

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

substrate to form a second coating film; a first oriented film formation step in which the first coating film is heat-treated and a first oriented film OM1 is formed on the TFT substrate without rubbing orientation treatment or light orientation treatment; and a second oriented film formation step in which the second coating film is heat-treated and a second oriented film OM2 is formed on the pre-slot substrate without rubbing orientation treatment or light orientation treatment.

(57) 要約：本発明の液晶セルCの製造方法は、液晶層LCを挟みつつ互いに向かい合う一対のTFT基板101及びスロット基板201を有し、複数のアンテナ単位Uが配列された液晶セルCの製造方法であり、プレTFT基板上に、第1配向剤を付与して第1塗膜を形成する第1塗膜形成工程と、プレスロット基板上に、第2配向剤を付与して第2塗膜を形成する第2塗膜形成工程と、第1塗膜を加熱処理し、ラビング配向処理又は光配向処理を施さずにTFT基板上に第1配向膜OM1を形成する第1配向膜形成工程と、前記第2塗膜を加熱処理し、ラビング配向処理又は光配向処理を施さずにプレスロット基板上に、第2配向膜OM2を形成する第2配向膜形成工程とを備える。

明 細 書

発明の名称：液晶セルの製造方法、及び走査アンテナの製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、液晶セルの製造方法、及び走査アンテナの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 移動体通信、衛星放送等に利用されるアンテナは、ビーム方向を変更可能なビーム走査機能を必要とする。このような機能を有するアンテナとして、液晶材料（ネマティック液晶、高分子分散液晶を含む）の大きな誘電異方性（複屈折率）を利用した走査アンテナが提案されている（例えば、特許文献1）。

[0003] この種の走査アンテナは、複数のアンテナ単位を備えた液晶セルを備えている。液晶セルは、一対の電極付き基板と、両基板の間に配される液晶層を備えており、各基板が有する電極とそれらの間の液晶層によって各アンテナ単位が構成されている。

[0004] 走査アンテナは、各アンテナ単位の液晶層に印加する電圧を制御し、各アンテナ単位の液晶層の実効的な誘電率を変化させることで、各アンテナ単位の静電容量を調節している。そして、走査アンテナで送受信される電磁波に、各アンテナ単位の静電容量に応じた位相差が与えられる。

[0005] なお、前記液晶セルの前記基板の液晶層側には、液晶分子の配向方向を制御するための配向膜が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2015／126550号

[0007] （発明が解決しようとする課題）

従来、走査アンテナ用の液晶セルにおいて、アンテナ特性と、配向膜による液晶分子の配向方向との関係は、全く検証されていなかった。

[0008] 例えば、従来の液晶表示用途の配向膜のように、ラビング又は光照射によ

る配向処理が施された配向膜を使用すると、液晶分子は、電圧が印加されていない状態において、配向膜の作用（配向規制力）を受けつつ、基板面内に一方向に沿って並んだ状態となる。図15は、従来の液晶セルにおいて、配向膜の作用により、液晶分子が基板面101Pに対して一方向に沿って並んだ状態を示す説明図である。

[0009] このように一列に並んだ液晶分子の中には、基板面101Pから極角方向に所定角度（例えば、 $2\sim 3^\circ$ ）で立ち上がり、かつ所定の方位角方向（例えば、方位角が 0° の方向）に配向する液晶分子1c1（以下、第1液晶分子1c1）と、その第1液晶分子1c1とは 180° 逆向きの状態（例えば、方位角が 180° の方向）で、極角方向に所定角度だけ立ち上がった状態で配向する液晶分子1c2（以下、第2液晶分子1c2）とが存在している。

[0010] 液晶分子は、各々が独立しているものの、ネマティック相では、全体として連続なもの（連続体）として振る舞うことが知られている。そのため、上述したような、方位角方向が互いに逆向きの関係にある第1液晶分子1c1と、第2液晶分子1c2との間には、ネマティック相の液晶配向の連続性の要請より、必然的に、基板面101Pに対して平行な状態の液晶分子1c3（以下、第3液晶分子1c3）が存在することになる。このような第3液晶分子1c3は、極角（プレチルト角）が 0° であるため、液晶分子全体のプレチルト角を小さくする原因となる。

[0011] 液晶層を構成する液晶分子の中に、プレチルト角が 0° の状態の液晶分子（第3液晶分子1c3）が存在していると、液晶セルの容量変化の応答速度が遅くなり、問題となっていた。

発明の概要

[0012] 本発明の目的は、容量変化の応答速度が速い走査アンテナ用の液晶セルの製造方法、及び前記液晶セルを備えた走査アンテナの製造方法を提供することである。

[0013] （課題を解決するための手段）

本発明に係る液晶セルの製造方法は、液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のＴＦＴ基板及びスロット基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、第１誘電体基板と、前記第１誘電体基板に支持された複数のＴＦＴ及び前記ＴＦＴに電氣的に接続された複数のパッチ電極とを有するプレＴＦＴ基板上に、第１配向剤を付与して第１塗膜を形成する第１塗膜形成工程と、第２誘電体基板と、前記第２誘電体基板に支持された複数のスロットを含むスロット電極とを有するプレスロット基板上に、第２配向剤を付与して第２塗膜を形成する第２塗膜形成工程と、前記第１塗膜を加熱処理し、ラビング配向処理又は光配向処理を施さずに前記プレＴＦＴ基板上に第１配向膜を形成する第１配向膜形成工程と、前記第２塗膜を加熱処理し、ラビング配向処理又は光配向処理を施さずに前記プレスロット基板上に、第２配向膜を形成する第２配向膜形成工程とを備える。

[0014] 前記液晶セルの製造方法において、前記第１配向膜及び前記第２配向膜は、前記液晶層を構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させるものが好ましい。

[0015] 前記液晶セルの製造方法において、前記第１配向剤及び前記第２配向剤は、ポリイミド系樹脂を含むことが好ましい。

[0016] また、本発明の他の液晶セルの製造方法は、液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のＴＦＴ基板及びスロット基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、第１誘電体基板と、前記第１誘電体基板に支持された複数のＴＦＴ及び前記ＴＦＴに電氣的に接続された複数のパッチ電極とを有するプレＴＦＴ基板上に、第１アルカリ希釈溶液を付与して第１親水面を形成する第１親水面形成工程と、第２誘電体基板と、前記第２誘電体基板に支持された複数のスロットを含むスロット電極とを有するプレスロット基板上に、第２アルカリ希釈溶液を付与して第２親水面を形成する第２親水面形成工程とを備える。

[0017] 前記液晶セルの製造方法において、前記第１親水面及び前記第２親水面は、前記液晶層を構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させることが好

ましい。

- [0018] 前記液晶セルの製造方法において、前記第1親水面形成工程では、前記第1アルカリ希釈溶液を付与した後、前記プレTFT基板を水で洗浄し、前記第2親水面形成工程では、前記第2アルカリ希釈溶液を付与した後、前記プレスロット基板を水で洗浄することが好ましい。
- [0019] 前記液晶セルの製造方法において、前記第1親水面形成工程及び前記第2親水面形成工程では、前記第1アルカリ希釈溶液及び前記第2アルカリ希釈溶液が、水酸化ナトリウム水溶液からなることが好ましい。
- [0020] また、本発明の他の液晶セルの製造方法は、液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のTFT基板及びスロット基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、前記TFT基板と前記スロット基板とを、シール材を介して互いに貼り合わせて、前記TFT基板と前記スロット基板の間に前記液晶層が介在されていない空セルを形成する貼合工程と、前記空セルの前記TFT基板と前記スロット基板との間に、真空注入法により前記液晶層を構成する液晶材料を注入し、その注入時の流れを利用して前記液晶材料を流動配向させる流動配向工程を備える。
- [0021] 前記液晶セルの製造方法において、液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のTFT基板及びスロット基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、前記TFT基板及び前記スロット基板のうちの何れか一方の基板上に、枠状にシール材を描画する描画工程と、前記シール材が描画された一方の前記基板上に、滴下注入法により前記液晶層を構成する液晶材料を滴下し、その滴下された前記液晶材料が前記基板上で拡がる際の流れを利用して前記液晶材料を流動配向させる流動配向工程と、一方の前記基板と、その他方の基板とを、流動配向した前記液晶材料を挟みつつ前記シール材を介して互いに貼り合わせる貼合工程とを備える。
- [0022] 前記液晶セルの製造方法において、前記流動配向工程では、前記液晶材料を構成する液晶分子が、全ての方位角方向に配向するように、前記液晶材料を流動配向させることが好ましい。

[0023] 前記液晶セルの製造方法において、前記液晶材料のネマティック等方相転移温度よりも低い温度条件で、前記液晶層を加熱処理する加熱処理工程を備えることが好ましい。

[0024] 前記液晶セルの製造方法において、前記 T F T 基板は、第 1 誘電体基板と、前記第 1 誘電体基板に支持された複数の T F T 及び前記 T F T に電氣的に接続された複数のパッチ電極と、前記パッチ電極を覆う形で前記第 1 誘電体基板上に形成される第 1 配向膜とを有し、前記スロット基板は、第 2 誘電体基板と、前記第 2 誘電体基板に支持された複数のスロットを含むスロット電極と、前記スロット電極を覆う形で前記第 2 誘電体基板上に形成される第 2 配向膜とを有することが好ましい。

[0025] 前記液晶セルの製造方法において、前記液晶層を構成する前記液晶分子は、水平配向型であることが好ましい。なお、本明細書において、水平配向型の液晶分子とは、電圧が印加されていない状態において、液晶分子の長軸方向が、基板面に対して概ね平行に配されるものをいう。

[0026] また、本発明に係る走査アンテナの製造方法は、前記何れかに記載の液晶セルが備える前記スロット基板の外側の主面に、誘電体層を介して対向する形で反射導電板を配する工程を備える。

[0027] (発明の効果)

本発明によれば、容量変化の応答速度が速い走査アンテナ用の液晶セルの製造方法、及び前記液晶セルを備えた走査アンテナの製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]実施形態 1 に係る走査アンテナの一部を模式的に表した断面図

[図2]走査アンテナが備える T F T 基板を模式的に表した平面図

[図3]走査アンテナが備えるスロット基板を模式的に表した平面図

[図4] T F T 基板のアンテナ単位領域を模式的に表した断面図

[図5] T F T 基板のアンテナ単位領域を模式的に表した平面図

[図6]スロット基板のアンテナ単位領域を模式的に表した断面図

[図7]走査アンテナのアンテナ単位を構成するT F T基板、液晶層及びスロット基板を模式的に表した断面図

[図8]液晶セルの構成を模式的に表した断面図

[図9]配向膜の作用を受けて、所定の極角で配向する液晶分子の配向ベクトルを示す説明図

[図10]配向膜の作用を受けた液晶分子の配向状態を示す説明図

[図11]T F T基板とスロット基板との間に電圧が印加されたときの電界ベクトルの方向を模式的に表した説明図

[図12]実施形態2に係る走査アンテナの一部を模式的に表した断面図

[図13]実施形態3に係る走査アンテナの一部を模式的に表した断面図

[図14]真空注入法により、空セル内に液晶材料が注入される様子を模式的に表した説明図

[図15]従来の液晶セルにおいて、配向膜の作用により、液晶分子が基板面に対して一方向に沿って並んだ状態を示す説明図

発明を実施するための形態

[0029] 〔実施形態1〕

（走査アンテナの基本構造）

走査アンテナは、ビーム方向を変更可能なビーム走査機能を備えており、液晶材料の大きな誘電率 m （ ϵm ）の異方性（複屈折率）を利用した複数のアンテナ単位を備えた構造を有する。走査アンテナは、各アンテナ単位の液晶層に印加する電圧を制御し、各アンテナ単位の液晶層の実効的な誘電率 m （ ϵm ）を変化させることで、静電容量の異なる複数のアンテナ単位で2次元的なパターンを形成する。なお、液晶材料の誘電率は周波数分散を有するため、本明細書では、マイクロ波の周波数帯における誘電率を、特に「誘電率 m （ ϵm ）」と表記する。

[0030] 走査アンテナから出射される、又は走査アンテナによって受信される電磁波（例えば、マイクロ波）には、各アンテナ単位の静電容量に応じた位相差が与えられ、静電容量の異なる複数のアンテナ単位によって形成された2次

元的なパターンに応じて、特定の方向に強い指向性を有することになる（ビーム走査）。例えば、走査アンテナから出射される電磁波は、入力電磁波が各アンテナ単位に入射し、各アンテナ単位で散乱された結果得られる球面波を、各アンテナ単位によって与えられる位相差を考慮して積分することによって得られる。

[0031] ここで、実施形態１に係る走査アンテナの基本構造を、図１等を参照しつつ説明する。図１は、実施形態１に係る走査アンテナ１０００の一部を模式的に表した断面図である。本実施形態の走査アンテナ１０００は、スロット５７が同心円状に配列されたラジアルインラインスロットアンテナである。図１には、同心円状に配列されたスロットの中心近傍に設けられた給電ピン７２から半径方向に沿った断面の一部が模式的に示されている。なお、他の実施形態では、スロットの配列が公知の種々の配列（例えば、螺旋状、マトリクス状）であってもよい。

[0032] 走査アンテナ１０００は、主として、ＴＦＴ基板１０１と、スロット基板２０１と、これらの間に配される液晶層ＬＣと、反射導電板６５とを備えている。走査アンテナ１０００は、ＴＦＴ基板１０１側からマイクロ波を送受信する構成となっている。ＴＦＴ基板１０１及びスロット基板２０１は、液晶層ＬＣを挟んで互いに対向する形で配置されている。

[0033] ＴＦＴ基板１０１は、ガラス基板等の誘電体基板（第１誘電体基板）１と、誘電体基板１の液晶層ＬＣ側に形成された複数のパッチ電極１５及び複数のＴＦＴ（thin film transistor）１０と、液晶層ＬＣ側の最表面に形成された配向膜ＯＭ１（第１配向膜）とを備えている。各ＴＦＴ１０には、図１で図示されないゲートバスライン及びソースバスラインが接続されている。

[0034] スロット基板２０１は、ガラス基板等の誘電体基板（第２誘電体基板）５１と、誘電体基板５１の液晶層ＬＣ側に形成されたスロット電極５５と、液晶層ＬＣ側の最表面に形成された配向膜ＯＭ２（第２配向膜）とを備えている。スロット電極５５は、複数のスロット５７を備えている。

[0035] ＴＦＴ基板１０１及びスロット基板２０１に使用される誘電体基板１，５

1 としては、マイクロ波に対する誘電損失が小さいことが好ましく、ガラス基板以外にプラスチック基板を利用することができる。誘電体基板 1, 51 の厚みは、特に制限はないが、例えば、 $400\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。なお、誘電体基板 1, 51 の厚みの下限は、特に制限はなく、製造プロセス等において耐え得る強度を備えるものであればよい。

[0036] 反射導電板 65 は、スロット基板 201 に対して空気層 54 を介して対向する形で配されている。なお、他の実施形態においては、空気層 54 に代えて、マイクロ波に対する誘電率 m が小さい誘電体（例えば、PTFE 等のフッ素樹脂）で形成される層を用いてもよい。本実施形態の走査アンテナ 1000 において、スロット電極 55 と、反射導電板 65 と、これらの間の誘電体基板 51 及び空気層 54 が導波路 301 として機能する。

[0037] パッチ電極 15 と、スロット 57 を含むスロット電極 55 の部分（以下、「スロット電極単位 57 U」と称する場合がある）と、これらの間の液晶層 LC とがアンテナ単位 U を構成する。各々のアンテナ単位 U において、1 つの島状のパッチ電極 15 が、1 つの孔状のスロット 57（スロット電極単位 57 U）と対向するように液晶層 LC を介して対向しており、それぞれ液晶容量が構成される。本実施形態の走査アンテナ 1000 では、複数のアンテナ単位 U が同心円状に配列されている。なお、アンテナ単位 U は、液晶容量と電氣的に並列に接続された補助容量を備えている。

