いずれも室温 (25 ) で行った。

【0022】

PMN-PT (001) 板から形成した厚さ 122  $\mu\text{m}$  のデバイス本体を用いて実施例 1, 2 及び比較例 1 ~ 4 の光デバイスを作成した。ただし、PMN-PT 中の PbTiO<sub>3</sub> の組成比 x は、実施例 1 においては 0.15、実施例 2 においては 0.13、比較例 1 においては 0.2、比較例 2 においては 0.28、比較例 3 においては 0.1、比較例 4 においては 0.06 である。

【0023】

図 8 は、0 kV/cm から 8.2 kV/cm にまで一方向に変化した後に 8.2 kV/cm / 50

cm から  $-8.2 \text{ kV/cm}$  にまで一方向に変化する電界を実施例 1 の光デバイスに印加しながらデバイス本体 (PMN-PT) の比誘電率を測定した結果を示す。なお、電界の印加を開始する前のデバイス本体中の PMN-PT は、高誘電率でかつ光の透過を阻止する状態であった。

#### 【0024】

図 4 (a) ~ (c) は、電界が印加されていない状態の実施例 1 及び比較例 1, 2 の光デバイスのデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。図 4 (a) は、実施例 1 の光デバイス 10 における観察結果であり、全体にわたって光の透過が阻止されている様子を示している。図 4 (b) は、比較例 1 の光デバイスにおける観察結果であり、部分的に光の透過が許容されている様子を示している。図 4 (c) は、比較例 2 の光デバイスにおける観察結果であり、全体にわたって光の透過が許容されている様子を示している。

10

#### 【0025】

図 11 (a) ~ (c) は、図 4 (a) と同様、電界が印加されていない状態の実施例 1 の光デバイスのデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。ただし、図 11 (a) は、ステージの回転角度が  $0^\circ$  のときの観察結果であり、図 11 (b) は、回転角度が  $22.5^\circ$  のときの観察結果であり、図 11 (c) は、回転角度が  $45^\circ$  のときの観察結果である。図 11 (a) ~ (c) に示すように、いずれの回転角度においても消光位又は対角位を示すことなく暗視野像が観察されており、この結果から、電界が印加されていない状態の実施例 1 の光デバイスでは、PMN-PT が光の透過を阻止する状態にあることが分かる。

20

#### 【0026】

図 11 (a) ~ (c) に示す結果からは、電界が印加されていない状態の実施例 1 の光デバイスでは PMN-PT のドメイン配列が無秩序であるか或いはドメインサイズが小さく、そのために光の透過が許容されないことが考えられる。電界が印加されていない状態の実施例 1 の光デバイスでは、図 8 に示すように、PMN-PT の比誘電率は  $9500$  前後 ( $9000 \sim 10000$ ) と高い値を示す。またこのときの PMN-PT の比誘電率及び誘電正接の温度依存性は、図 12 (a), (b) に示すように、リラクサー特有の Vogel-Fulcher タイプの誘電分散を示す。比誘電率及び誘電正接の温度依存性は、直流電源ではなく交流電源を用いて PMN-PT に電界を印加しながら LCR メータにより測定した

30

#### 【0027】

上述及び後述の偏光顕微鏡での観察においては、 $540 \text{ nm}$  を中心に  $400 \sim 600 \text{ nm}$  の波長範囲を有するハロゲン光源が用いられる。偏光顕微鏡による観察結果を示す図面において、A は検光子、P は偏光子を示す。また、電界を印加しながら偏光顕微鏡により観察した結果を示す図面には電界の印加方向を表す記号も併せて示す。直交ニコル下では、検光子 A と偏光子 P は、互いの間に試料を置いた状態で、互いに直交させて用いられる。もし試料が光学的に等方であれば偏光顕微鏡による観察結果は暗視野となり、光学的に異方であれば観察結果は明視野となる。強誘電体の試料は一般に異方体であるが、偏光子 P を分極方向に合わせると観察結果は暗視野になる。この現象は消光と呼ばれる。実施例 1 の光デバイスの PMN-PT の結晶相は室温 ( $25^\circ$ ) では菱面体晶相であり、菱面体晶相の PMN-PT ( $001$ ) 板の分極方向は  $\langle 110 \rangle$  方向に一致する。従って、x 軸から  $45^\circ$  傾いた位置では暗視野となり、x 軸から  $60^\circ$  又は  $30^\circ$  傾いた位置では明視野となる。最も明るくなる位置は対角位と呼ばれ、菱面体晶相 ( $001$ ) 板では対角位は x 軸又は y 軸に現れる。

40

#### 【0028】

なお、後述の図 9 及び図 10 に示す観察結果を得るときには、正方晶相の PMN-PT の観察に適するように、検光子 A 及び偏光子 P が基準位置から  $60^\circ$  傾いて配置される。正方晶相の PMN-PT ( $001$ ) 板においては、消光位が x 軸又は y 軸に現れ、x 軸と

50

y 軸の中間位置で明視野像が観察される。PMN - PT中の  $PbTiO_3$  の組成比がある程度高いときには、図3(a)に示すように、PMN - PTの結晶相は常温において菱面体晶相ではなく正方晶相である。又、非常に強い電界を印加したときには、PMN - PTの結晶相が菱面体晶相から正方晶相に変化する。

#### 【0029】

図5(a) ~ (c)は、比較例3の光デバイスのデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。図5(a)は、電界が印加されていない状態における観察結果であり、全体にわたって光の透過が阻止されている様子を示している。図5(b)は、 $23\text{ kV/cm}$ の電界が印加された状態における対角位での観察結果であり、明視野像が観察された。図5(c)は、 $23\text{ kV/cm}$ の電界が印加された状態における消光位での観察結果であり、暗視野像が観察された。

10

#### 【0030】

図6は、比較例3, 4の光デバイスにおける後述する誘電率の変化の電界依存性を示すグラフである。誘電率の変化は  $(\epsilon) / (\epsilon_0)$  で表され、 $(\epsilon)$  を  $(\epsilon_0)$  で除することにより求められる。 $(\epsilon_0)$  は、室温(25)下で周波数1MHz及び強度 $10\text{ V/cm}$ の交流電界を印加した状態において測定されるPMN - PTの誘電率である。 $(\epsilon)$  は、室温(25)下で直流電界Eを印加した状態において測定されるPMN - PTの誘電率である。図6において、横軸は、PMN - PTに印加される直流電界Eの強度を示し、縦軸は  $(\epsilon) / (\epsilon_0)$  を示す。図6に示すように、比較例3, 4とも  $(\epsilon) / (\epsilon_0)$  は印加電界の強度に応じて比較的なだらかに変化する。