[0038] スロット電極 55 は、各スロット電極単位 57 U においてアンテナ単位 U を構成すると共に、導波路 301 の壁としても機能する。そのためスロット電極 55 には、マイクロ波の透過を抑制する機能が必要であり、比較的厚みのある金属層から構成される。このような金属層としては、例えば、Cu 層、Al 層等が挙げられる。例えば、 10 GHz のマイクロ波を $1/150$ まで低減するためには、Cu 層の厚みは $3.3\text{ }\mu\text{m}$ 以上に設定され、Al 層の厚みは $4.0\text{ }\mu\text{m}$ 以上に設定される。また、 30 GHz のマイクロ波を $1/150$ まで低減するためには、Cu 層の厚みは $1.9\text{ }\mu\text{m}$ 以上に設定され、

A 1 層の厚みは $2.3\mu\text{m}$ 以上に設定される。スロット電極55を構成する金属層の厚みの上限については、特に制限はないものの、後述するように配向膜OM2の形成を考慮すると、薄ければ薄い方が好ましいと言える。なお、金属層として、Cu層を用いると、A 1 層よりも薄くできるという利点を有する。スロット電極55の形成方法としては、従来の液晶表示装置の技術で利用される薄膜堆積法や、金属箔（例えば、Cu箔、Al箔）を基板上に貼り付ける等の他の方法が用いられてもよい。金属層の厚みは、例えば、 $2\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下に設定される。また、薄膜堆積法を用いて金属層を形成する場合、金属層の厚みは例えば、 $5\mu\text{m}$ 以下に設定される。反射導電板65は、例えば厚みが数mmのアルミニウム板、銅板等を用いることができる。

[0039] パッチ電極15は、スロット電極55のように導波路301を構成するものではないため、スロット電極55よりも厚みの小さい金属層によって構成される。なお、スロット電極55のスロット57付近の自由電子の振動がパッチ電極15内の自由電子の振動を誘起する際に熱に変わるロスを避けるために、抵抗が低い方が好ましい。量産性等の観点からは、Cu層よりもAl層を用いることが好ましく、Al層の厚みは例えば、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

[0040] アンテナ単位Uの配列ピッチは、マイクロ波の波長を λ とすると、例えば、 $\lambda/4$ 以下、及び/又は $\lambda/5$ 以下に設定される。波長 λ は、例えば 25mm であり、その場合の配列ピッチは、例えば、 6.25mm 以下、及び/又は 5mm 以下に設定される。

[0041] 走査アンテナ1000は、アンテナ単位Uが有する液晶容量の静電容量値を変化させることによって、各パッチ電極15から励振（再輻射）されるマイクロ波の位相を変化させる。したがって、液晶層LCとしては、マイクロ波に対する誘電率 $m(\epsilon_m)$ の異方性（ $\Delta\epsilon_m$ ）が大きいことが好ましく、また $\tan\delta_m$ （マイクロ波に対する誘電正接）は小さいことが好ましい。

[0042] 液晶材料の誘電率は一般的に周波数分散を有するものの、マイクロ波に対

する誘電異方性 $\Delta \epsilon_m$ は、可視光に対する屈折率異方性 Δn と正の相関がある。そのため、マイクロ波に対するアンテナ単位用の液晶材料は、可視光に対する屈折率異方性 Δn が大きい材料が好ましいと言える。ここで550nmの光に対する Δn （複屈折率）を指標に用いると、 Δn が0.3以上、好ましくは0.4以上のネマティック液晶が、マイクロ波に対するアンテナ単位用に用いられる。 Δn の上限は特に制限はない。液晶層LCの厚みは、例えば、1 μ m以上500 μ m以下に設定される。

[0043] なお、液晶層LCを構成する液晶材料（液晶化合物）の詳細は後述する。

[0044] 図2は、走査アンテナ1000が備えるTF基板101を模式的に表した平面図であり、図3は、走査アンテナ1000が備えるスロット基板201を模式的に表した平面図である。なお、アンテナ単位Uに対応するTF基板101の領域、及びスロット基板201の領域を、説明の便宜上、共に「アンテナ単位領域」と称し、アンテナ単位と同じ参照符号を、それらの参照符号とする。また、図2及び図3に示されるように、TF基板101及びスロット基板201において、2次元的に配列された複数のアンテナ単位領域Uによって画定される領域を「送受信領域R1」と称し、送受信領域R1以外の領域を「非送受信領域R2」と称する。非送受信領域R2には、端子部、駆動回路等が配設されている。

[0045] 送受信領域R1は、平面視した際、円環状をなしている。非送受信領域R2は、送受信領域R1の中心部に位置する第1非送受信領域R2aと、送受信領域R1の周縁に配される第2非送受信領域R2bとを含んでいる。送受信領域R1の外径は、例えば200mm以上1,500mm以下であり、通信量等に応じて適宜、設定される。

[0046] TF基板101の送受信領域R1には、誘導体基板1に支持された複数のゲートバスラインGL及び複数のソースバスラインSLが設けられており、これらの配線を利用して各アンテナ単位領域Uの駆動が制御される。各々のアンテナ単位領域Uは、TF10と、TF10に電氣的に接続されたパッチ電極15とを含んでいる。TF10のソース電極はソースバスライ

ンSLに電氣的に接続され、ゲート電極はゲートバスラインGLに電氣的に接続されている。また、TF T 1 0のドレイン電極は、パッチ電極15と電氣的に接続されている。

[0047] 非送受信領域R2（第1非送受信領域R2a、第2非送受信領域R2b）には、送受信領域R1を取り囲むようにシール材（不図示）が形成されたシール領域Rsが配設されている。シール材は、TF T基板101及びスロット基板201を互いに接着させると共に、これらの基板101、201間で液晶材料（液晶層LC）を封止する機能等を有する。

[0048] 非送受信領域R2のうち、シール領域R2の外側には、ゲート端子部GT、ゲートドライバGD、ソース端子部ST及びソースドライバSDが配設されている。各々のゲートバスラインGLは、ゲート端子部GTを介してゲートドライバGDに接続されており、また、各々のソースバスラインSLは、ソース端子部STを介してソースドライバSDに接続されている。なお、本実施形態では、ソースドライバSD及びゲートドライバGDの双方が、TF T基板101の誘電体基板1上に形成されているが、これらのドライバの一方又は双方は、スロット基板201の誘電体基板51上に形成されてもよい。

[0049] また、非送受信領域R2には複数のトランスファータ端子部PTが設けられている。トランスファータ端子部PTは、スロット基板201のスロット電極55と電氣的に接続されている。本実施形態では、第1非送受信領域R2a及び第2非送受信領域R2bの双方に、トランスファータ端子部PTが配設されている。他の実施形態においては、何れか一方の領域のみにトランスファータ端子部PTが配設される構成であってもよい。また、本実施形態の場合、トランスファータ端子部PTは、シール領域Rs内に配設されている。そのため、シール材として、導電性粒子（導電性ビーズ）を含有する導電性樹脂が用いられる。

[0050] 図3に示されるように、スロット基板201では、誘電体基板51上にスロット電極55が、送受信領域R1及び非送受信領域R2に亘って形成され

ている。なお、図3には、液晶層LC側から見たスロット基板201の表面が示されており、説明の便宜上、最表面に形成されている配向膜OM2が取り除かれている。

[0051] スロット基板201の送受信領域R1において、スロット電極55には複数のスロット57が配設されている。これらのスロット57は、TF基板101のアンテナ単位領域Uにそれぞれ1つずつ割り当てられている。本実施形態の場合、複数のスロット57は、ラジアルインラインスロットアンテナを構成するように、互いに概ね直交する方向に延びる一対のスロット57が同心円状に配置されている。このような一対のスロット57を有するため、走査アンテナ1000は、円偏波を送受信することができる。

[0052] スロット基板201における非送受信領域R2には、スロット電極55の端子部ITが複数設けられている。端子部ITは、TF基板101のトランスファ端子部PTと電氣的に接続される。本実施形態の場合、端子部ITは、シール領域Rs内に配設されており、上述したように、導電性粒子（導電性ビーズ）を含む導電性樹脂からなるシール材によって対応するトランスファ端子部PTと電氣的に接続される。

[0053] また、第1非送受信領域R2aには、スロット57がなす同心円の中心に配置する形で、給電ピン72が設けられている。この給電ピン72によって、スロット電極55、反射導電板65及び誘電体基板51で構成された導波路301にマイクロ波が供給される。なお、給電ピン72は、給電装置70に接続されている。なお、給電方式としては、直結給電方式及び電磁結合方式の何れであってもよく、公知の給電構造を採用することができる。

[0054] 以下、TF基板101、スロット基板201及び導波路301について、詳細に説明する。

[0055] (TF基板101の構造)

図4は、TF基板101のアンテナ単位領域Uを模式的に表した断面図であり、図5は、TF基板101のアンテナ単位領域Uを模式的に表した平面図である。図4及び図5には、それぞれ送受信領域R1の一部の断面構

成が示されている。

[0056] TFT基板101の各々のアンテナ単位領域Uは、誘電体基板（第1誘電体基板）1と、誘電体基板1に支持されたTFT10と、TFT10を覆う第1絶縁層11と、第1絶縁層11上に形成されTFT10に電氣的に接続されたパッチ電極15と、パッチ電極15を覆う第2絶縁層17と、第2絶縁層17を覆う配向膜OM1とをそれぞれ備えている。

[0057] TFT10は、ゲート電極3、島状の半導体層5、ゲート電極3と半導体層5との間に配されるゲート絶縁層4、ソース電極7S及びドレイン電極7Dを備える。本実施形態のTFT10は、ボトムゲート構造を有するチャンネルエッチ型である。なお、他の実施形態においては、他の構造のTFTであってもよい。

[0058] ゲート電極3は、ゲートバスラインGLに電氣的に接続されており、ゲートバスラインGLから走査信号が供給される。ソース電極7Sは、ソースバスラインSLに電氣的に接続されており、ソースバスラインSLからデータ信が供給される。ゲート電極3及びゲートバスラインGLは、同じ導電膜（ゲート用導電膜）から形成されてもよい。また、ソース電極7S、ドレイン電極7D及びソースバスラインSLは同じ導電膜（ソース用導電膜）から形成されてもよい。ゲート用導電膜及びソース用導電膜は、例えば、金属膜からなる。なお、ゲート用導電膜を用いて形成された層を「ゲートメタル層」と称し、ソース用導電膜を用いて形成された層を「ソースメタル層」と称する場合がある。

[0059] 半導体層5は、ゲート絶縁層4を介してゲート電極3と重なるように配置されている。図5に示されるように、半導体層5上に、ソースコンタクト層6S及びドレインコンタクト層6Dが形成されている。ソースコンタクト層6S及びドレインコンタクト層6Dは、それぞれ、半導体層5のうちチャンネルが形成される領域（チャンネル領域）の両側に対峙する形で配置されている。本実施形態の場合、半導体層5は真性アモルファスシリコン（i-a-Si）層かなり、ソースコンタクト層6S及びドレインコンタクト層6Dは n^+

型アモルファスシリコン ($n^+ - a - Si$) 層からなる。なお、他の実施形態においては、半導体層 5 を、ポリシリコン層、酸化物半導体層等から構成してもよい。

[0060] ソース電極 7 S は、ソースコンタクト層 6 S に接するように設けられ、ソースコンタクト層 6 S を介して半導体層 5 に接続されている。ドレイン電極 7 D は、ドレインコンタクト層 6 D に接するように設けられ、ドレインコンタクト層 6 D を介して半導体層 5 に接続されている。

[0061] 第 1 絶縁層 1 1 は、TFT 1 0 のドレイン電極 7 D に達するコンタクトホール CH 1 を備えている。

[0062] パッチ電極 1 5 は、第 1 絶縁層 1 1 上及びコンタクトホール CH 1 内に設けられており、コンタクトホール CH 1 内でドレイン電極 7 D と接している。パッチ電極 1 5 は、主として、金属層から構成される。なお、パッチ電極 1 5 は、金属層のみから形成された金属電極であってもよい。パッチ電極 1 5 の材料は、ソース電極 7 S 及びドレイン電極 7 D と同じであってもよい。パッチ電極 1 5 における金属層の厚み（パッチ電極 1 5 が金属電極の場合は、パッチ電極 1 5 の厚み）は、ソース電極 7 S 及びドレイン電極 7 D の厚みと同じであってもよいが、それらよりも大きい方が好ましい。パッチ電極 1 5 の厚みが大きいと、電磁波の透過率が低く抑えられ、パッチ電極のシート抵抗が低減し、パッチ電極内の自由電子の振動が熱に変わるロスが低減する。

[0063] また、ゲートバスライン GL と同じ導電膜を用いて、CS バスライン CL が設けられてもよい。CS バスライン CL は、ゲート絶縁層 4 を介してドレイン電極 7 D（又はドレイン電極 7 D の延長部分）と重なるように配置され、ゲート絶縁層 4 を誘電体層とする補助容量 CS を構成してもよい。

[0064] 本実施形態では、ソースメタル層とは異なる層内にパッチ電極 1 5 が形成されている。そのため、ソースメタル層の厚みとパッチ電極 1 5 の厚みとを互いに独立して制御できる構成となっている。

[0065] パッチ電極 1 5 は、主層として Cu 層又は Al 層を含んでもよい。走査ア

ンテナの性能はパッチ電極 15 の電気抵抗と相関があり、主層の厚みは、所望の抵抗が得られるように設定される。パッチ電極 15 は、電子の振動を阻害しない程度に低抵抗であることが好ましい。パッチ電極 15 における金属層の厚みは、A1 層で形成する場合、例えば $0.5\ \mu\text{m}$ 以上に設定される。

[0066] 配向膜 OM1 は、例えば、ポリイミド系樹脂からなる。配向膜 OM1 の詳細は後述する。

[0067] TFT 基板 101 は、例えば、以下に示される方法で製造される。先ず、誘電体基板（第 1 誘電体基板）1 を用意する。誘導体基板 1 としては、例えば、ガラス基板、耐熱性を有するプラスチック基板等を用いることができる。そのような誘電体基板 1 上に、ゲート電極 3 及びゲートバスライン GL を含むゲートメタル層を形成する。

[0068] ゲート電極 3 は、ゲートバスライン GL と一体的に形成され得る。ここでは、誘電体基板 1 上に、スパッタ法等によって、ゲート用導電膜（厚み：例えば $50\ \text{nm}$ 以上 $500\ \text{nm}$ 以下）を形成する。次いで、ゲート用導電膜をパターニングすることによって、ゲート電極 3 及びゲートバスライン GL が形成される。ゲート用導電膜の材料は特に限定されないが、例えば、アルミニウム（Al）、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、タンタル（Ta）、クロム（Cr）、チタン（Ti）、銅（Cu）等の金属又はその合金、若しくはその金属窒化物を含む膜を適宜用いることができる。ここでは、ゲート用導電膜として、MoN（厚み：例えば $50\ \text{nm}$ ）、Al（厚み：例えば $200\ \text{nm}$ ）及び MoN（厚み：例えば $50\ \text{nm}$ ）をこの順で積層した積層膜を形成する。

[0069] 次いで、ゲートメタル層を覆うようにゲート絶縁層 4 を形成する。ゲート絶縁層 4 は、CVD 法等によって形成され得る。ゲート絶縁層 4 としては、酸化珪素（ SiO_2 ）層、窒化珪素（ SiN_x ）層、酸化窒化珪素（ SiO_xN_y ； $x > y$ ）層、窒化酸化珪素（ SiN_xO_y ； $x > y$ ）層等を適宜用いることができる。ゲート絶縁層 4 は積層構造を有していてもよい。ここでは、ゲート絶縁層 4 として、 SiN_x 層（厚み：例えば $410\ \text{nm}$ ）を形成

する。

[0070] 次いで、ゲート絶縁層4上に半導体層5及びコンタクト層を形成する。ここでは、真性アモルファスシリコン膜（厚み：例えば125nm）及びn⁺型アモルファスシリコン膜（厚み：例えば65nm）をこの順で形成し、パターンニングすることにより、島状の半導体層5及びコンタクト層を得る。なお、半導体層5に用いる半導体膜はアモルファスシリコン膜に限定されない。例えば、半導体層5として酸化物半導体層を形成してもよい。この場合には、半導体層5とソース・ドレイン電極との間にコンタクト層を設けなくてもよい。

[0071] 次いで、ゲート絶縁層4上及びコンタクト層上にソース用導電膜（厚み：例えば50nm以上500nm以下）を形成し、これをパターンニングすることによって、ソース電極7S、ドレイン電極7D及びソースバスラインSLを含むソースメタル層を形成する。このとき、コンタクト層もエッチングされ、互いに分離されたソースコンタクト層6Sとドレインコンタクト層6Dとが形成される。

[0072] ソース用導電膜の材料は特に限定されず、例えば、アルミニウム（Al）、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、タンタル（Ta）、クロム（Cr）、チタン（Ti）、銅（Cu）等の金属またはその合金、若しくはその金属窒化物を含む膜を適宜用いることができる。ここでは、ソース用導電膜として、MoN（厚み：例えば30nm）、Al（厚み：例えば200nm）及びMoN（厚み：例えば50nm）をこの順で積層した積層膜を形成する。

[0073] ここでは、例えば、スパッタ法でソース用導電膜を形成し、ウェットエッチングによりソース用導電膜のパターンニング（ソース・ドレイン分離）を行う。この後、例えばドライエッチングにより、コンタクト層のうち、半導体層5のチャネル領域となる領域上に位置する部分を除去してギャップ部を形成し、ソースコンタクト層6S及びドレインコンタクト層6Dとに分離する。このとき、ギャップ部において、半導体層5の表面近傍もエッチングされ

る（オーバーエッチング）。

[0074] 次に、TFT10を覆うように第1絶縁層11を形成する。この例では、第1絶縁層11は、半導体層5のチャネル領域と接するように配置される。また、公知のフォトリソグラフィ技術により、第1絶縁層11に、ドレイン電極7Dに達するコンタクトホールCH1を形成する。

[0075] 第1絶縁層11は、例えば、酸化珪素（ SiO_2 ）膜、窒化珪素（ SiN_x ）膜、酸化窒化珪素（ SiO_xN_y ； $x > y$ ）膜、窒化酸化珪素（ SiN_xO_y ； $x > y$ ）膜等の無機絶縁層であってもよい。ここでは、第1絶縁層11として、例えばCVD法により、厚みが例えば330nmの SiN_x 層を形成する。

[0076] 次いで、第1絶縁層11上及びコンタクトホールCH1内にパッチ用導電膜を形成し、これをパターニングする。これにより、送受信領域R1にパッチ電極15を形成する。なお、非送受信領域R2には、パッチ電極15と同じ導電膜（パッチ用導電膜）からなるパッチ接続部を形成する。パッチ電極15は、コンタクトホールCH1内でドレイン電極7Dと接する。

[0077] パッチ用導電膜の材料としては、ゲート用導電膜又はソース用導電膜と同様の材料が用いられ得る。ただし、パッチ用導電膜は、ゲート用導電膜及びソース用導電膜よりも厚くなるように設定されることがこのましい。パッチ用導電膜の好適な厚さは、例えば、 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下である。これよりも薄いと、電磁波の透過率が30%程度となり、シート抵抗が $0.03\Omega/\text{sq}$ 以上となり、ロスが大きくなるという問題が生じる可能性があり、厚いとスロット57のパターニング性が悪化するという問題が生じる可能性がある。

[0078] ここでは、パッチ用導電膜として、 MoN （厚み：例えば50nm）、 Al （厚み：例えば1000nm）及び MoN （厚み：例えば50nm）をこの順で積層した積層膜（ $\text{MoN}/\text{Al}/\text{MoN}$ ）を形成する。

[0079] 次いで、パッチ電極15及び第1絶縁層11上に第2絶縁層（厚み：例えば100nm以上300nm以下）17を形成する。第2絶縁層17として

は、特に限定されず、例えば酸化珪素 (SiO_2) 膜、窒化珪素 (SiN_x) 膜、酸化窒化珪素 (SiO_xN_y ; $x > y$) 膜、窒化酸化珪素 (SiN_xO_y ; $x > y$) 膜等を適宜用いることができる。ここでは、第2絶縁層17として、例えば厚さ200nmの SiN_x 層を形成する。

[0080] この後、例えばフッ素系ガスを用いたドライエッチングにより、無機絶縁膜（第2絶縁層17、第1絶縁層11及びゲート絶縁層4）を一括してエッチングする。エッチングでは、パッチ電極15、ソースバスラインSL及びゲートバスラインGLはエッチストップとして機能する。これにより、第2絶縁層17、第1絶縁層11及びゲート絶縁層4にゲートバスラインGLに達する第2のコンタクトホールが形成され、第2絶縁層17及び第1絶縁層11に、ソースバスラインSLに達する第3のコンタクトホールが形成される。また、第2絶縁層17に、上述したパッチ接続部に達する第4のコンタクトホールが形成される。

[0081] 次に、第2絶縁層17上、第2のコンタクトホール、第3のコンタクトホール、第4のコンタクトホール内に、例えばスパッタ法により導電膜（厚み：50nm以上200nm以下）を形成する。導電膜として、例えばITO（インジウム・錫酸化物）膜、IZO膜、ZnO膜（酸化亜鉛膜）等の透明導電膜を用いることができる。ここでは、導電膜として、厚みが例えば100nmのITO膜を用いる。

[0082] 次いで、上記透明導電膜をパターニングすることにより、ゲート端子用上部接続部、ソース端子用上部接続部及びトランスファー端子用上部接続部を形成する。ゲート端子用上部接続部、ソース端子用上部接続部及びトランスファー端子用上部接続部は、各端子部で露出した電極又は配線を保護するために用いられる。このようにして、ゲート端子部GT、ソース端子部ST及びトランスファー端子部PTが得られる。

[0083] 次いで、第2絶縁膜17等を覆う形で、後述する配向剤（第1配向剤）を用いて塗膜（第1塗膜）を形成し（後述する第1塗膜形成工程）、その後、塗膜を加熱して溶媒の除去等を行う（後述する第1配向膜形成工程）ことで

、配向膜（第1配向膜）OM1が形成される。このようにして、TF T基板101を製造することができる。なお、本明細書において、配向膜OM1が形成される前の状態の基板（つまり、TF T基板101から配向膜OM1を除いた状態の基板）を、「プレTF T基板」と称する。

[0084] なお、後述するように、配向膜OM1は、ラビング処理や光配向処理等の配向処理は施されない。配向膜OM1の形成方法の詳細は後述する。

[0085] （スロット基板201の構造）

次いで、スロット基板201の構造をより具体的に説明する。図6は、スロット基板201のアンテナ単位領域Uを模式的に表した断面図である。

[0086] スロット基板201は、主として、誘電体基板（第2誘電体基板）51と、誘電体基板51の一方の板面（液晶層側を向く板面、TF T基板101側を向く板面）51a上に形成されたスロット電極55と、スロット電極55を覆う第3絶縁層58と、第3絶縁層58を覆う配向膜OM2とを備える。

[0087] スロット基板201の送受信領域R1において、スロット電極55には複数のスロット57が形成されている（図3参照）。スロット57はスロット電極55を貫通する開口（溝部）である。この例では、各アンテナ単位領域Uに1個のスロット57が割り当てられている。

[0088] スロット電極55は、Cu層、Al層等の主層55Mを含んでいる。スロット電極55は、主層55Mと、それを挟むように配置された上層55U及び下層55Lとを含む積層構造を有していてもよい。主層55Mの厚みは、材料に応じて表皮効果を考慮して設定され、例えば2 μ m以上30 μ m以下であってもよい。主層55Mの厚みは、典型的には上層55U及び下層55Lの厚さよりも大きく設定される。

[0089] この例では、主層55MはCu層からなり、上層55U及び下層55LはTi層からなる。主層55Mと誘電体基板51との間に下層55Lを配置することにより、スロット電極55と誘電体基板51との密着性を向上させることができる。また、上層55Uを設けることにより、主層55M（例えばCu層）の腐食を抑制できる。

- [0090] 第3絶縁層58は、スロット電極55上及びスロット57内に形成されている。第3絶縁層52の材料としては、特に限定されないが、例えば酸化珪素(SiO_2)膜、窒化珪素(SiN_x)膜、酸化窒化珪素(SiO_xN_y ; $x > y$)膜、窒化酸化珪素(SiN_xO_y ; $x > y$)膜等が適宜用いられる。
- [0091] 配向膜OM2は、TF T基板101の配向膜OM1と同様、ポリイミド系樹脂からなる。配向膜OM2の詳細は後述する。
- [0092] なお、スロット基板201の非送受信領域R2には、端子部ITが設けられている(図3参照)。端子部ITは、スロット電極55の一部と、スロット電極55の一部を覆う第3絶縁層58と、上部接続部とを備える。第3絶縁層58は、スロット電極55の一部に達する開口(コンタクトホール)を有している。上部接続部は、前記開口内でスロット電極55の一部に接している。本実施形態において、端子部ITは、ITO膜、IZO膜等の導電層からなり、シール領域Rs内に配置され、導電性粒子(例えばAuビーズ等の導電性ビーズ)を含有するシール樹脂によって、TF T基板101におけるトランスファ端子部PTと接続される。
- [0093] スロット基板201は、例えば、以下に示される方法で製造される。先ず、誘電体基板51を用意する。誘電体基板51としては、ガラス基板、樹脂基板等の電磁波に対する透過率の高い(誘電率及び誘電損失が小さい)基板を用いることができる。誘電体基板51は電磁波の減衰を抑制するために厚みが薄い方が好ましい。例えば、ガラス基板の表面に後述するプロセスでスロット電極55等の構成要素を形成した後、ガラス基板を裏面側から薄板化してもよい。これにより、ガラス基板の厚みを例えば500 μm 以下に設定できる。なお、一般的にはガラスよりも樹脂の方が誘電率及び誘電損失が小さい。誘電体基板51が樹脂基板からなる場合、その厚みは、例えば3 μm 以上300 μm 以下である。樹脂基材の材料としては、ポリイミド等が用いられる。
- [0094] 誘電体基板51上に金属膜を形成し、これをパターニングすることによっ

て、複数のスロット57を有するスロット電極55が得られる。金属膜としては、厚みが $2\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下のCu膜（又はAl膜）が用いられてもよい。ここでは、Ti膜、Cu膜及びTi膜をこの順で積層した積層膜を用いる。

[0095] 次いで、スロット電極55上及びスロット57内に第3絶縁層（厚み：例えば 100nm 以上 200nm 以下）58を形成する。ここでの第3絶縁層52は、酸化珪素（ SiO_2 ）膜からなる。

[0096] その後、非送受信領域R2において、第3絶縁層58に、スロット電極55の一部に達する開口（コンタクトホール）を形成する。

[0097] 次いで、第3絶縁層58上、及び第3絶縁層58の上記開口内に透明導電膜を形成し、これをパターニングすることにより、開口内でスロット電極55の一部と接する上部接続部が形成され、TFT基板101のトランスファ一端子部PTと接続させるための端子部ITが得られる。

[0098] その後、第3絶縁層58を覆うように後述する配向剤（第2配向剤）を用いて塗膜（第2塗膜）を形成し、続いて、塗膜を加熱して溶媒の除去等を行う（後述する第2塗膜形成工程）ことで、配向膜（第2配向膜）OM2が形成される。このようにして、スロット基板201を製造することができる。なお、本明細書において、配向膜OM2が形成される前の状態の基板（つまり、スロット基板201から配向膜OM2を除いた状態の基板）を、「プレスロット基板」と称する。

[0099] なお、後述するように、配向膜OM2は、上記配向膜OM1と同様、ラビング処理や光配向処理等の配向処理は施されない。配向膜OM2の形成方法の詳細は後述する。

[0100] （導波路301の構成）

導波路301は、反射導電板65が誘電体基板51を介してスロット電極55と対向する形で構成されている。反射導電板65は、スロット基板201（誘電体基板51）の裏面（外側の主面）と、空気層54を介する形で対向するように配設される。反射導電板65は、導波路301の壁を構成する

ので、表皮深さの3倍以上、好ましくは5倍以上の厚みを有することが好ましい。反射導電板65は、例えば、削り出しによって作製され厚みが数mmのアルミニウム板、銅板等を用いることができる。

[0101] 例えば、走査アンテナ1000が発信する際、導波路301は、同心円状に並ぶ複数のアンテナ単位Uの中心に配置された給電ピン72より供給されるマイクロ波を、外側に向けて放射状に広げるように導く。マイクロ波が導波路301を移動する際に各アンテナ単位Uの各スロット57で断ち切られることで、所謂スロットアンテナの原理により電界が発生し、その電界の作用により、スロット電極55に電荷が誘起される（つまり、マイクロ波がスロット電極55内の自由電子の振動に変換される）。各アンテナ単位Uにおいて、液晶の配向制御を通して液晶容量の静電容量値を変化させることで、パッチ電極15に誘起される自由電子の振動の位相が制御される。パッチ電極15に電荷が誘起されると電界が発生し（つまり、スロット電極55内の自由電子の振動が、パッチ電極15内の自由電子の振動へ移動し）、各アンテナ単位Uのパッチ電極15からTF T基板101の外側に向かってマイクロ波（電波）が発振される。各アンテナ単位Uから発振される位相の異なったマイクロ波（電波）が足し合わせられることで、ビームの方位角が制御される。

[0102] なお、他の実施形態においては、導波路を上層と下層とに分かれた2層構造としてもよい。この場合、給電ピンより供給されるマイクロ波は、先ず下層内を中心から外側に向けて放射状に広がるように移動し、その後、下層の外壁部分で上層に立ち上がって上層を外側から中心に集まるように移動する。このような2層構造とすることで、各アンテナ単位Uにマイクロ波を均一に行き渡らせ易くなる。

[0103] 図7は、走査アンテナ1000のアンテナ単位Uを構成するTF T基板101、液晶層LC及びスロット基板201を模式的に表した断面図である。図7に示されるように、アンテナ単位Uでは、TF T基板101の島状のパッチ電極15と、スロット基板201のスロット電極55が備える孔状（溝

状)の-slot 57 (slot電極単位 57 U)とが液晶層 LCを挟む形で対向している。このような走査アンテナ 1000は、液晶層 LCと、この液晶層 LCを挟みつつ、各々の液晶層 LC側の表面に、配向膜 OM1, OM2を含む一対の TFT基板 101及びslot基板 201とを有する液晶セル Cを備えている。なお、本明細書において、アンテナ単位 Uは、1つのパッチ電極 15と、そのパッチ電極 15に対応する少なくとも1つのslot 57が配置されたslot電極 55 (slot電極単位 57 U)とを含む構成からなる。