20

#### 【0031】

図5(a) ~ (c)及び図6に示す結果から、比較例3の光デバイスのPMN - PTは、電界が印加されていない状態では光の透過を阻止するが、 $23\text{ kV/cm}$ の電界が印加された状態では光の透過を許容することが分かる。しかしながら、比較例3, 4の光デバイスのPMN - PTはともに電界に対するヒステリシスを示さない。

#### 【0032】

図7(a) ~ (d)は、 $0\text{ kV/cm}$ から $8.2\text{ kV/cm}$ にまで一方向に変化する電界を実施例1の光デバイスに印加しながらデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。図7(a)は、電界が印加されていない状態における観察結果である。図7(b)は、 $1.6\text{ kV/cm}$ の電界が印加された状態における観察結果である。図7(c)は、 $4.9\text{ kV/cm}$ の電界が印加された状態における観察結果である。図7(d)は、 $8.2\text{ kV/cm}$ の電界が印加された状態における観察結果である。

30

#### 【0033】

閾値(実施例1では $2\text{ kV/cm}$ )以上の大きさの電界が印加されると、図7(c), (d)に示すように、デバイス本体中のPMN - PTは光の透過を阻止する状態から光の透過を許容する状態に変移する。それと同時に、図8に示すように、PMN - PTの比誘電率は6000前後(5000 ~ 7000)にまでおよそ半減する。印加電界がさらに正に大きくなっても、光の透過が許容され続けると同時に、比誘電率は漸減しながら低く保たれる。

#### 【0034】

図13は、実施例1の光デバイスのPMN - PTにおける分極 - 電界履歴曲線を示す。分極 - 電界履歴曲線は公知のソーヤータワー回路を用いて周波数50Hzの交流電界のもとで測定した。図13から分かるように、低誘電率でかつ光の透過を許容する状態はメモリ効果により記憶される。すなわち、印加電界の大きさを増加又は減少させたとしても、低誘電率でかつ光の透過を許容する状態は維持される。

40

#### 【0035】

図9(a), (b)は、 $8.2\text{ kV/cm}$ から $0\text{ kV/cm}$ にまで一方向に変化する電界を実施例1の光デバイスに印加しながらデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。図9(a)は、 $8.2\text{ kV/cm}$ の電界が印加された状態における観察結果である。図9(b)は、電界が印加されていない状態における観察結果であ

50



る。このように  $8.2 \text{ kV/cm}$  から  $0 \text{ kV/cm}$  にまで一方向に変化する電界を印加した場合には、図 8 に示すように、誘電率が低く保たれると同時に、図 9 ( a ) , ( b ) に示すように光の透過も許容され続ける。

【 0 0 3 6 】

図 1 0 ( a ) ~ ( d ) は、 $0 \text{ kV/cm}$  から  $- 8.2 \text{ kV/cm}$  にまで一方向に変化する電界を実施例 1 の光デバイスに印加しながらデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。図 1 0 ( a ) は、電界が印加されていない状態における観察結果である。図 1 0 ( b ) は、 $- 0.8 \text{ kV/cm}$  の電界が印加された状態における観察結果である。図 1 0 ( c ) は、 $- 4.9 \text{ kV/cm}$  の電界が印加された状態における観察結果である。図 1 0 ( d ) は、 $- 8.2 \text{ kV/cm}$  の電界が印加された状態における観察結果である。

10

【 0 0 3 7 】

このように  $0 \text{ kV/cm}$  から  $- 8.2 \text{ kV/cm}$  にまで一方向に変化する電界を印加した場合には、電界が所定の誘電異常閾値 ( 実施例 1 では  $- 0.8 \text{ kV/cm}$  ) を超えるときに誘電異常が発生して分極反転が起こる。それに伴い、PMN - PT のドメイン構造には変化が生じる。電界が  $- 0.8 \text{ kV/cm}$  のときの誘電異常は、図 8 のグラフで観察可能である。印加電界がさらに負に大きくなっても、光の透過が許容され続けると同時に、誘電率は漸減しながら低く保たれる。

【 0 0 3 8 】

上記したように、印加電界の大きさを増加又は減少させたとしても、低誘電率でかつ光の透過を許容する状態は維持される。低誘電率でかつ光の透過を許容する状態から高誘電率でかつ光の透過を阻止する最初の状態に PMN - PT が変移するためには、デバイス本体をキュリー温度以上に加熱することが必要である。

20

【 0 0 3 9 】

図 1 4 ( a ) ~ ( c ) は、キュリー温度以上にまで加熱した後の印加電界がゼロのときの実施例 1 の光デバイスのデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。図 1 4 ( a ) は消光位での観察結果であり、図 1 4 ( b ) はステージの回転角度が  $22.5^\circ$  のときの観察結果であり、図 1 4 ( c ) は回転角度が  $45^\circ$  のときの観察結果である。図 1 4 ( a ) ~ ( c ) に示すように、いずれの回転角度においても暗視野像が観察されており、この結果から、キュリー温度以上にまで加熱した後の PMN - PT が光の透過を阻止する状態にあることが分かる。

30

【 0 0 4 0 】

図 1 5 は、キュリー温度以上にまで加熱した後の実施例 1 の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである。図 1 5 において、○ は、ゼロを始点に正方向に電界を変化させながら計測される点を示す。△ は、引き続き正から負に向かって電界を一方向に変化させながら計測される点を示す。× は、引き続き負から正に向かって電界を一方向に変化させながら計測される点を示す。◇ は、さらに引き続き正からゼロに向かって電界を一方向に変化させながら計測される点を示す。図 1 5 に示すように、キュリー温度以上にまで加熱された後の PMN - PT の比誘電率は  $10000$  前後 ( $9000 \sim 12000$ ) と高い値を示す。しかし、閾値以上の大きさの電界が印加されると比誘電率は大きく減少し、 $5000$  前後 ( $4000 \sim 7000$ ) にまでおよそ半減する。また、閾値以上の大きさの電界が一旦印加された後は、正から負又は負から正にいくら電界を変化させたとしても、比誘電率は低いまま維持される。

40

【 0 0 4 1 】

図 1 6 は、実施例 2 の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである。図 1 6 において、○ は、ゼロを始点に正方向に電界を変化させながら計測される点を示す。△ は、引き続き正から負に向かって電界を一方向に変化させながら計測される点を示す。× は、引き続き負から正に向かって電界を一方向に変化させながら計測される点を示す。◇ は、さらに引き続き正からゼロに向かって電界を一方向に変化させながら計測される点を示す。図 1 6 に示すように、キュリー温度以上にまで加熱された後の PMN - PT の