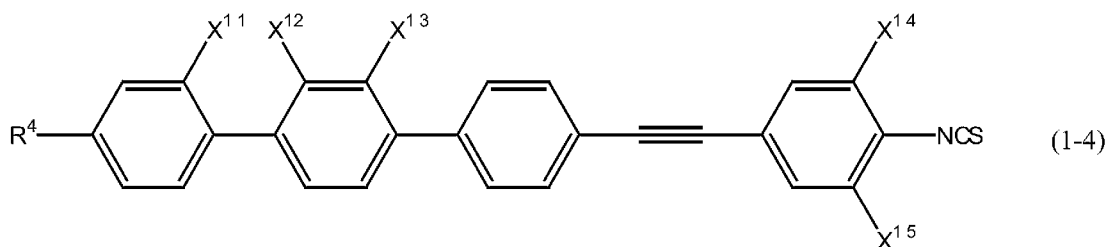
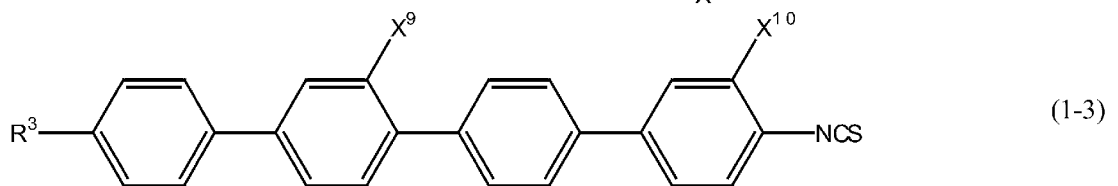
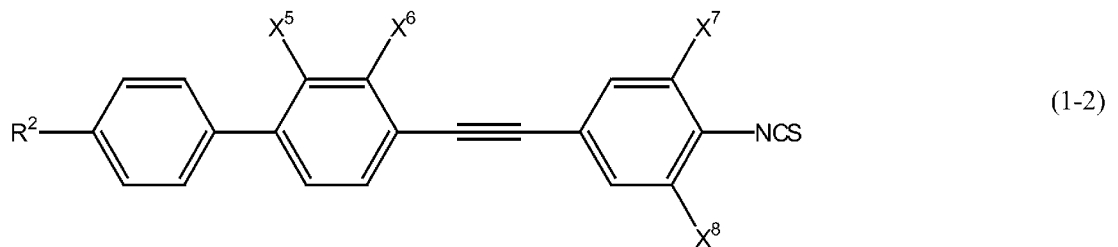
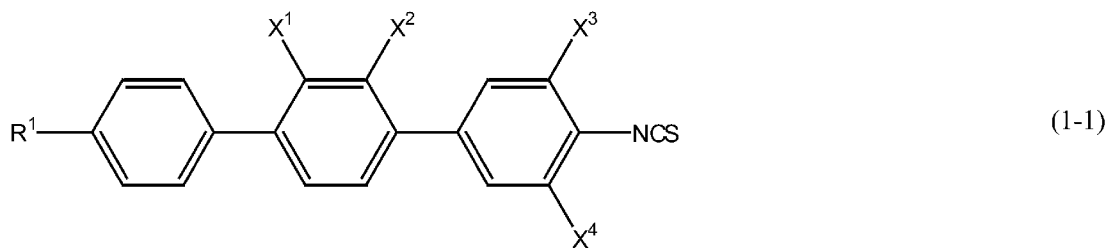
[0104] 図8は、液晶セル Cの構成を模式的に表した断面図である。液晶セル Cを構成する一対の基板である TFT基板 101と、slot基板 201との間には、液晶層 LCの周りを取り囲む形でシール材 Sが配されている。シール材 Sは、TFT基板 101及びslot基板 201に対してそれぞれ接着し、TFT基板 101とslot基板 201とを互いに貼り合わせる機能を備える。なお、TFT基板 101及びslot基板 201は、液晶層 LCを挟みつつ、互いに向かい合う一対の基板をなしている。

[0105] シール材 Sは、硬化性樹脂を含有するシール材組成物の硬化物からなる。シール材組成物は、基本的に、無溶剤系のものが利用される。硬化性樹脂としては、光(例えば、紫外線、可視光等)により硬化する光硬化性、及び/又は熱により硬化する熱硬化性を備える樹脂が利用される。シール材 Sの種類は、液晶材料の注入方法に応じて適宜、選択される。例えば、滴下注入法(ODF法)により、液晶材料を液晶セル C内に注入する場合、硬化性樹脂としては、硬化を仮硬化と本硬化の2段階に分けて制御し易い等の理由により、光硬化性(例えば、可視光硬化性)及び熱硬化性を備えた硬化性樹脂が利用される。このような硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ系樹脂とアクリル系樹脂との混合物からなるもの(商品名「UVAC1561」(ダイセルUCB社製))等が挙げられる。また、真空注入法により、液晶材料を液晶セル C内に注入する場合、硬化性樹脂としては、光硬化性樹脂、又は熱硬化性樹脂が利用される。

[0106] (液晶層 LC (液晶化合物))

液晶層 LC を構成する液晶材料 (液晶化合物) としては、大きな誘電率異方性 ($\Delta \epsilon$) を有する液晶化合物が利用される。例えば、誘電率異方性 ($\Delta \epsilon$) が 10 以上 (1 kHz, 20°C) の液晶化合物が利用される。走査アンテナ用の液晶セル C に使用可能な、極性の高い具体的な液晶化合物としては、例えば、末端に NCS 基 (イソチオシアネート基) を有する下記化学式 (1-1) ~ 化学式 (1-4) で示される液晶化合物が挙げられる。

[0107] [化1]



[0108] 上記化学式 (1-1) ~ 化学式 (1-4) において、 R^1 、 R^2 、 R^3 及び R^4 は、何れも炭素数が 2 ~ 5 の直鎖状のアルキル基 (例えば、エチル基 (C_2H_5)、プロピル基 (C_3H_7)、ブチル基 (C_4H_9)、ペンチル基 (C_5H_{11})) である。また、上記化学式 (1-1) ~ 化学式 (1-4) において、 X^1

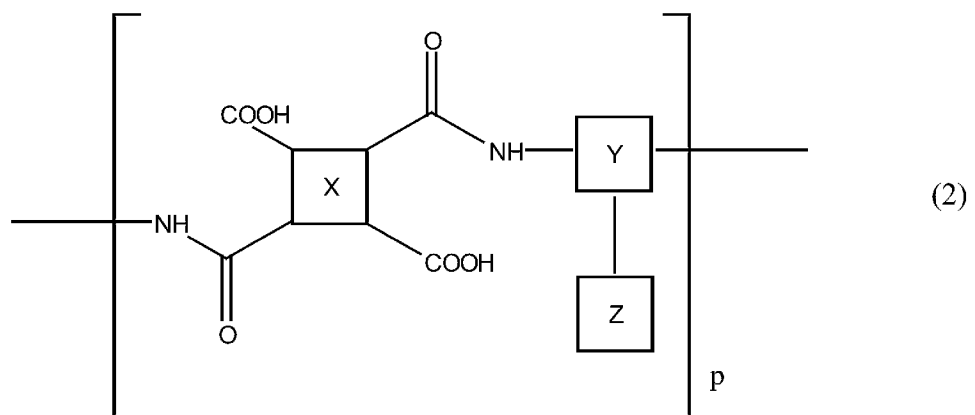
、 X^2 、 X^3 、 X^4 、 X^5 、 X^6 、 X^7 、 X^8 、 X^9 、 X^{10} 、 X^{11} 、 X^{12} 、 X^{13} 、 X^{14} 及び X^{15} は、互いに独立しており、それらは、H（水素原子）、F（フッ素原子）、 CH_3 （メチル基）及びCl（クロロ基）の何れかである。

[0109] 例えば、上記化学式（1－1）～化学式（1－4）で示される液晶化合物を、適宜、組み合わせることで、誘電率異方性（ $\Delta\epsilon$ ）が10以上の液晶組成物を得ることができる。以上のような極性の高い液晶化合物は、例えば、後述する走査アンテナや液晶レンズに好適である。

[0110]（配向膜OM（OM1，OM2））

本実施形態のTFT基板101及びスロット基板201に利用される配向膜OM1，OM2（それらをまとめて「配向膜OM」と表記する場合がある）としては、例えば、下記化学式（2）に示されるポリアミック酸を、適宜、イミド化したものが挙げられる。なお、本実施形態の配向膜OMは、ラビングや光照射による配向処理が施されるものではない。また、本明細書において、TFT基板101が備える配向膜OMを、第1配向膜OM1と称し、スロット基板201が備える配向膜OMを、第2配向膜OM2と称する。

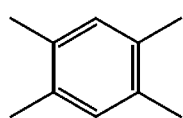
[0111] [化2]



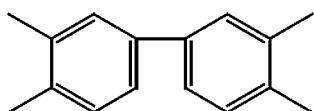
[0112] 上記化学式（2）において、 p は、任意の自然数である。また、化学式（2）において、 X は下記化学式（3－1）～化学式（3－16）で表される構造を有する。

[0113]

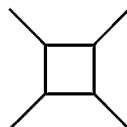
[化3]



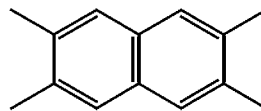
(3-1)



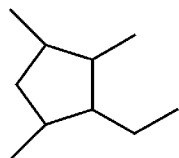
(3-2)



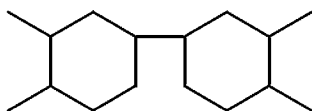
(3-3)



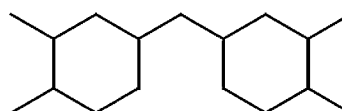
(3-4)



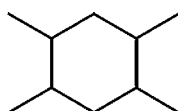
(3-5)



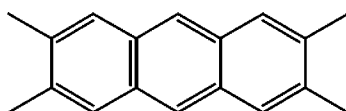
(3-6)



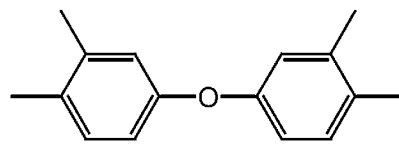
(3-7)



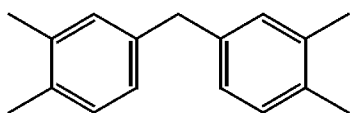
(3-8)



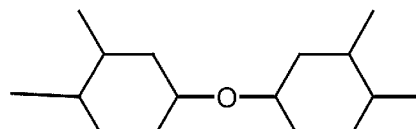
(3-9)



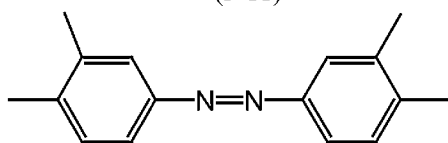
(3-10)



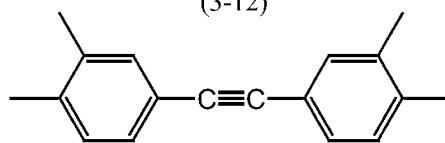
(3-11)



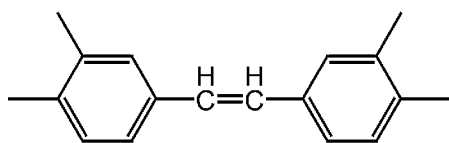
(3-12)



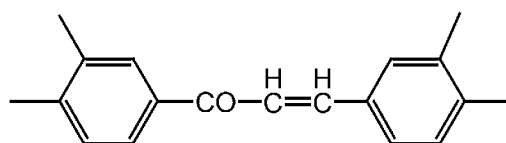
(3-13)



(3-14)



(3-15)

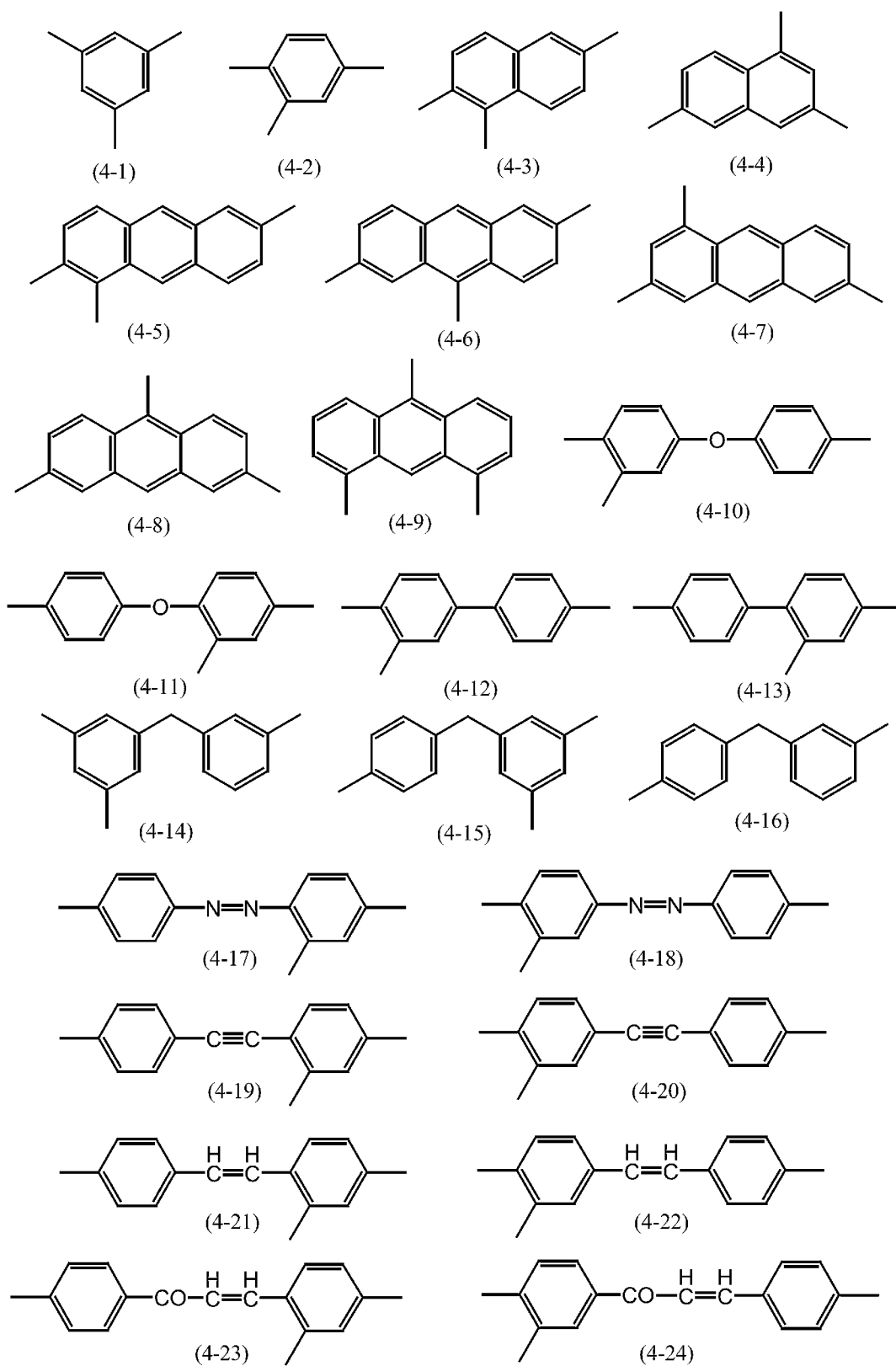


(3-16)

[0114] また、化学式(2)において、Yは下記化学式(4-1)～化学式(4-24)で表される構造を有する。

[0115]

[化4]



[0116] また、化学式（２）において、Ｚは側鎖を表す。Ｚの構造は、本発明の目

的を損なわない限り、特に制限はない。なお、Zは、なくてもよい。化学式（2）において、Zがない場合、上記化学式（4-1）～化学式（4-24）の結合基は、任意の2か所でよい。

[0117] 上記化学式（2）に示されるポリアミック酸のイミド化は、例えば、ポリアミック酸を高温（例えば、200～250℃）で加熱処理することによって行われる。また、例えば、無水酢酸等を脱水剤として使用し、ピリジン等を触媒として用いる化学イミド化法を用いてもよい。