50

比誘電率は10000前後(9000~12000)と高い値を示す。しかし、閾値以上の大きさの電界が印加されると比誘電率は大きく減少し、5000前後(3000~7000)にまでおよそ半減する。実施例2の光デバイスにおいても、実施例1の光デバイスと同様、閾値以上の大きさの電界が一旦印加された後は、正から負又は負から正にいくら電界を変化させたとしても、誘電率は低いまま維持される。

【0042】

電界が印加されていない状態の実施例2の光デバイスのデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した。図示はしないが、電界が印加されていない状態の実施例2の光デバイスでは、PMN-PTが光の透過を阻止する状態であることが確認された。

【0043】

図17(a)~(d)は、0kV/cmから11.7kV/cmにまで一方向に変化した後に11.7kV/cmから0kV/cmにまで一方向に変化する電界を実施例2の光デバイスに印加しながらデバイス本体を直交ニコル下で偏光顕微鏡を用いて観察した結果を示す。図17(a)は、電界が印加されていない状態における観察結果である。図17(b)は、7.0kV/cmの電界が印加された状態における観察結果である。図17(c)は、11.7kV/cmの電界が印加された状態における観察結果である。図17(d)は、11.7kV/cmの電界が一旦印加された後の電界が印加されていない状態における観察結果である。

【0044】

閾値(実施例2では3kV/cm)以上の大きさの電界が印加されると、図17(b)~(d)に示すように、デバイス本体中のPMN-PTは光の透過を阻止する状態から光の透過を許容する状態に移る。それと同時にPMN-PTは、図16に示すように、低い比誘電率(誘電率)を示す。印加電界がさらに正に大きくなっても、光の透過が許容され続けると同時に、誘電率は漸減しながら低く保たれる。

【0045】

11.7kV/cmから0kV/cmにまで一方向に変化する電界を実施例2の光デバイスに印加した場合には、図16に示すように、比誘電率がおよそ7000と低く保たれる。それと同時に、図17(d)に示すように、光の透過も許容され続ける。

【0046】

高誘電率でかつ光の透過を阻止する状態から低誘電率でかつ光の透過を許容する状態へとPMN-PTが変移する閾値は、実施例1では2kV/cm、実施例2では3kV/cmと異なる。一般に、PMN-PT中のPbTiO<sub>3</sub>の組成比が小さくなるにつれて閾値は大きくなる。

【0047】

前記実施形態を次のように変更してもよい。

【0048】

光デバイス10を光メモリとして具体化してもよい。この場合、光メモリは、光の透過を許容する状態と光の透過を阻止する状態の二進信号として情報を記憶する。デバイス本体20は光の透過を許容する状態のときには低誘電率を示し、光の透過を阻止する状態のときには高誘電率を示す。従って、誘電率の違いを電圧の変化として検出することにより、記憶した内容を簡単に読み出すことができる。

【0049】

従来、光を使用して情報を記憶させる技術としては、光磁気ディスクがある。光磁気ディスクでは、媒体の特定部分にレーザ光を照射することにより、照射された特定部分をキュリー温度以上に加熱し、該特定部分の保持力が弱くなったところで、外部磁界を付与することにより、上向き或いは下向きに磁化させ、磁化した部分に情報を二進信号として記憶する。このように、光磁気ディスクの場合は、特定部分にレーザ光を照射してキュリー温度以上に上昇させたうえで、磁界を上向き又は下向きに区別して印加させる必要がある。それに対して、光デバイス10を光メモリとして具体化した場合には、キュリー温度以上に加熱するか否かによって、特定部分を光の透過を許容する状態(オン)及び光の透過

10

20

30

40

50

を阻止する状態（オフ）のいずれかにすることができる。

【0050】

光デバイス10を光バルブとして具体化してもよい。この場合、光バルブは、光の透過を許容する状態と光の透過を阻止する状態との間を切り替わることによって、光の出入りを調節する。デバイス本体20は光の透過を許容する状態のときには低誘電率を示し、光の透過を阻止する状態のときには高誘電率を示す。従って、誘電率の違いを電圧の変化として検出することにより、光バルブの動作を検出することが可能である。