[0118] 配向膜OMを構成するポリイミド系樹脂のイミド化率は、本発明の目的を損なわない限り特に制限はなく、例えば40%以上95%以下が好ましい。

[0119] 配向膜OMは、配向方向が基板面に対して概ね水平な水平配向型の配向膜である。液晶分子のプレチルト角は、1°～20°（好ましくは1°～10°）範囲で制御される。プレチルト角は、応答速度の観点から1°～20°であることが好ましく、そのうえで容量変調を大きくするためには、1°～10°が特に好ましい。

[0120] ポリアミック酸の重合方法は、特に制限はなく、公知の方法を用いることができる。また、ポリアミック酸は、適宜、有機溶剤に溶解されて、流動性を備えた液状又はゾル状の組成物（配向剤）として調製される。

[0121] （配向膜の形成方法）

配向膜OMを形成する際、まず、上記化学式（2）で表されるポリアミック酸を含有する未硬化状態の流動性を備えた配向剤が、プレTFT基板及びプレスロット基板の面上に、塗工機を用いて塗布される（第1塗膜形成工程、及び第2塗膜形成工程）。塗工方法は、特に制限されず、例えば、スピンコーター等が利用される。なお、本明細書において、第1配向膜OM1を形成するために、プレTFT基板上に付与される配向剤を、第1配向剤と称し、第2配向膜OM2を形成するために、プレスロット基板上に付与される配向剤を、第2配向剤と称する。

[0122] 各基板上の塗布物からなる塗膜は、まず、有機溶剤の除去等を目的として仮焼成（例えば、80℃で2分間の加熱処理）され、続いて、ポリアミック

酸のイミド化等を目的として本焼成（例えば、 210°C で10分間の加熱処理）される。本明細書において、PFTF基板上に形成された第1配向剤からなる塗膜を、第1塗膜と称し、プレスロット基板上に形成された第2配向剤からなる塗膜を、第2塗膜と称する。このような加熱処理が前記塗膜（第1塗膜、第2塗膜）に施されると、配向膜OM（第1配向膜OM1，第2配向膜OM2）が得られる。仮焼成、及び本焼成における加熱時間、及び加熱温度は、それぞれ目的に応じて適宜設定される。

[0123] 配向膜OMの厚みは、本発明の目的を損なわない限り、特に制限はないが、例えば、 $10\text{nm}\sim 300\text{nm}$ が好ましい。

[0124] また、配向膜OMを構成する材料としては、本発明の目的を損なわない限り、上記化学式（2）で示されるポリアミック酸以外のポリアミック酸や、アクリル系ポリマー等の他の材料を用いてもよい。

[0125] （配向膜OMの配向特性）

本実施形態の配向膜OMは、ラビングや光照射による配向処理が施されるものではない。このような配向膜OMは、両基板101，201間に電圧が印加されていない状態において、液晶分子が基板面から極角方向に所定角度（例えば、 $1\sim 10^{\circ}$ ）で立ち上がり、かつ全ての方位角方向に配向するように作用する。

[0126] 図9は、配向膜OMの作用を受けて、所定の極角 θ で配向する液晶分子の配向ベクトル n を示す説明図である。なお、図9に示される配向ベクトル n は、液晶層LCを構成する任意の液晶分子のものである。また、図9において、直交座標軸のX軸及びY軸は配向膜OMの面内（基板面）に配され、Z軸は配向膜OMの鉛直上方に配されている。

[0127] 配向ベクトル n の極角 θ は、配向ベクトル n と、 $x-y$ 平面とがなす角であり、液晶分子のプレチルト角を意味する。また、配向ベクトル n の方位角 ϕ は、 $x-y$ 面内に射影した配向ベクトル n とX軸とがなす角である。

[0128] 液晶分子は、配向膜OMの作用を受けて、配向膜OMから少しだけ立ち上がるように所定の極角 θ で傾斜した状態となる。

[0129] 液晶分子の極角 θ （プレチルト角）は、主として、液晶分子と配向膜OMとの間の相互作用で決定される。本実施形態の場合、液晶分子の極角 θ （プレチルト角）は、 1° 以上 10° 以下の範囲に設定される。このような液晶分子の極角 θ は、液晶分子の構造、配向膜の構造、配向膜の厚み等を適宜、設定することで調節可能である。

[0130] また、液晶分子は、全ての方位角方向に束縛がない。そのため、液晶分子の方位角 ϕ は、 0° から 360° の範囲（ $0^\circ \leq \phi < 360^\circ$ ）であれば、何れの値（角度）をとり得る状態となっている。そのため、液晶分子全体としては、極角 θ の方向に所定のプレチルト角が存在した状態で、全ての方位角方向に配向していることになる。

[0131] 液晶分子全体としては、方位角方向の配向分布が、 0° から 360° の範囲（ $0^\circ \leq \phi < 360^\circ$ ）で均等に存在することが理想的である。なお、基板表面の段差や電極形状等の影響により、一部の液晶分子が、意図せずに所定の方位角方向に配向することがあり、厳密には、液晶分子全体の方位角方向の配向分布が 0° から 360° の範囲（ $0^\circ \leq \phi < 360^\circ$ ）で均等ではない場合もあり得る。しかしながら、配向膜OMに対して配向処理（ラビング処理、光配向処理等）を施していなければ、通常、配向膜OMは、液晶分子全体に対して、全ての方位角方向に万遍なく配向するように作用することになる。

[0132] このように本実施形態の配向膜OMは、液晶分子を、所定のプレチルト角で全ての方位角方向に配向させる液晶配向力を備えるものであり、ラビングや光照射等の配向処理によって得られる従来の一軸配向とは大きく異なる。また、配向膜OMの液晶配向力は、光配向で達成される特定の配向方位だけを有する従来のマルチドメイン配向とも大きく異なる。

[0133] 図10は、配向膜OMの作用を受けた液晶分子lc4、lc5、lc6の配向状態を示す説明図である。図10の各液晶分子lc4、lc5、lc6は、配向膜OMからの作用を受けて、所定のプレチルト角が存在した状態で互いに異なる方位角の方向に配向している。図10において、液晶分子lc

4と液晶分子lc5とは、説明の便宜上、方位角が互いに180°異なる方向に配向するように示されている。液晶分子lc4, lc5, lc6は、全ての方位角方向に束縛がないため、液晶分子lc4と液晶分子lc5との間の液晶分子lc6は、液晶配向の連続性の要請より、エネルギー的に縮退している状態をとることが可能となる。そのため、本実施形態では、プレチルト角が0°の液晶分子（上記第3液晶分子）が発生することが抑制され、液晶分子全体の平均的なプレチルト角が上昇し、容量変調の応答速度が速くなる。

[0134] （液晶分子の配向分布）

本明細書では、アンテナ単位Uの100μm×100μmの範囲（正方形の範囲）において、液晶分子の配向度Aが、1～10の範囲であれば、液晶セルC中の液晶分子は、方位角方向における配向分布が0°から360°の範囲（0°≦φ<360°）で均等に存在しているとみなすことができる。配向度Aは、式「 $A = A_1 / A_2$ 」で定義される。

[0135] 上記式中のA1は、フォトマルチプライヤー付きの偏光顕微鏡の透過モード又は反射モードで得られる光強度の最小値（原理的には、液晶の配向ベクトルの存在確率が最も高い方位角における光強度の値）であり、A2は、A1が得られる方位角に45°を足した方位角における光強度の値である。

[0136] 偏光顕微鏡で配向度Aを測定する際、透明部分は透過モードであり、かつクロスニコルの条件で測定することが好ましく、反射電極部分は、反射モードで測定することが望ましい。透過モードや反射モードで測定できない場合（例えば、遮光電極があり、反射しない場合）は、アンテナ単位U以外の遮光されていない部分で測定することで代用する。

[0137] 配向度Aは、好ましくは1～3の範囲であり、1が最も好ましい。配向度Aが1の場合、液晶分子は全方位に配向し、かつランダム配向するため、最も好ましいと言える。配向度Aが1の状態の液晶材料は、シュリーレン組織（schlieren texture）と称される。なお、参考までに、一般的な液晶表示用の液晶セルにおける配向度は、500以上である。

[0138] (液晶分子と電界ベクトルとの関係)

図11は、TF T基板101とスロット基板201との間に電圧が印加されたときの電界ベクトルEの方向を模式的に表した説明図である。TF T基板101のパッチ電極15と、スロット基板201のスロット電極51は、アンテナ単位Uを構成するために所定形状にパターニングされている。このような電極を備えたTF T基板101とスロット電極201との間に電圧（交流電圧）が印加されると、両基板101, 201の間には、基板面に対する角度 θ_1 が 90° 未満である斜め電界が発生する。図11には、斜め電界のベクトル（電界ベクトル）Eの方向が模式的に示されている。つまり、TF T基板101とスロット基板201との間に斜め電界が印加されるように、パッチ電極15及び／又はスロット電極51がパターニングされている。このように、両基板101, 201間に斜め電界が印加されると、液晶分子（ポジ型の液晶分子）に対して所定のプレチルト角を与えるのと同等の効果が得られる。なお、ネガ型の液晶分子の場合は、液晶分子の配置が適宜変更される。電界ベクトルが基板に対して斜めになるためには、電極のパターニング、電極上へのパターニング誘導体の配置等によって達成することができる。

[0139] (実施形態1に係る走査アンテナの製造方法)

先ず、走査アンテナの液晶セルCの製造方法を説明する。なお、液晶セルCのTF T基板101とスロット基板201との間に液晶層LC（液晶材料）を注入する方法としては、例えば、滴下注入法（ODF法）、真空注入法が挙げられる。ここでは、真空注入法を利用した液晶セルCの製造方法について説明する。

[0140] <実施形態1に係る液晶セルの製造方法>

本実施形態の液晶セルCの製造方法は、少なくとも、第1塗膜形成工程、第2塗膜形成工程、第1配向膜形成工程及び第2配向膜形成工程を備える。液晶セルCは、上述したように、液晶層LCを挟みつつ互いに向かい合う一対のTF T基板101及びスロット基板201を有し、複数のアンテナ単位

Uが配列された構成を備える。

- [0141] 第1塗膜形成工程は、誘電体基板（第1誘電体基板）1と、誘電体基板1に支持された複数のTF T 1 0及びTF T 1 0に電氣的に接続された複数のパッチ電極15とを有するプレTF T基板上に、第1配向剤を付与して第1塗膜を形成する工程である。第1配向剤は、例えば、ポリアミック酸等のポリイミド系樹脂を、有機溶剤に溶解させた組成物からなる。
- [0142] 第2塗膜形成工程は、誘電体基板（第2誘電体基板）51と、誘電体基板51に支持された複数のスロット57を含むスロット電極55とを有するプレスロット基板上に、第2配向剤を付与して第2塗膜を形成する工程である。第2配向剤としては、第1配向剤と同種のものが利用される。
- [0143] 第1配向膜形成工程は、第1塗膜を加熱処理してプレTF T基板上に第1配向膜OM1を形成する工程である。前記加熱処理としては、有機溶剤の除去等を目的とする仮焼成、及びそれに続く本焼成が行われる。仮焼成の温度は、例えば、75℃～95℃の範囲に設定され、仮焼成の時間は、例えば、0.5分～5分の範囲に設定される。また、本焼成の温度は、例えば、190℃～230℃の範囲に設定され、本焼成の時間は、例えば、5分～15分の範囲に設定される。本焼成は、塗膜の硬化等を目的として（特に、第1塗膜がポリアミック酸を含む場合、イミド化等を目的として）行われる。なお、プレTF T基板上に第1配向膜OM1が形成されると、TF T基板101が得られる。第1配向膜形成工程を経て形成された第1配向膜OM1は、液晶層LCを構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させる機能を備える。また、第1配向膜OM1は、ラビング配向処理又は光配向処理が施されたものではない。
- [0144] 第2配向膜形成工程は、第2塗膜を加熱処理してプレスロット基板上に、第2配向膜OM2を形成する工程である。第2配向膜形成工程における加熱処理は、基本的に、前記第1配向膜形成工程における加熱処理と同じでよい。なお、プレスロット基板上に第2配向膜OM2が形成されると、スロット基板201が得られる。第2配向膜形成工程を経て形成された第2配向膜O

M2は、液晶層LCを構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させる機能を備える。また、第2配向膜OM2は、ラビング配向処理又は光配向処理が施されたものではない。

[0145] 上記のようにして得られたTF T基板101及びスロット基板201の何れか一方の基板（ここでは、TF T基板101とする）上に、真空注入法用のシール材組成物がシール版等を利用して付与される。シール材組成物は、例えば、熱硬化型のエポキシ樹脂等を含むものからなる。

[0146] 次に、前記基板上のシール材組成物が加熱されて仮硬化される。その後、仮硬化後のシール材組成物を挟む形で、前記基板（TF T基板101）と他方の基板（スロット基板201）とが貼り合わされる。その後、シール材組成物が加熱されて本硬化されてシール材を介してTF T基板101及びスロット基板201が互いに貼り合わされてなる空セルが形成される。

[0147] 続いて、真空中注入法により、減圧下において、前記シール材の一部に設けられた注入口から液晶材料が空セル内に注入される。その後、常圧下において、前記注入口を塞ぐように、熱硬化性又は光硬化性の封止材組成物が付与される。そして、封止材組成物が熱又は光（紫外線等）により硬化されて、封止材組成物が封止部となる。このように真空中注入法を利用して、液晶セルC内に液晶材料を注入することができる。

[0148] 液晶セルC内に液晶材料が注入された後、液晶材料は、所定の条件（温度、時間）で加熱処理される。液晶材料の加熱処理の温度は、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）以上の温度であってもよいし、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）よりも低い温度であってもよい。このように液晶材料が加熱処理されると、液晶セルCが得られる。

[0149] 上記のように液晶セルCを製造した後、適宜、スロット基板201（第2誘電体基板51）の外側の主面に、誘電体（空気層）54を介して対向するように反射導電板65が前記セル側に組み付けられる。このような工程を経て、本実施形態の走査アンテナが製造される。

[0150] 〔実施形態2〕

次いで、図12を参照しつつ、本発明の実施形態2に係る走査アンテナ1000Aについて説明する。図12は、実施形態2に係る走査アンテナ1000Aの一部を模式的に表した断面図である。本実施形態の走査アンテナ1000Aは、TF T基板101Aと、スロット基板201Aと、それらの間に配される液晶層LCとを有する液晶セルCAを備えている。TF T基板101A及びスロット基板201Aは、共に実施形態1のような配向膜は備えておらず、代わりに親水面P1、P2を備えている。なお、走査アンテナ1000Aの基本的な構成（親水面P1、P2以外の構成）は、実施形態1と同じであり、説明を省略する。図12において、実施形態1と同じ構成については、実施形態1と同じ符号を付した。なお、親水面P1が形成される前の状態のTF T基板101Aを、プレTF T基板と称し、親水面P2が形成される前の状態のスロット基板201Aを、プレスロット基板と称する。プレTF T基板は、実施形態1のTF T基板101から配向膜OM1を除いたものであり、プレスロット基板は、実施形態1のスロット基板201から配向膜OM2を除いたものである。なお、本明細書において、TF T基板101が備える親水面P1を、第1親水面P1と称し、スロット基板201が備える親水面P2を、第2親水面P2と称する場合がある。

[0151]（親水面P1、P2の形成方法）

親水面P1、P2は、プレTF T基板及びプレスロット基板の各表面（液晶層LC側）に、アルカリ性の水溶液（アルカリ希釈溶液）を接触させて、プレTF T基板及びスロット基板の表面がそれぞれ親水化されたものからなる。使用するアルカリ物質としては、例えば、水酸化ナトリウムが挙げられる。アルカリ希釈溶液中のアルカリ濃度は、本発明の目的を損なわない限り、特に制限はないが、例えば、0.1～10質量％に設定される。具体的な、アルカリ希釈溶液としては、例えば、水酸化ナトリウム水溶液（NaOHの濃度：0.1～10量％）が挙げられる。なお、本明細書において、第1親水面P1を形成するために利用されるアルカリ希釈溶液を、第1アルカリ希釈溶液と称し、第2親水面P2を形成するために利用されるアルカリ希釈