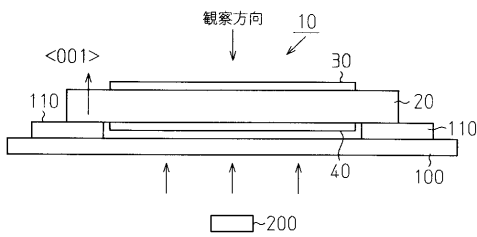
【0051】

光デバイス10のデバイス本体20は、PMN-PTの代わりに、PZN-PT又はPIN-PTから形成されてもよい。

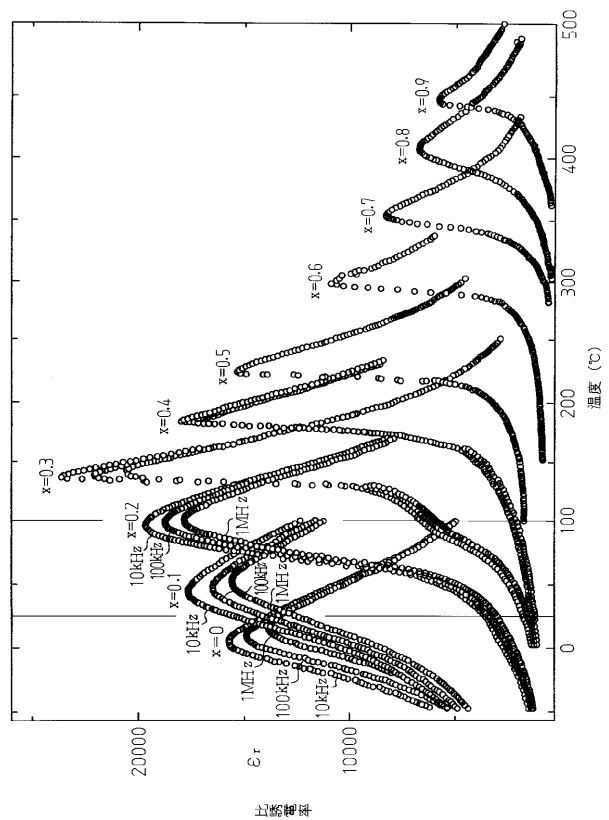
【0052】

光デバイス10は、PMN-PTの光特性及び誘電特性に加えてPMN-PTの圧電特性も利用したアクチュエータとして利用されてもよい。

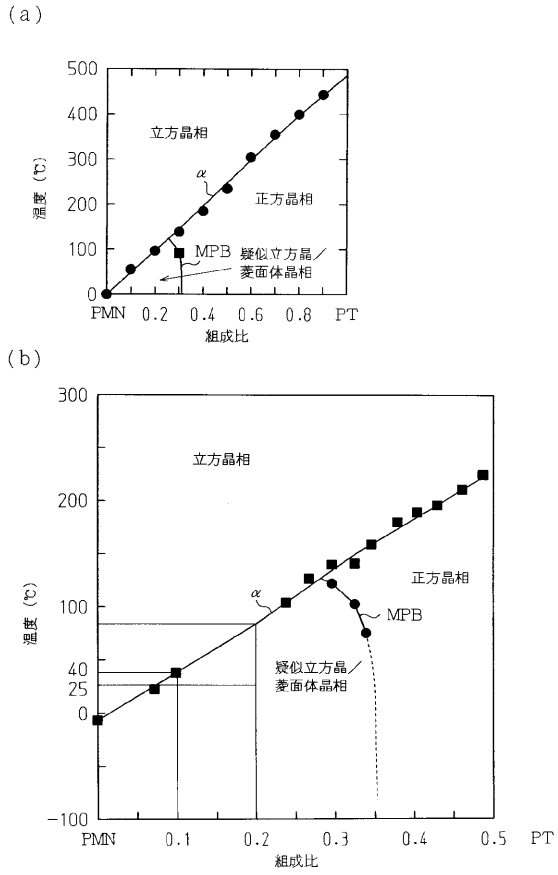
【図1】



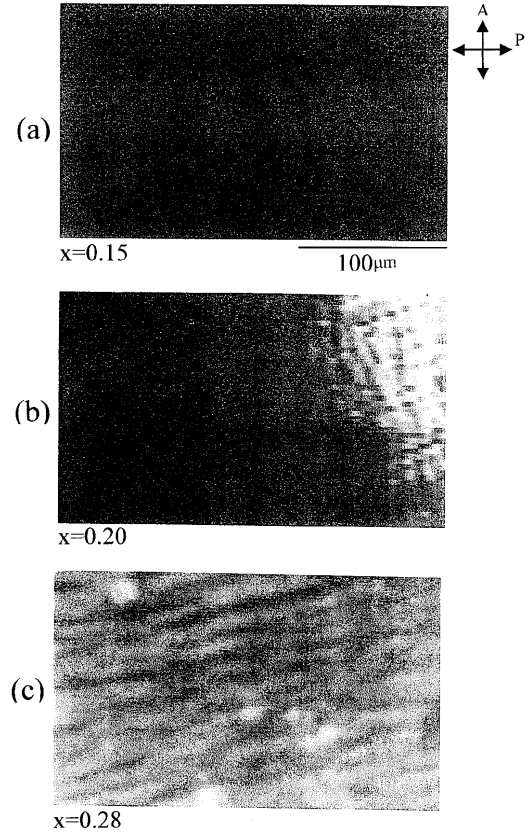
【図2】



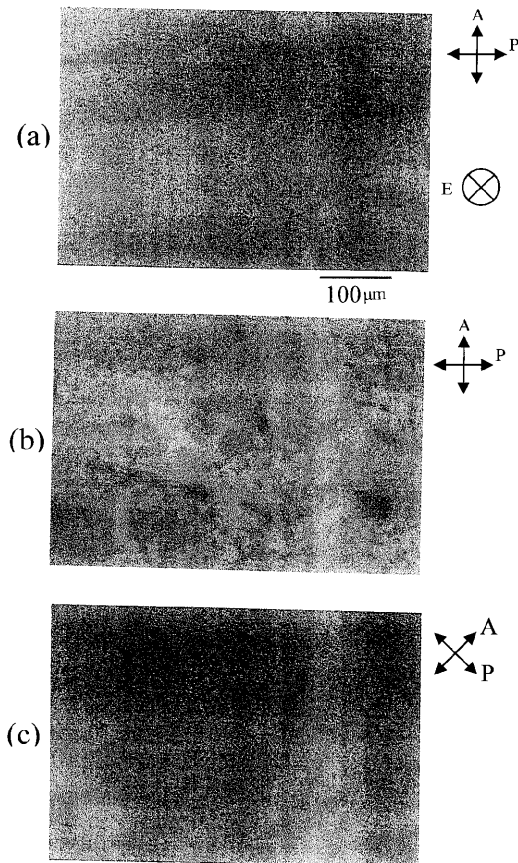
【 図 3 】



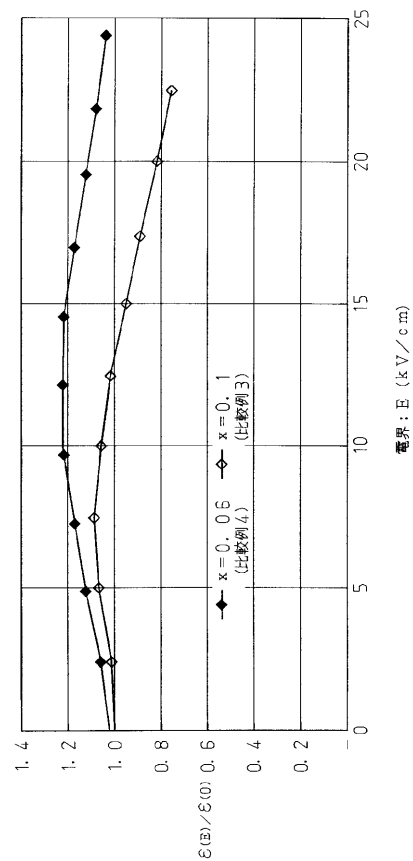
【 図 4 】



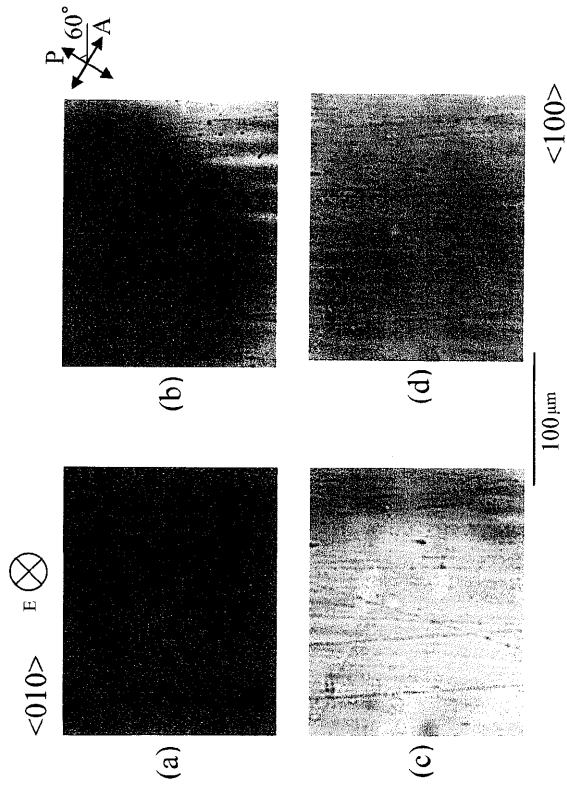
【 図 5 】



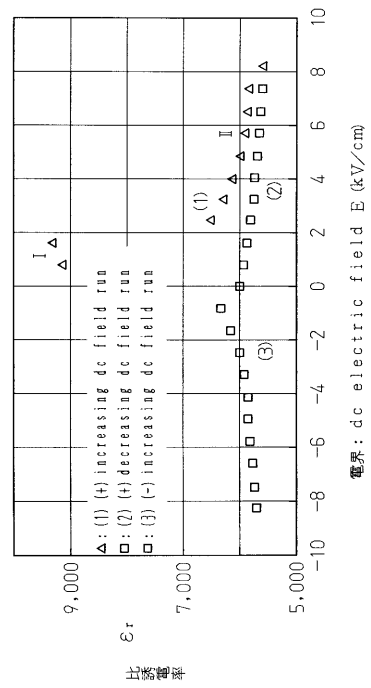
【 図 6 】



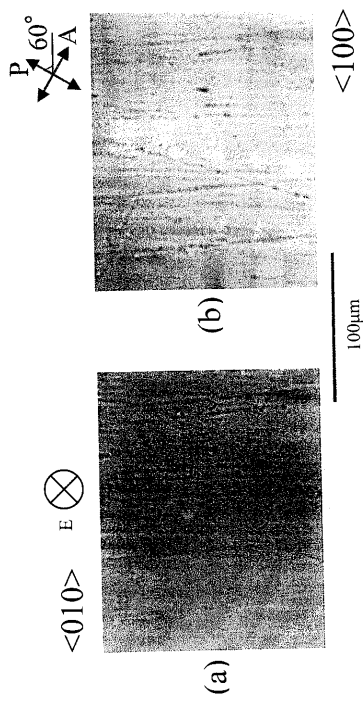
【 図 7 】



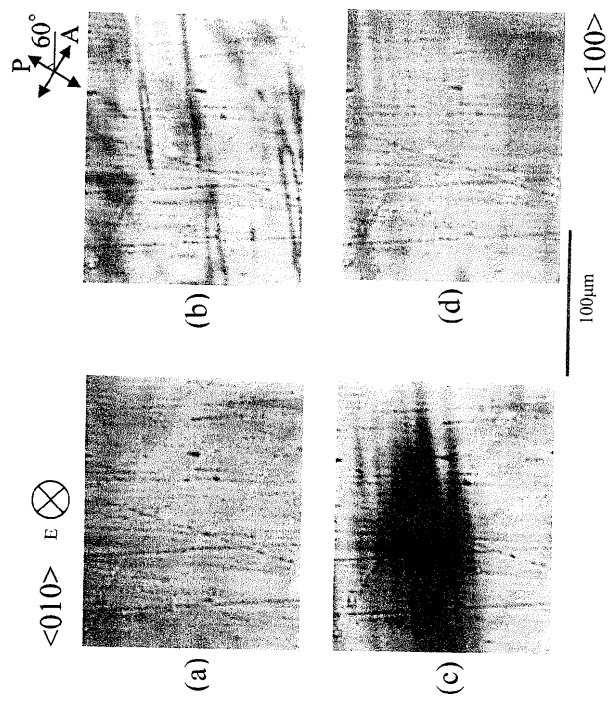
【 図 8 】



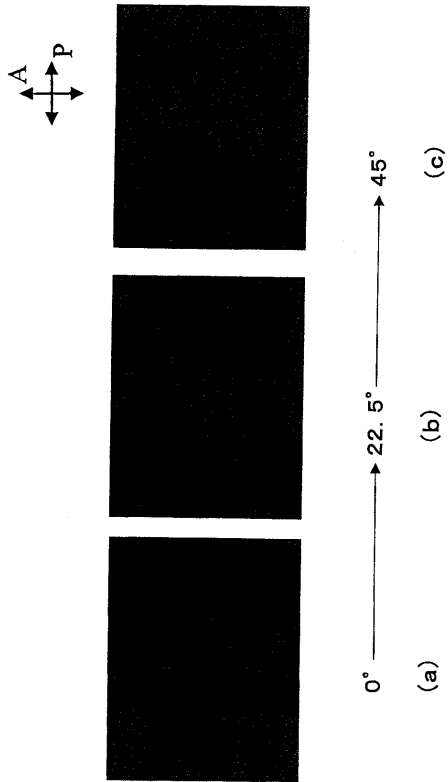
【 図 9 】



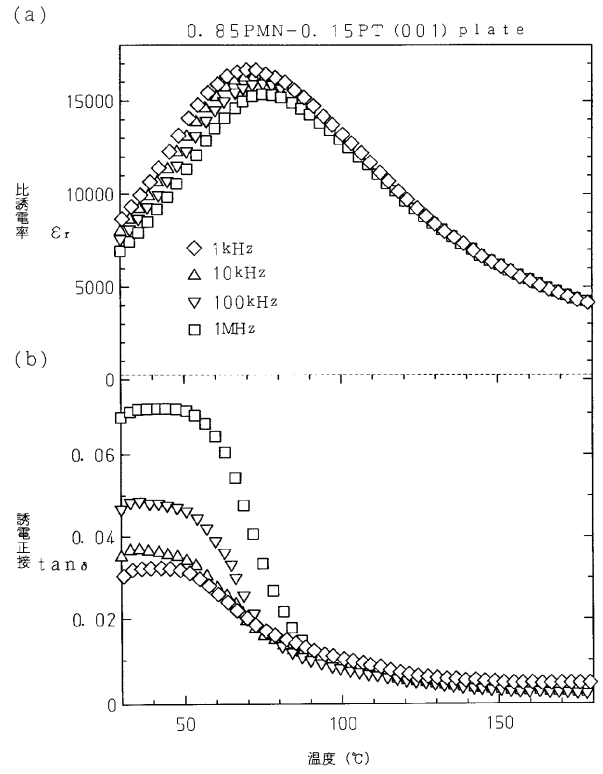
【 図 10 】



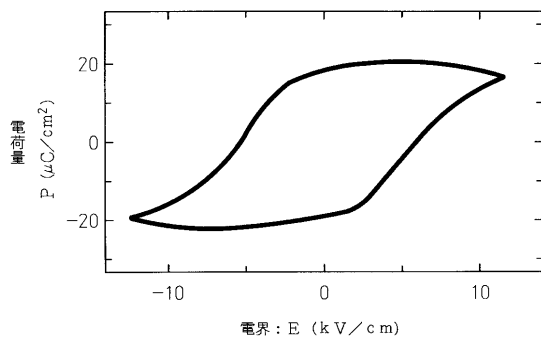
【 図 1 1 】



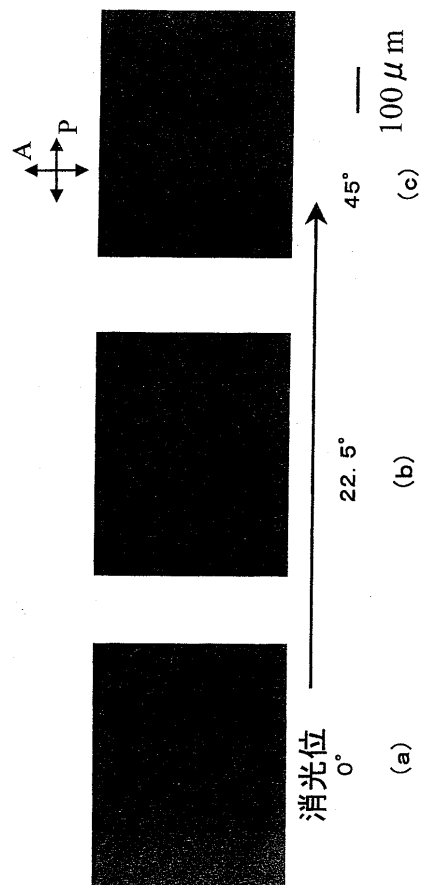
【 図 1 2 】



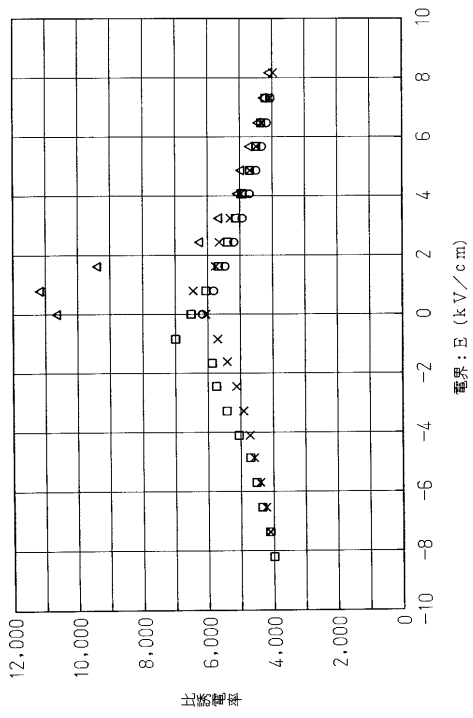
【 図 1 3 】



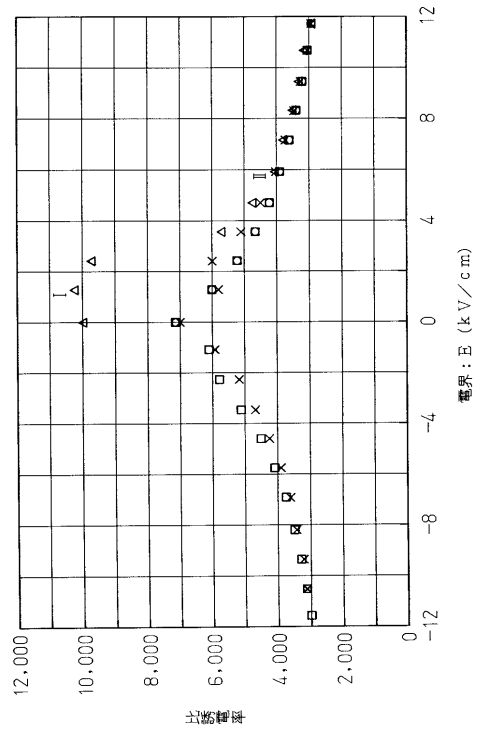
【 図 1 4 】



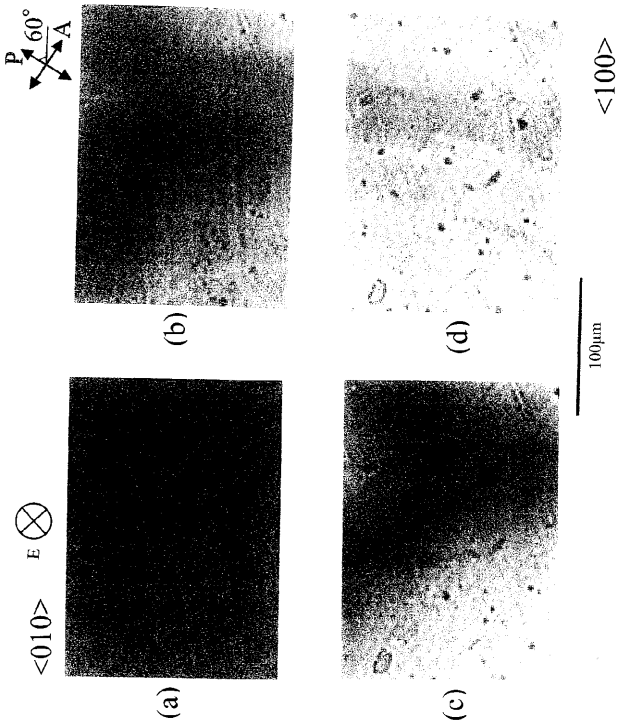
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



## 【手続補正書】

【提出日】平成18年7月28日(2006.7.28)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

リラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いたデバイスの使用方法であって、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第1の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第2の状態の間を変移可能であり、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第1の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第2の状態に変移し、かつ、第2の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第1の状態に変移し、

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第1の状態から第2の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加する工程と、

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第2の状態から第1の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱する工程とを含むことを特徴とする方法。

## 【請求項2】

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第1の状態のときの比誘電率が9000以上であり、第2の状態のときの比誘電率が7000以下であることを特徴とする請求項1に記載の方法。

## 【請求項3】

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第1の状態から第2の状態に変移したときに比誘電率がおよそ半減することを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。

## 【請求項4】

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶が疑似立方晶/菱面体晶相(001)板であることを特徴とする請求項1~3のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項5】

前記デバイスはリラクサー強誘電体固溶体単結晶の少なくとも光の透過特性を利用した光デバイスであることを特徴とする請求項1~4のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項6】

前記光デバイスは光メモリ又は光バルブであることを特徴とする請求項5に記載の方法。

## 【請求項7】

前記デバイスにおいては光の透過特性の変化に伴って現れるリラクサー強誘電体固溶体単結晶の誘電率の変化が光の透過特性と併せて利用されることを特徴とする請求項5又は6に記載の方法。