溶液を、第2アルカリ希釈溶液と称する場合がある。

[0152] アルカリ希釈水溶液は、プレTFT基板の表面、プレスロット基板の表面に、公知の付与方法を利用して付与される。プレTFT基板、及びプレスロット基板に、アルカリ希釈水溶液を付与した後、必要に応じて、プレTFT基板の表面、プレスロット基板の表面を水（純水）で洗浄してもよい。

[0153] プレTFT基板の表面に親水面（第1親水面）P1が形成されるとTFT基板101Aが得られ、プレスロット基板の表面に親水面（第2親水面）P2が形成されるとスロット基板201Aが得られる。スロット基板101AとTFT基板201Aとを用いて、基本的に、実施形態1と同様の方法で、液晶セルCAを製造することができる。

[0154] （実施形態2に係る液晶セルの製造方法）

ここで、実施形態2に係る液晶セルCAの製造方法を説明する。なお、液晶セルCAのTFT基板101Aとスロット基板201Aとの間に液晶層LC（液晶材料）を注入する方法としては、実施形態1と同様、例えば、滴下注入法（ODF法）、真空注入法が挙げられる。ここでは、真空注入法を利用した液晶セルCAの製造方法について説明する。

[0155] 本実施形態の液晶セルCAの製造方法は、少なくとも、第1親水面形成工程、及び第2親水面形成工程を備える。液晶セルCAは、上述したように、液晶層LCを挟みつつ互いに向かい合う一対のTFT基板101A及びスロット基板201Aを有し、複数のアンテナ単位Uが配列された構成を備える。

[0156] 第1親水面形成工程は、誘電体基板（第1誘電体基板）1と、誘電体基板1に支持された複数のTFT10及びTFT10に電氣的に接続された複数のパッチ電極15とを有するプレTFT基板上に、第1アルカリ希釈溶液を付与して第1親水面P1を形成する工程である。第1アルカリ希釈溶液としては、上述した水酸化ナトリウム水溶液等が利用される。なお、第1親水面形成工程において、第1アルカリ希釈溶液を付与した後、プレTFT基板における第1アルカリ希釈溶液が付与された面を、水（例えば、純水）で洗浄

することが好ましい。このように、水で洗浄することで、第1親水面P1を維持しつつ、パッチ電極15等の腐食を抑制することができる。第1親水面形成工程を経て形成された第1親水面P1は、後述するように、液晶層LCを構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させる機能を備える。

[0157] 第2親水面形成工程は、誘電体基板（第2誘電体基板）51と、誘電体基板51に支持された複数のスロット57を含むスロット電極55とを有するプレスロット基板上に、第2アルカリ希釈溶液を付与して第2親水面P2を形成する工程である。第2アルカリ希釈溶液としては、第1アルカリ希釈溶液と同種のものが利用される。なお、第2親水面形成工程において、第2アルカリ希釈溶液を付与した後、プレスロット基板における第2アルカリ希釈溶液が付与された面を、水（例えば、純水）で洗浄することが好ましい。このように、水で洗浄することで、第2親水面P2を維持しつつ、スロット電極55等の腐食を抑制することができる。第2親水面形成工程を経て形成された第2親水面P2は、後述するように、液晶層LCを構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させる機能を備える。

[0158] なお、本実施形態の液晶セルCAの製造方法においても、液晶セルCA内に液晶材料が注入された後、液晶材料は、所定の条件（温度、時間）で加熱処理される。その際の加熱処理の温度は、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）以上の温度であってもよいし、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）よりも低い温度であってもよい。

[0159] このように、液晶セルCAのTFT基板101A及びスロット基板201Aがそれぞれ第1親水面P1及び第2親水面P2を備えていると、各親水面P1、P2に形成された親水基が、液晶分子が有する親水基、及び疎水基に作用し、その作用を受けた液晶分子が、実施形態1と同様、両基板101A、201A間に電圧が印加されていない状態において、所定のプレチルト角（例えば、 $1^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ）を備えつつ、全ての方位角方向に万遍なく配向することになる。

[0160] また、上記実施形態1と同様、アンテナ単位Uの $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$

の範囲（正方形の範囲）において、液晶分子の配向度 A が、 $1 \sim 10$ の範囲であれば、液晶セル CA 中の液晶分子は、方位角方向における配向分布が 0° から 360° の範囲（ $0^\circ \leq \phi < 360^\circ$ ）で均等に存在しているとみなすことができる。配向度 A の測定方法、好ましい範囲等は、実施形態 1 と同様である。

[0161] なお、液晶分子を全ての方位角方向に万遍なく配向し易い（配向度 A を $1 \sim 10$ と調節し易い）等の観点より、液晶材料の加熱処理温度は、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）よりも低い温度であることが好ましい。

[0162] このような本実施形態の液晶セル CA でも、プレチルト角が 0° の液晶分子（上記第 3 液晶分子）が発生することが抑制され、液晶分子全体の平均的なプレチルト角が上昇し、容量変調の応答速度が速くなる。

[0163] また、上記のように液晶セル CA を製造した後、実施形態 1 と同様、適宜、スロット基板 $201A$ （第 2 誘電体基板 51 ）の外側の主面に、誘電体（空気層） 54 を介して対向するように反射導電板 65 が前記セル側に組み付けられる。このような工程を経て、本実施形態の走査アンテナが製造される。

[0164] [実施形態 3]

次いで、図 13 を参照しつつ、本発明の実施形態 3 に係る走査アンテナ B について説明する。図 13 は、実施形態 3 に係る走査アンテナ $1000B$ の一部を模式的に表した断面図である。本実施形態の走査アンテナ $1000B$ は、 TFE 基板 $101B$ と、スロット基板 $201B$ と、それらの間に配される液晶層 LCB とを有する液晶セル CB を備えている。本実施形態の液晶層 LCB を構成する液晶材料は、製造過程において、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）よりも低い温度で加熱処理されたものからなる。このような液晶材料は、液晶セル CB の製造過程において、液晶セル CB （空セル）内に注入される際に生じた液晶材料の流れに対応した配向（流動配向）を示すことになる。また、 TFE 基板 $101B$ の配向膜 $OM11$ 及びスロット基板 $201B$ の配向膜 $OM12$ は、基本的に、上記実施形態 1 と同じ材料から

構成される。なお、本実施形態の場合、実施形態 1 とは異なり、各配向膜 OM 1 1, OM 1 2 に対して、ラビング処理や光配向処理等の配向処理が施されているとしてもよい。その他の走査アンテナ 1 0 0 0 A の基本的な構成は、実施形態 1 と同じであり、説明を省略する。図 1 3 において、実施形態 1 と同じ構成については、実施形態 1 と同じ符号を付した。

[0165] 本実施形態の TFT 基板 1 0 1 B 及びスロット基板 2 0 1 B は、配向膜 OM 1 1, 1 2 に対して、配向処理が施されていること以外は、上記実施形態 1 の TFT 基板 1 0 1 及びスロット基板 2 0 1 と同じ構成である。なお、本実施形態において、配向膜 OM 1 1, 1 2 を施すことは必須ではなく、実施形態 1 と同様、配向処理を施さなくてもよい。このような TFT 基板 1 0 1 B とスロット基板 2 0 1 B との間に液晶層 LC B (液晶材料) を注入する方法としては、上記実施形態 1 と同様、例えば、滴下注入法 (ODF 法)、真空注入法が挙げられる。ここでは、真空注入法を利用した液晶セル CB の製造方法について説明する。

[0166] (実施形態 3 に係る液晶セルの製造方法)

ここで、実施形態 3 に係る液晶セル CB の製造方法を説明する。なお、本実施形態では、液晶セル CB の TFT 基板 1 0 1 B とスロット基板 2 0 1 B との間に液晶層 LC B (液晶材料) を注入する方法として、真空注入法が利用される。

[0167] 本実施形態の液晶セル CB の製造方法は、少なくとも、貼合工程、及び流動配向工程を備える。液晶セル CB は、液晶層 LC B を挟みつつ互いに向かい合う一対の TFT 基板 1 0 1 B 及びスロット基板 2 0 1 B を有し、複数のアンテナ単位 U が配列された構成を備える。

[0168] 貼合工程は、TFT 基板 1 0 1 B とスロット基板 2 0 1 B とを、シール材を介して互いに貼り合わせて、TFT 基板 1 0 1 B とスロット基板 2 0 1 B の間に液晶層 LC B が介在されていない空セルを形成する工程である。TFT 基板 1 0 1 B 及びスロット基板 2 0 1 B は、基本的に実施形態 1 の TFT 基板 1 0 1 及びスロット基板 2 0 1 と同様の製造方法で製造される。

- [0169] 貼合工程において、T F T基板101B及びスロット基板201Bの何れか一方の基板（ここでは、T F T基板101Bとする）上に、実施形態1と同様、真空注入法用のシール材組成物がシール版等を利用して付与される。
- [0170] 次に、前記基板上のシール材組成物が加熱されて仮硬化される。その後、仮硬化後のシール材組成物を挟む形で、前記基板（T F T基板101B）と他方の基板（スロット基板201B）とが貼り合わされる。その後、シール材組成物が加熱されて本硬化されてシール材を介してT F T基板101B及びスロット基板201Bが互いに貼り合わされてなる空セルが形成される。
- [0171] 流動配向工程は、空セルのT F T基板101Bとスロット基板201Bとの間に、真空注入法により液晶層を構成する液晶材料を注入し、その注入時の流れを利用して液晶材料を流動配向させる工程である。
- [0172] 図14は、真空注入法により、空セル300内に液晶材料（液晶層）LCBが注入される様子を模式的に表した説明図である。図14に示されるように、真空中注入法により、減圧下において、シール材Sの一部に設けられた注入口s1から液晶材料（液晶層）LCBが空セル300内に注入される。なお、説明の便宜上、図14では、空セル300のスロット基板201Bは省略されている。
- [0173] その後、常圧下において、注入口s1を塞ぐように、熱硬化性又は光硬化性の封止材組成物が付与される。そして、封止材組成物が熱又は光（紫外線等）により硬化されて、封止材組成物が封止部となる。このように真空中注入法を利用して、液晶セルCB内に液晶材料を注入することができる。
- [0174] ところで、上記のように空セル300内に注入された液晶材料は、T F T基板101Bの配向膜OM11と、スロット基板201Bの配向膜OM12との間において面状に広がるように流動し、最終的にそれらの間を隙間なく充填するように流動する。このように液晶材料が流動すると、最終的に得られる液晶セルCBにおいて、液晶分子は、上記実施形態1と同様、両基板101B、201B間に電圧が印加されていない状態において、所定のプレチ

ルト角（例えば、 $1^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ）を備えつつ、全ての方位角方向に万遍なく配向する流動配向となる。

[0175] 上記のように液晶セルCB内に液晶材料が注入された後、本実施形態では、液晶材料（液晶層LCB）を、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）よりも低い温度条件で、加熱処理する必要がある（加熱処理工程）。ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）以上の温度で、液晶材料を加熱処理すると、液晶材料（液晶分子）の流動配向は解消され、配向処理された配向膜OM11、OM12から作用を受けた液晶分子が、所定の方位角方向に沿って配向することになる。

[0176] なお、本実施形態においても、上記実施形態1と同様、アンテナ単位Uの $100\mu m \times 100\mu m$ の範囲（正方形の範囲）において、液晶分子の配向度Aが、 $1 \sim 10$ の範囲であれば、液晶セルCB中の液晶分子は、方位角方向における配向分布が 0° から 360° の範囲（ $0^{\circ} \leq \phi < 360^{\circ}$ ）で均等に存在しているとみなすことができる。配向度Aの測定方法、好ましい範囲等は、実施形態1と同様である。

[0177] このような本実施形態の液晶セルCBでも、プレチルト角が 0° の液晶分子（上記第3液晶分子）が発生することが抑制され、液晶分子全体の平均的なプレチルト角が上昇し、容量変調の応答速度が速くなる。

[0178] また、上記のように液晶セルCBを製造した後、実施形態1と同様、適宜、スロット基板201B（第2誘電体基板51）の外側の主面に、誘電体（空気層）54を介して対向するように反射導電板65が前記セル側に組み付けられる。このような工程を経て、本実施形態の走査アンテナが製造される。

[0179] 本実施形態では、真空注入法により液晶材料を流動配向させたが、他の実施形態においては、滴下注入法（ODF法）により液晶材料を流動配向させてもよい。ただし、シール硬化光による液晶分子へのダメージとそれに伴う電圧保持率低下を考慮した場合、真空注入法が好ましい。

[0180] （滴下注入法を利用した液晶セルの製造方法）

ここで、滴下注入法を利用した流動配向工程を備える液晶セルの製造方法について説明する。この液晶セルの製造方法は、描画工程、流動配向工程、及び貼合工程を備える。

[0181] 描画工程は、TFT基板及びスロット基板のうちの何れか一方の基板上に、枠状にシール材を描画する工程である。流動配向工程は、シール材が描画された一方の基板上に、滴下注入法により液晶層を構成する液晶材料を滴下し、その滴下された液晶材料が基板上で拡がる際の流れを利用して液晶材料を流動配向させる工程である。貼合工程は、シール材が描画された一方の基板と、その他方の基板とを、流動配向した液晶材料を挟みつつシール材を介して互いに貼り合わせる工程である。

[0182] 滴下注入法により供給された液晶材料が前記基板上で拡がるように流動することで、最終的に得られる液晶セルにおいて、液晶分子は、上記実施形態1と同様、TFT基板及びスロット基板の間に電圧が印加されていない状態において、所定のプレチルト角（例えば、 $1^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ）を備えつつ、全ての方位角方向に万遍なく配向する流動配向となる。

[0183] なお、液晶材料が注入された後、液晶材料（液晶層）は、上記真空注入法を利用した場合と同様、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）よりも低い温度条件で、加熱処理する必要がある（加熱処理工程）。

[0184] 上記のように滴下注入法を利用して液晶セルを製造した後、実施形態1と同様、適宜、スロット基板（第2誘電体基板）の外側の主面に、誘電体（空気層）を介して対向するように反射導電板が前記セル側に組み付けられる。このような工程を経て走査アンテナが製造される。

[0185] [その他の実施形態]

上記実施形態以外に、液晶セルの配向膜を、液晶材料（液晶分子）の相関長以下で光配向処理することで、実施形態1と同様、液晶分子を、所定のプレチルト角（例えば、 $1^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ）で、全ての方位角方向に万遍なく配向させることができる。このような液晶セルでも、プレチルト角が 0° の液晶分子（上記第3液晶分子）が発生することが抑制され、液晶分子全体の平均

的なプレチルト角が上昇し、容量変調の応答速度が速くなる。

実施例

[0186] 以下、実施例に基づいて本発明を更に詳細に説明する。なお、本発明はこれらの実施例により何ら限定されるものではない。

[0187] 〔実施例 1〕

（走査アンテナ用の液晶セルの作製）

上述した走査アンテナ 1000 の液晶セル C が備える TFT 基板 101 と基本的な構成が同じである TFT 基板と、同じく液晶セル C が備えるスロット基板 201 と基本的な構成が同じであるスロット基板とをそれぞれ用意した。TFT 基板の配向膜（第 1 配向膜）、及びスロット基板の配向膜（第 2 配向膜）は、共にポリイミド系配向剤（第 1 配向剤、第 2 配向剤）を利用して形成した。

[0188] ポリイミド系配向剤は、ポリアミック酸（上記化学式（2）参照）と、有機溶剤とを混合した液状の組成物からなる。

[0189] TFT 基板及びスロット基板にそれぞれ配向膜を形成する際、先ず、前記配向剤を、スピンコーターを利用して各基板（プレ TFT 基板及びプレスロット基板）上に塗布し、各基板上に前記配向剤からなる塗膜（第 1 塗膜、第 2 塗膜）をそれぞれ形成した（第 1 塗膜形成工程、第 2 塗膜形成工程）。次いで、各基板上の塗膜を 70℃ で 5 分間加熱し、続けて更に 200℃ で 10 分間加熱して、塗膜中の溶剤の除去、ポリアミック酸のイミド化等を行った。このようにして、TFT 基板及びスロット基板の各表面に、それぞれ前記配向剤からなる配向膜が形成された（第 1 配向膜形成工程、第 2 配向膜形成工程）。なお、各基板上の配向膜に対して、従来の配向処理（ラビング処理、光配向処理）は施されていない。

[0190] なお、配向膜が形成された TFT 基板及びスロット基板には、後述する評価試験において、これらの基板間の電圧保持率（VHR）を測定するための測定電極がそれぞれ形成されている。測定電極は、透明導電膜（ITO）からなり、各基板の液晶層側の表面（配向膜の下側）にそれぞれ形成されてい

る。測定電極の平面視した際の面積は、 1 cm^2 であり、互いに対向するように各基板に設けられている。

[0191] TFT基板の表面（液晶層側、配向膜側）に、熱硬化型シール材（商品名「HC-1413FP」、三井化学株式会社製）を、シールディスペンサーを用いて枠状に描画し、その後、前記シール材を挟むようにTFT基板とスロット基板とを前記シール材を介して貼り合わせ、 130°C で40分間加熱することで、液晶材料が封入されていない空セルを作製した。そして、その空セル内に、真空注入法で、枠状の熱硬化型シール材の一部に設けられている注入口を利用して、液晶材料（ $\Delta\epsilon = 20$ 、 1 kHz 、 20°C 、 $T_{ni} = 120^\circ\text{C}$ ）を封入した。なお、注入口は、封止材（商品名「TB3026E」、株式会社スリーボンド製）を利用して封止した。

[0192] その後、液晶材料を封入したセルを、 110°C （液晶材料の T_{ni} よりも低い温度）で20分間加熱することで、液晶分子の加熱処理を行い、液晶分子が基板面に対して所定のプレチルト角で立ち上がり、かつ液晶分子が基板面内において全方位に配向した水平配向型の液晶セルを得た。

[0193] なお、両基板は、電極がパターンニングされており、両基板間に斜め電界が印加されるように設計されている。

[0194] [評価：応答時間の測定]

実施例1の液晶セルについて、測定電極を利用して、以下に示される方法で、容量変調の応答時間を測定した。任意波形発生器として、製品名「AG1200」（横河電機株式会社製）、オシロスコープとして、製品名「TDS3034」（テクトロニクス社製（株式会社TFF製））、及び電圧増幅器として、製品名「high speed power amplifier 4055」（エヌエフエレクトロニクスインスツルメンツ社製）を使用して、実施例1の液晶セルの電圧応答波形を測定した。印加電圧は、 10 kHz 、 34 Vpp 、三角波である。この三角波を印加中の $V = 0$ における電流 I は、 $I = dV/dt \cdot C$ の式より導かれる（ dV/dt ：電極間の電位差の時間微分、 C ：電極間の電気容量）。これにより求められる容量 C の時間依存プロットにより、以下のよう

に定義される容量変調の応答時間を測定した。応答時間は、電圧を印加して 16.67 ms（ミリ秒）後の容量Cの値の95%に到達する時間と定義した。

[0195] 測定の結果、実施例1の液晶セルの応答時間は、1.5 ms（ミリ秒）であり、後述の比較例1の液晶セルと比べて、応答速度が速いことが確かめられた。なお、実施例1の液晶セルの配向度は、1であった。

[0196] 実施例1の液晶セルでは、液晶分子が全ての方位角方向において束縛がないため、液晶配向の連続性の要請より、液晶分子はエネルギー的に縮退した状態で存在することができる（図10の液晶分子1c6参照）。そのため、実施例1では、プレチルト角が0°の液晶分子（上記第3液晶分子）が発生することが抑制され、液晶分子全体の平均的なプレチルト角が上昇し、容量変調の応答速度が速くなったと推測される。

[0197] [比較例1]

実施例1と同様、上記液晶セルCが備えるTF T基板101と基本的な構成が同じであるTF T基板と、同じく液晶セルCが備えるスロット基板201と基本的な構成が同じであるスロット基板とをそれぞれ用意した。TF T基板の配向膜、及びスロット基板の配向膜は、共にポリイミド系配向剤を利用して形成した。

[0198] ポリイミド系配向剤は、光反応性官能基としてアゾベンゼン構造を含むポリアミック酸（上記化学式（2）参照）と、有機溶剤とを混合した液状の組成物からなる。

[0199] 実施例1と同様、前記配向剤を、スピンコーターを利用して各基板上に塗布し、各基板上に前記配向剤からなる塗膜をそれぞれ形成した。次いで、各基板上の塗膜を、70℃で5分間加熱し、続けて更に220℃で40分間加熱して、塗膜中の溶剤の除去、ポリアミック酸のイミド化等を行った。その後、偏光紫外光（波長：365 nm）を5 J/cm²の条件で、各基板上の塗膜に垂直方向から照射する光配向処理を行った。

[0200] なお、比較例1のTF T基板及びスロット基板にも、実施例1と同様の測

定電極が形成されている。

[0201] T F T基板の表面（液晶層側、配向膜側）に、実施例1と同様、熱硬化型シール材を、シールディスペンサーを用いて枠状に描画し、その後、前記シール材を挟むようにT F T基板とスロット基板とを前記シール材を介して貼り合わせ、130℃で40分間加熱することで、液晶材料が封入されていない空セルを作製した。そして、その空セル内に、実施例1と同様、真空注入法で、枠状の熱硬化型シール材の一部に設けられている注入口を利用して、実施例1と同様の液晶材料（ $\Delta \varepsilon = 20$ 、1 kHz、20℃、 $T_{ni} = 120^\circ\text{C}$ ）を封入した。なお、注入口は、実施例1と同様の封止材を利用して封止した。

[0202] その後、液晶材料を封入したセルを、130℃（液晶材料の T_{ni} よりも高い温度）で20分間加熱することで、液晶分子の加熱処理を行い、所定の方位角方向に沿って一軸配向した水平配向型の液晶セルを得た。

[0203] [評価：応答時間の測定]

比較例1の液晶セルについて、実施例1と同様の方法で、容量変調の応答時間を測定した。その結果、比較例1の液晶セルの応答時間は、1.9 ms（ミリ秒）であった。なお、比較例1の液晶セルの配向度は、1000であった。

[0204] 比較例1の液晶セルでは、液晶分子が配向膜の作用を受けて、所定の方位角方向に沿って配向するため、プレチルト角が0°の液晶分子（図15の第3液晶分子1c3参照）が発生し、液晶分子全体のプレチルト角が、実施例1と比べて、小さくなっていると推測される。そのため、比較例1の液晶セルの応答速度は遅くなったと推測される。

[0205] [実施例2]

上述した走査アンテナ1000Aの液晶セルCAが備える、配向膜を備えていないT F T基板101Aと基本的な構成が同じであるT F T基板と、同じく液晶セルCAが備える、配向膜を備えていないスロット基板201Aと基本的な構成が同じであるスロット基板とをそれぞれ用意した。

[0206] 各基板の表面（液晶層側）は、水酸化ナトリウム希釈水溶液（ NaOH の濃度：2 wt %）と純水で洗浄することで、親水化されて親水面（第1親水面、第2親水面）が形成される（第1親水面形成工程、第2親水面形成工程）。各基板の表面には、ポリイミド系樹脂等の有機材料からなる配向膜は、形成されていない。

[0207] なお、実施例2のTF T基板及びスロット基板にも、実施例1と同様の測定電極が形成されている。

[0208] TF T基板の表面（液晶層側）に、実施例1と同様、熱硬化型シール材を、シールディスペンサーを用いて枠状に描画し、その後、前記シール材を挟むようにTF T基板とスロット基板とを前記シール材を介して貼り合わせ、130℃で40分間加熱することで、液晶材料が封入されていない空セルを作製した。そして、その空セル内に、実施例1と同様、真空注入法で、枠状の熱硬化型シール材の一部に設けられている注入口を利用して、実施例1と同様の液晶材料（ $\Delta\epsilon = 20$ 、1 kHz、20℃、 $T_{ni} = 120^\circ\text{C}$ ）を封入した。なお、注入口は、実施例1と同様の封止材を利用して封止した。

[0209] その後、液晶材料を封入したセルを、110℃（液晶材料の T_{ni} よりも低い温度）で20分間加熱することで、液晶分子の加熱処理を行い、液晶分子が基板面に対して所定のプレチルト角で立ち上がり、かつ液晶分子が基板面内において全方位に配向した水平配向型の液晶セルを得た。

[0210] 〔評価：応答時間の測定〕

実施例2の液晶セルについて、実施例1と同様の方法で、容量変調の応答時間を測定した。その結果、実施例2の液晶セルの応答時間は、1.5 ms（ミリ秒）であった。これにより、実施例2の方が、上記比較例1と比べて、応答時間が短く、応答速度が速いことが確かめられた。なお、実施例2の液晶セルの配向度は、1であった。

[0211] 実施例2のように、液晶セルに配向膜が形成されていなくても、その代わりに各基板の表面に、親水化処理されてなる親水面が形成されていると、液晶分子を、基板面内において全方位に配向させることができる。

[0212] 〔実施例3〕

上述した液晶セルCBが備えるTF T基板101Bと基本的な構成が同じであるTF T基板と、同じく液晶セルCBが備えるスロット基板201Bと基本的な構成が同じであるスロット基板とをそれぞれ用意した。TF T基板の配向膜、及びスロット基板の配向膜は、共に比較例1で利用した、光反応性官能基としてアゾベンゼン構造を含むポリアミック酸を含むポリイミド系配向剤を利用して形成した。

[0213] 実施例1と同様、前記配向剤を、スピンコーターを利用して各基板（プレTF T基板、プレスロット基板）上に塗布し、各基板上に前記配向剤からなる塗膜をそれぞれ形成した。次いで、各基板上の塗膜を、70℃で5分間加熱し、続けて更に220℃で40分間加熱して、塗膜中の溶剤の除去、ポリアミック酸のイミド化等を行った。その後、偏光紫外光（波長：365nm）を1J/cm²の条件（比較例1よりも弱い条件）で、各基板上の塗膜に垂直方向から照射する光配向処理を行った。

[0214] なお、実施例3のTF T基板及びスロット基板にも、実施例1と同様の測定電極が形成されている。

[0215] TF T基板の表面（液晶層側）に、実施例1と同様、熱硬化型シール材を、シールディスペンサーを用いて枠状に描画し、その後、前記シール材を挟むようにTF T基板とスロット基板とを前記シール材を介して貼り合わせ、130℃で40分間加熱することで、液晶材料が封入されていない空セルを作製した（貼合工程）。そして、その空セル内に、実施例1と同様、真空注入法で、枠状の熱硬化型シール材の一部に設けられている注入口を利用して、実施例1と同様の液晶材料（ $\Delta\epsilon = 20$ 、1kHz、20℃、 $T_{ni} = 120^\circ\text{C}$ ）を封入した（流動配向工程）。なお、注入口は、実施例1と同様の封止材を利用して封止した。

[0216] その後、液晶材料を封入したセルを、110℃（液晶材料の T_{ni} よりも低い温度）で20分間加熱することで、液晶材料の加熱処理を行い、液晶材料を構成する液晶分子が基板面に対して所定のプレチルト角で立ち上がり、

かつ液晶分子が基板面内において全方位に配向した水平配向型の液晶セルを得た。

[0217] 〔評価：応答時間の測定〕

実施例 3 の液晶セルについて、実施例 1 と同様の方法で、容量変調の応答時間を測定した。その結果、実施例 3 の液晶セルの応答時間は、 1.6 ms （ミリ秒）であった。これにより、実施例 3 の方が、上記比較例 1 と比べて、応答時間が短く、応答速度が速いことが確かめられた。なお、実施例 3 の液晶セルの配向度は、 10 であった。

[0218] 実施例 3 のように、配向膜に対して本来、行う必要のない配向処理を行ったとしても、その処理条件が弱い、若しくは配向膜の厚みが薄い等の理由で、配向膜の配向規制力が不十分な場合であれば、液晶材料が、ネマティックー等方相転移温度（ T_{ni} ）以上の温度で加熱されない限り、液晶材料の流動配向が維持される。液晶材料の流動配向は、液晶材料を空セルの中に注入する際に液晶材料が流動的に広がることで形成される、液晶材料（液晶分子）の配向状態である。このように流動配向した液晶材料では、各液晶分子が基板面に対して所定のプレチルト角で立ち上がり、かつ各液晶分子が基板面内において全方位に配向した状態となる。

[0219] なお、実施例 3 では、配向処理として光配向処理を行ったが、仮に配向膜に対してラビングによる配向処理を行ったとしても、配向膜の配向規制力が弱ければ、液晶材料が流動配向を維持できれば、各液晶分子が基板面に対して所定のプレチルト角で立ち上がり、かつ各液晶分子が基板面内において全方位に配向した状態となる。

符号の説明

[0220] 1…誘電体基板（第 1 誘電体基板）、3…ゲート電極、4…ゲート絶縁層、5…半導体層、6D…ドレインコンタクト層、6S…ソースコンタクト層、7D…ドレイン電極、7S…ソース電極、10…TFT、11…第 1 絶縁層、15…パッチ電極、17…第 2 絶縁層、51…誘電体基板（第 2 誘電体基板）、55…スロット電極、55L…下層、55M…主層、55U…上層

、 57…スロット、57U…スロット電極単位、58…第3絶縁層、70…給電装置、72…給電ピン、101, 101A…TFT基板、201, 201A…スロット基板、1000…走査アンテナ、U…アンテナ単位（アンテナ単位領域）、CH1…コンタクトホール、LC…液晶層、C, CA…液晶セル、GD…ゲートドライバ、GL…ゲートバスライン、GT…ゲート端子部、SD…ソースドライバ、SL…ソースバスライン、ST…ソース端子部、PT…トランスファァ端子部、R1…送受信領域、R2…非送受信領域、Rs…シール領域、S…シール材、OM, OM1, OM2…配向膜、P1, P2…親水面

請求の範囲

[請求項1] 液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のＴＦＴ基板及びスロット基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、

第１誘電体基板と、前記第１誘電体基板に支持された複数のＴＦＴ及び前記ＴＦＴに電氣的に接続された複数のパッチ電極とを有するプレＴＦＴ基板上に、第１配向剤を付与して第１塗膜を形成する第１塗膜形成工程と、

第２誘電体基板と、前記第２誘電体基板に支持された複数のスロットを含むスロット電極とを有するプレスロット基板上に、第２配向剤を付与して第２塗膜を形成する第２塗膜形成工程と、

前記第１塗膜を加熱処理し、ラビング配向処理又は光配向処理を施さずに前記プレＴＦＴ基板上に第１配向膜を形成する第１配向膜形成工程と、

前記第２塗膜を加熱処理し、ラビング配向処理又は光配向処理を施さずに前記プレスロット基板上に、第２配向膜を形成する第２配向膜形成工程とを備える液晶セルの製造方法。

[請求項2] 前記第１配向膜及び前記第２配向膜は、前記液晶層を構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させる請求項１に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項3] 前記第１配向剤及び前記第２配向剤は、ポリイミド系樹脂を含む請求項１又は請求項２に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項4] 液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のＴＦＴ基板及びスロット基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、