## 【請求項8】

リラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いたデバイスであって、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第1の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第2の状態の間を変移可能であり、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第1の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第2の状態に変移し、かつ、第2の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第1の状態に変移し、

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第1の状態から第2の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加する手段と、

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第2の状態から第1の状態に変移させ



るべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱する手段とを含むことを特徴とするデバイス。

【請求項 9】

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第 1 の状態のときの比誘電率が 9000 以上であり、第 2 の状態のときの比誘電率が 7000 以下であることを特徴とする請求項 8 に記載のデバイス。

【請求項 10】

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第 1 の状態から第 2 の状態に変移したときに比誘電率がおよそ半減することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載のデバイス。

【請求項 11】

デバイス中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶が疑似立方晶 / 菱面体晶相 (001) 板であることを特徴とする請求項 8 ~ 10 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 12】

前記デバイスはリラクサー強誘電体固溶体単結晶の少なくとも光の透過特性を利用した光デバイスであることを特徴とする請求項 8 ~ 11 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 13】

前記光デバイスは光メモリ又は光バルブであることを特徴とする請求項 12 に記載のデバイス。

【請求項 14】

前記デバイスにおいては光の透過特性の変化に伴って現れるリラクサー強誘電体固溶体単結晶の誘電率の変化が光の透過特性と併せて利用されることを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載のデバイス。

【請求項 15】

リラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いた光バルブであって、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第 1 の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第 2 の状態の間を変移可能であり、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第 1 の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第 2 の状態に変移し、かつ、第 2 の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第 1 の状態に変移し、

光バルブ中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第 1 の状態から第 2 の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加する手段と、

光バルブ中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第 2 の状態から第 1 の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱する手段とを含むことを特徴とする光バルブ。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の光バルブにおいて、リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第 1 の状態のとき、光の透過を完全に阻止することを特徴とする光バルブ。

【請求項 17】

リラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いたコンデンサであって、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第 1 の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第 2 の状態の間を変移可能であり、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第 1 の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第 2 の状態に変移し、かつ、第 2 の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第 1 の状態に変移し、

コンデンサ中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第 1 の状態から第 2 の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加する手段と

コンデンサ中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第 2 の状態から第 1 の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱する手段とを含むことを特徴とするコンデンサ。

## 【請求項 18】

リラクサー強誘電体固溶体単結晶を用いた圧電素子であって、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第1の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第2の状態の間を変移可能であり、前記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、第1の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第2の状態に変移し、かつ、第2の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第1の状態に変移し、

圧電素子中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第1の状態から第2の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶に閾値以上の大きさの電界を印加する手段と、  
圧電素子中のリラクサー強誘電体固溶体単結晶を第2の状態から第1の状態に変移させるべく、リラクサー強誘電体固溶体単結晶をキュリー温度以上に加熱する手段とを含むことを特徴とする圧電素子。

## 【請求項 19】

キュリー温度未満において、高誘電率でかつ光の透過を阻止する第1の状態と低誘電率でかつ光の透過を許容する第2の状態の間を変移可能であり、第1の状態のときに閾値以上の大きさの電界を印加すると第2の状態に変移することを特徴とするリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 20】

第2の状態のときにキュリー温度以上に加熱すると第1の状態に変移することを特徴とする請求項19に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 21】

第1の状態のときの比誘電率は9000以上であり、第2の状態のときの比誘電率は7000以下であることを特徴とする請求項19又は20に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【請求項 22】

第1の状態から第2の状態に変移したときに比誘電率がおよそ半減することを特徴とする請求項19～21のいずれか一項に記載のリラクサー強誘電体固溶体単結晶。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

上記リラクサー強誘電体固溶体単結晶は、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$  で表される化合物であってもよい。上記組成式中の  $x$  は、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$  中の  $PbTiO_3$  の組成比を示す。以下の説明においては、 $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 \cdot xPbTiO_3$  を  $PMN-PT$  と略称する。 $PMN-PT$  は、組成比  $x$  が  $0.1$  よりも大きくかつ  $0.2$  よりも小さい範囲において、電界印加により第1の状態と第2の状態の間を変移可能である。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

以下、組成比  $x$  の違いによる  $PMN-PT$  の特性の変化を説明する。図2は、組成比  $x$  が互いに異なる厚さ約  $100\mu m$  の  $PMN-PT(001)$  板における比誘電率の温度依存性を示すグラフである。比誘電率の測定は、 $PMN-PT(001)$  板の両面にそれぞれ設けた電極を通じて  $10kHz$ 、 $100kHz$  又は  $1MHz$  の周波数の交流電界を  $PM$

N - P T ( 0 0 1 ) 板に印加して行った。印加電界の強度は、測定対象の板の厚みに応じて変えたが、最大で  $10 \text{ V} / \text{cm}$  とした。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

図 3 ( b ) に示すように、組成比  $x$  が  $0.1$  以下の場合にはキュリー温度は  $40$  以下と室温又は室温に近くなる。PMN - PT 固溶体単結晶は、キュリー温度以上に加熱されると光の透過を阻止する立方晶相に変わる。そのため、キュリー温度が室温又は室温に近い場合には、たとえ閾値以上の大きさの電界を印加することにより PMN - PT 固溶体単結晶を低誘電率でかつ光の透過を許容する状態に変移させたとしても、室温又は室温に近い温度で光の透過を 阻止 する第 1 状態に戻ってしまうため、メモリ効果が妨げられることとなる。よって、より好適にメモリ効果が発揮されるためには、組成比  $x$  は  $0.1$  よりも大きいことが好ましい。すなわち、より好適にメモリ効果が発揮されるためには、キュリー温度が  $40$  よりも大きくなるように組成比  $x$  を設定することが好ましい。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

【図 1】本発明の一実施形態に係る光デバイスの側面図である。

【図 2】組成比  $x$  が  $0 \sim 0.9$  である PMN - PT ( 0 0 1 ) 板における比誘電率の温度依存性を示すグラフである。

【図 3】( a ) 及び ( b ) は、PMN - PT 固溶体単結晶の状態図である。

【図 4】( a ) ~ ( c ) は、電界が印加されていない状態の実施例 1 及び比較例 1 , 2 の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図 5】( a ) ~ ( c ) は、比較例 3 の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図 6】比較例 3 , 4 の光デバイスにおける  $( E ) / ( D )$  の電界依存性を示すグラフである。

【図 7】( a ) ~ ( d ) は、 $0 \text{ kV} / \text{cm}$  から  $8.2 \text{ kV} / \text{cm}$  にまで一方向に変化する電界を実施例 1 の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡写真である。

【図 8】実施例 1 の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである。

【図 9】( a )、( b ) は、 $8.2 \text{ kV} / \text{cm}$  から  $0 \text{ kV} / \text{cm}$  にまで一方向に変化する電界を実施例 1 の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡写真である。

【図 10】( a ) ~ ( d ) は、 $0 \text{ kV} / \text{cm}$  から  $-8.2 \text{ kV} / \text{cm}$  にまで一方向に変化する電界を実施例 1 の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡写真である。

【図 11】( a ) ~ ( c ) は、電界が印加されていない状態の実施例 1 の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図 12】( a ) は実施例 1 における比誘電率の温度依存性を示すグラフであり、( b ) は実施例 1 における誘電正接の温度依存性を示すグラフである。

【図 13】実施例 1 における分極 - 電界履歴曲線図である。

【図 14】( a ) ~ ( c ) は、キュリー温度以上にまで加熱した後の印加電界がゼロのときの実施例 1 の光デバイスのデバイス本体を撮影した偏光顕微鏡写真である。

【図15】キュリー温度以上にまで加熱した後の実施例1の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである

【図16】実施例2の光デバイスにおける比誘電率の電界依存性を示すグラフである。

【図17】(a)~(d)は、0 kV/cmから11.7 kV/cmにまで一方向に変化した後に11.7 kV/cmから0 kV/cmにまで一方向に変化する電界を実施例2の光デバイスに印加しながら撮影したデバイス本体の偏光顕微鏡写真である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0049】

従来、光を使用して情報を記憶させる技術としては、光磁気ディスクがある。光磁気ディスクでは、媒体の特定部分にレーザ光を照射することにより、照射された特定部分をキュリー温度以上に加熱し、該特定部分の保磁力が弱くなったところで、外部磁界を付与することにより、上向き或いは下向きに磁化させ、磁化した部分に情報を二進信号として記憶する。このように、光磁気ディスクの場合は、特定部分にレーザ光を照射してキュリー温度以上に上昇させたうえで、磁界を上向き又は下向きに区別して印加させる必要がある。それに対して、光デバイス10を光メモリとして具体化した場合には、キュリー温度以上に加熱するか否かによって、特定部分を光の透過を許容する状態(オン)及び光の透過を阻止する状態(オフ)のいずれかにすることができる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2005/001275
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. <sup>7</sup> G02F1/03, G11C11/42, H01L27/10		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. <sup>7</sup> G02F1/03, G11C11/42, H01L27/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) INSPEC (DIALOG), JICST FILE (JOIS)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Colla, E.V. et al., Dielectric properties of (PMN) <sub>(1-x)</sub> (PT) <sub>x</sub> single crystals for various electrical and thermal histories, Journal of Applied Physics, Vol.83, No.6, (1998), pages 3298 to 3304	1-10 11-14
X Y	Colla, E.V. et al., Dependence of dielectric relaxation on ac drive in [Pb(Mg <sub>1/3</sub> Nb <sub>2/3</sub> )O <sub>3</sub> ] <sub>(1-x)</sub> -(PbTiO <sub>3</sub> ) single crystals, Journal of Applied Physics, Vol.85, No.3, (1999), pages 1693 to 1697	1-10 11-14
X Y	Lu, Ya-lin et al., Structural and electro-optic properties in lead magnesium niobate titanate thin films, Applied Physics Letters, Vol.74, No.20, (1999), pages 3038 to 3040	1-10 11-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 26 April, 2005 (26.04.05)		Date of mailing of the international search report 17 May, 2005 (17.05.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001275

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Lu, Y. et al., Photoelastic effects in tetragonal $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $\text{PbTiO}_3$ single crystals near the morphotropic phase boundary, <i>Journal of Applied Physics</i> , Vol.89, No.9, (2001), pages 5075 to 5078	1-10 11-14
X Y	KUWATA, J. et al., Phase transitions in the $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $\text{PbTiO}_3$ system, <i>Ferroelectrics</i> , Vol.37, (1981), pages 579 to 582	1-10 11-14
A	FUJISHIRO, K. et al., Optical and structural studies of long-range order development in relaxor ferroelectrics, <i>Journal of the Physical Society of Japan</i> , Vol.69, No.7, (2000), pages 2331 to 2338	1-15
A	Han, J., Cao, W. Electric field effects on the phase transitions in [001]-oriented $(1-x)\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $x\text{PbTiO}_3$ single crystals with composition near the morphotropic phase boundary, <i>Physical Review B</i> , Vol.68, No.13, (2003), pages 134102.1 to 134102.6	1-15
A	JP 2003-270602 A (Fujitsu Ltd.), 25 September, 2003 (25.09.03), (Family: none)	1-15

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2005/001275	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> G02F1/03, G11C11/42, H01L27/10			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> G02F1/03, G11C11/42, H01L27/10			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) INSPEC(DIALOG), JICST ファイル(JOIS)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X Y	Colla, E. V. et al. Dielectric properties of $(PMN)_{(1-x)}(PT)_x$ single crystals for various electrical and thermal histories, Journal of Applied Physics, Vol. 83, No. 6, (1998) p. 3298-3304	1-10 11-14	
X Y	Colla, E. V. et al. Dependence of dielectric relaxation on ac drive in $[Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3]_{(1-x)}(PbTiO_3)_x$ single crystals, Journal of Applied Physics, Vol. 85, No. 3, (1999) p. 1693-1697	1-10 11-14	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 26.04.2005		国際調査報告の発送日 17.5.2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 佐藤 宙子	2X 9316
		電話番号 03-3581-1101 内線	3294

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2005/001275

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	Lu, Ya-lin et al. Structural and electro-optic properties in lead magnesium niobate titanate thin films, Applied Physics Letters, Vol. 74, No. 20, (1999) p. 3038-3040	1-10 11-14
X Y	Lu, Y. et al. Photoelastic effects in tetragonal $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ single crystals near the morphotropic phase boundary, Journal of Applied Physics, Vol. 89, No. 9, (2001) p. 5075-5078	1-10 11-14
X Y	Kuwata, J. et al. Phase transitions in the $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ system, Ferroelectrics, Vol. 37, (1981)p. 579-582	1-10 11-14
A	Fujishiro, K. et al. Optical and structural studies of long-range order development in relaxor ferroelectrics, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 69, No. 7, (2000)p. 2331-2338	1-15
A	Han, J., Cao, W. Electric field effects on the phase transitions in [001]-oriented $(1-x)\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-xPbTiO}_3$ single crystals with composition near the morphotropic phase boundary, Physical Review B, Vol. 68, No. 13, (2003) p. 134102. 1-134102. 6	1-15
A	JP 2003-270602 A (富士通株式会社) 2003.09.25(ファミリーなし)	1-15



---

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, 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, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。