第１誘電体基板と、前記第１誘電体基板に支持された複数のＴＦＴ及び前記ＴＦＴに電氣的に接続された複数のパッチ電極とを有するプレＴＦＴ基板上に、第１アルカリ希釈溶液を付与して第１親水面を形

成する第1親水面形成工程と、

第2誘電体基板と、前記第2誘電体基板に支持された複数のスロットを含むスロット電極とを有するプレスロット基板上に、第2アルカリ希釈溶液を付与して第2親水面を形成する第2親水面形成工程とを備える液晶セルの製造方法。

[請求項5] 前記第1親水面及び前記第2親水面は、前記液晶層を構成する液晶分子を全ての方位角方向に配向させる請求項4に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項6] 前記第1親水面形成工程において、前記第1アルカリ希釈溶液を付与した後、前記プレTFT基板を水で洗浄し、

前記第2親水面形成工程において、前記第2アルカリ希釈溶液を付与した後、前記プレスロット基板を水で洗浄する請求項4又は請求項5に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項7] 前記第1親水面形成工程及び前記第2親水面形成工程において、前記第1アルカリ希釈溶液及び前記第2アルカリ希釈溶液は、水酸化ナトリウム水溶液からなる請求項4から請求項6の何れか一項に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項8] 液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のTFT基板及びスロット基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、

前記TFT基板と前記スロット基板とを、シール材を介して互いに貼り合わせて、前記TFT基板と前記スロット基板の間に前記液晶層が介在されていない空セルを形成する貼合工程と、

前記空セルの前記TFT基板と前記スロット基板との間に、真空注入法により前記液晶層を構成する液晶材料を注入し、その注入時の流れを利用して前記液晶材料を流動配向させる流動配向工程を備える液晶セルの製造方法。

[請求項9] 液晶層を挟みつつ互いに向かい合う一対のTFT基板及びスロット

基板を有し、複数のアンテナ単位が配列された液晶セルの製造方法であって、

前記 T F T 基板及び前記スロット基板のうちの何れか一方の基板上に、枠状にシール材を描画する描画工程と、

前記シール材が描画された一方の前記基板上に、滴下注入法により前記液晶層を構成する液晶材料を滴下し、その滴下された前記液晶材料が前記基板上で拡がる際の流れを利用して前記液晶材料を流動配向させる流動配向工程と、

一方の前記基板と、その他方の基板とを、流動配向した前記液晶材料を挟みつつ前記シール材を介して互いに貼り合わせる貼合工程とを備える液晶セルの製造方法。

[請求項10] 前記流動配向工程において、前記液晶材料を構成する液晶分子が、全ての方位角方向に配向するように、前記液晶材料を流動配向させる請求項 8 又は請求項 9 に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項11] 前記液晶材料のネマティックー等方相転移温度よりも低い温度条件で、前記液晶層を加熱処理する加熱処理工程を備える請求項 8 から請求項 10 の何れか一項に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項12] 前記 T F T 基板は、第 1 誘電体基板と、前記第 1 誘電体基板に支持された複数の T F T 及び前記 T F T に電氣的に接続された複数のパッチ電極と、前記パッチ電極を覆う形で前記第 1 誘電体基板上に形成される第 1 配向膜とを有し、

前記スロット基板は、第 2 誘電体基板と、前記第 2 誘電体基板に支持された複数のスロットを含むスロット電極と、前記スロット電極を覆う形で前記第 2 誘電体基板上に形成される第 2 配向膜とを有する請求項 8 から請求項 11 の何れか一項に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項13] 前記液晶層を構成する液晶分子は、水平配向型である請求項 1 から請求項 12 の何れか一項に記載の液晶セルの製造方法。

[請求項14] 請求項 1 から請求項 13 の何れか一項に記載の液晶セルが備える前

記スロット基板の外側の主面に、誘電体層を介して対向する形で反射導電板を配する工程を備える走査アンテナの製造方法。

[図1]

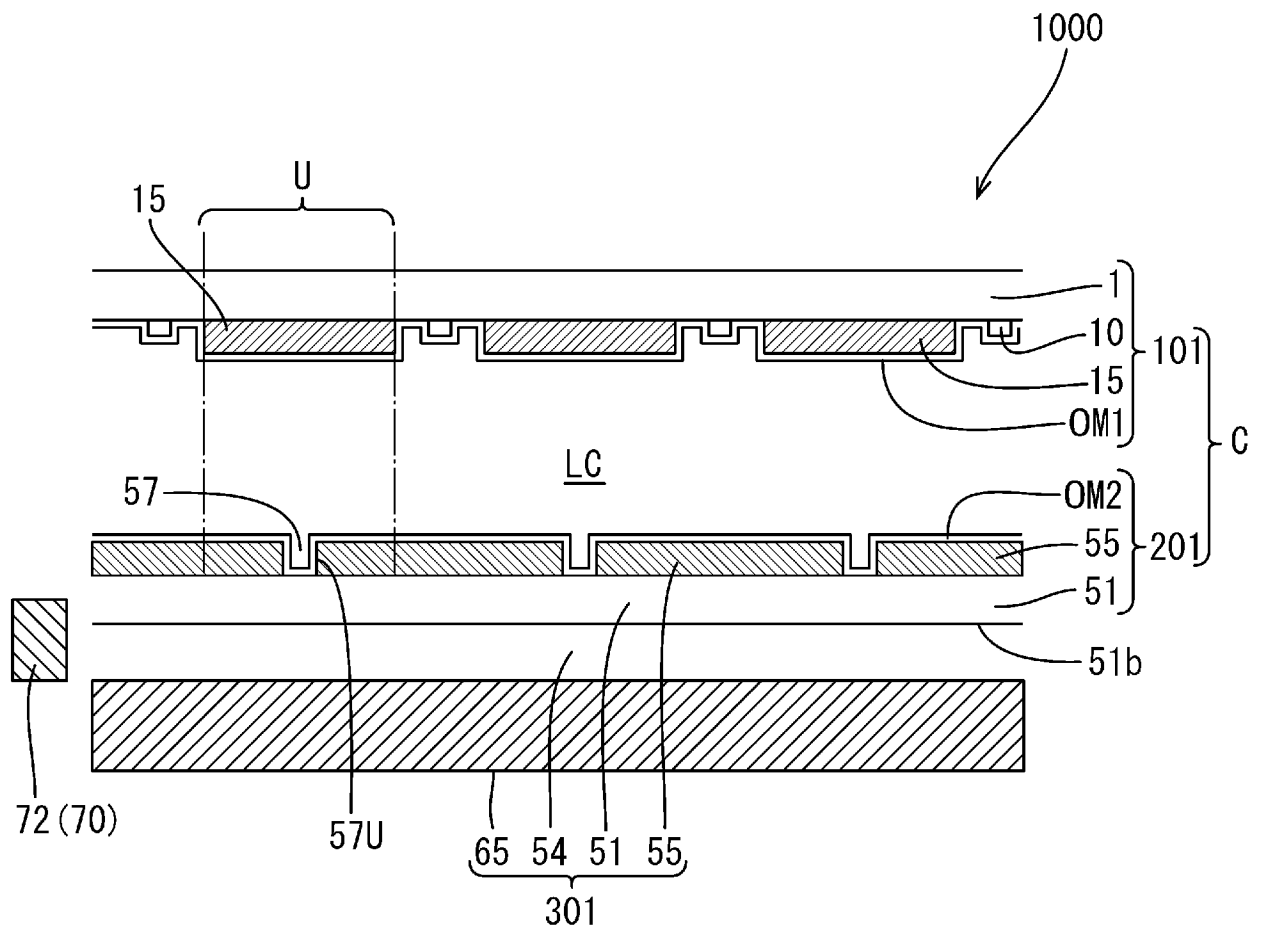
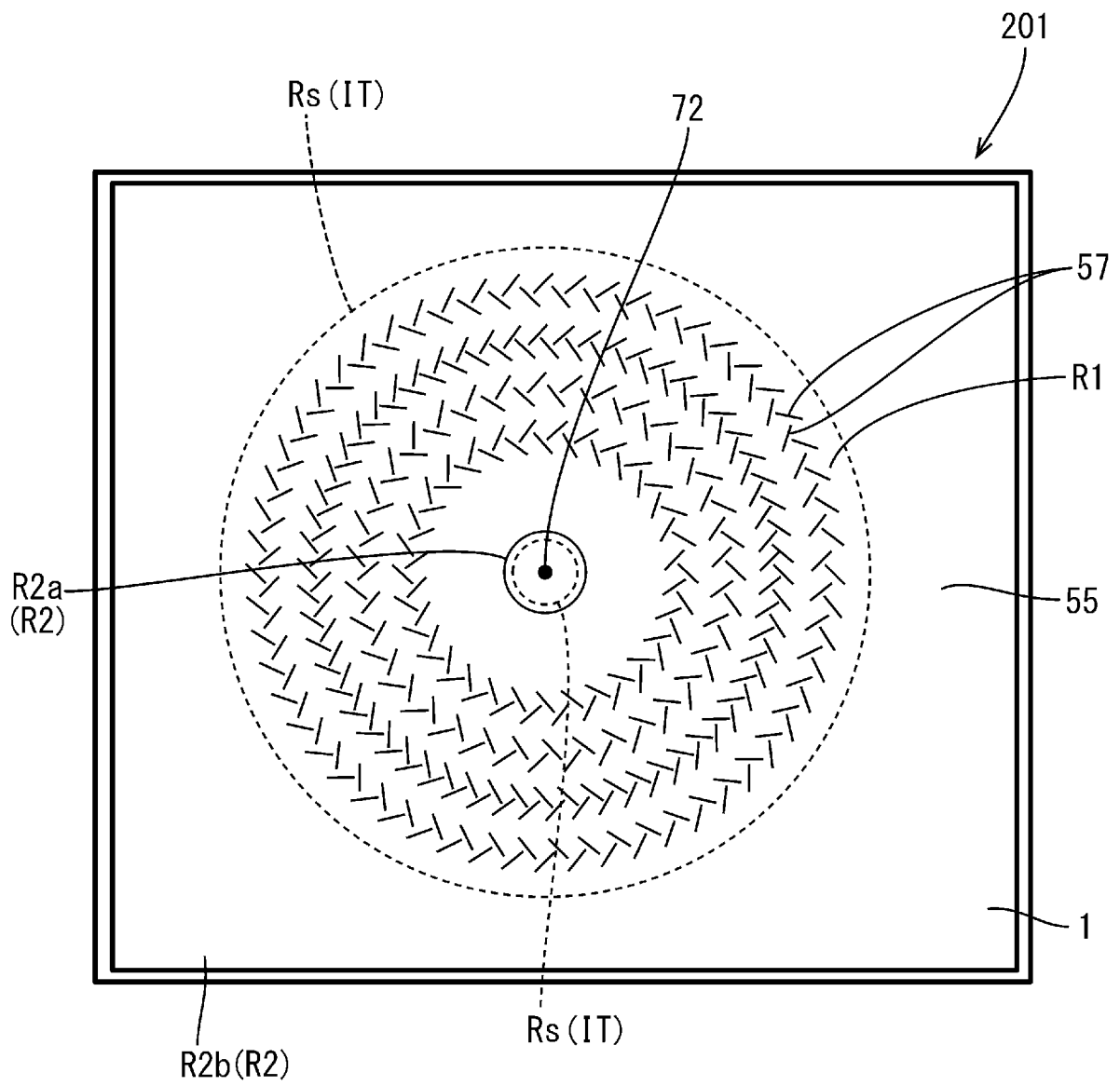


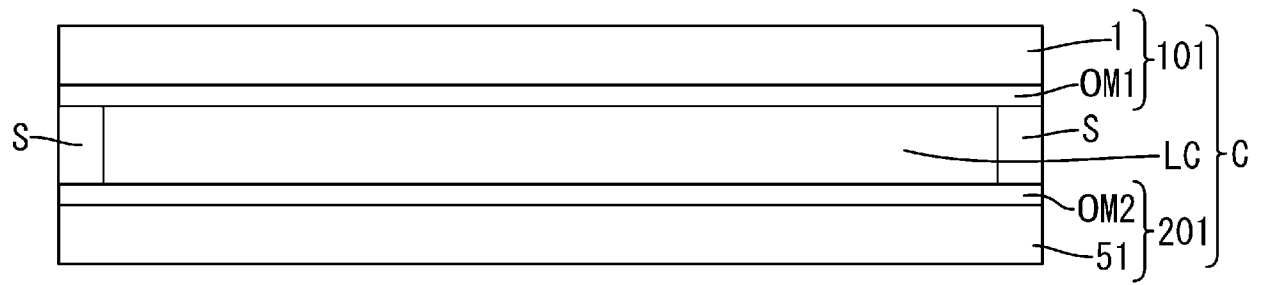
Diagram illustrating a plan view of a circular substrate (1) with a central hole. The substrate is divided into several regions and components:

- ST**: A series of small circles arranged in a semi-circular arc at the top.
- SD**: A rectangular block located above the ST arc.
- U**: A series of lines radiating from the center towards the ST arc.
- SL**: A dashed circular line concentric with the outer edge.
- R2a (R2)**: The region between the SL line and the outer edge.
- R1**: The outermost region of the substrate.
- Rs (PT)**: Two dashed circular lines concentric with the outer edge, located in the lower half.
- R2b (R2)**: The region between the two Rs (PT) lines.
- GT**: A series of triangles arranged in a semi-circular arc on the right side.
- GD**: A rectangular block located to the right of the GT arc.
- GL**: A dashed circular line concentric with the outer edge, located on the right side.
- 101**: A label pointing to the top edge of the substrate.
- 1**: A label pointing to the bottom edge of the substrate.

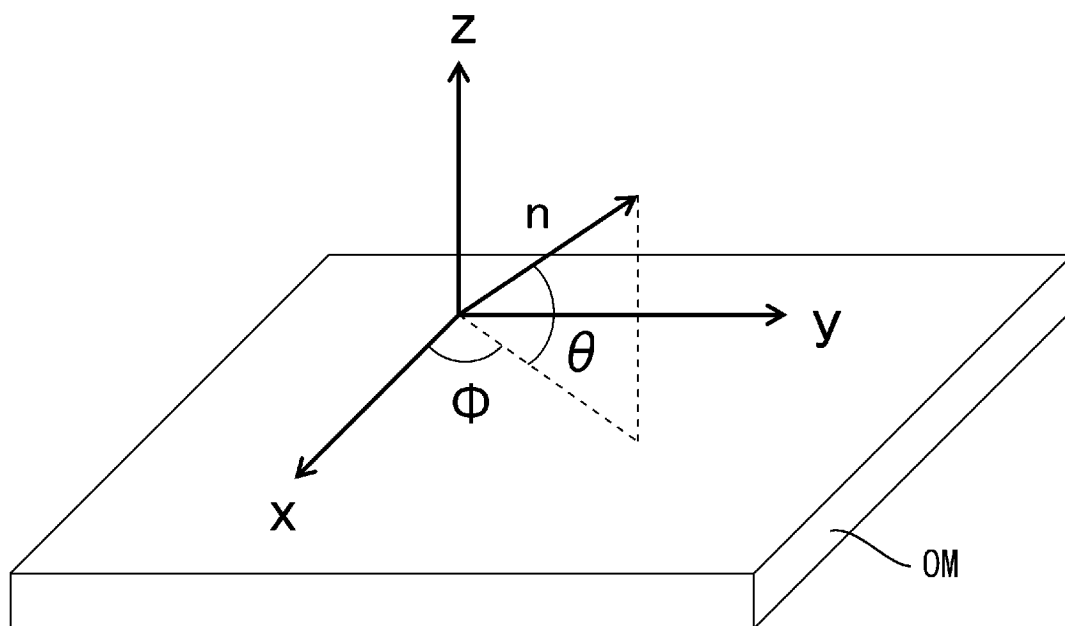
[図3]



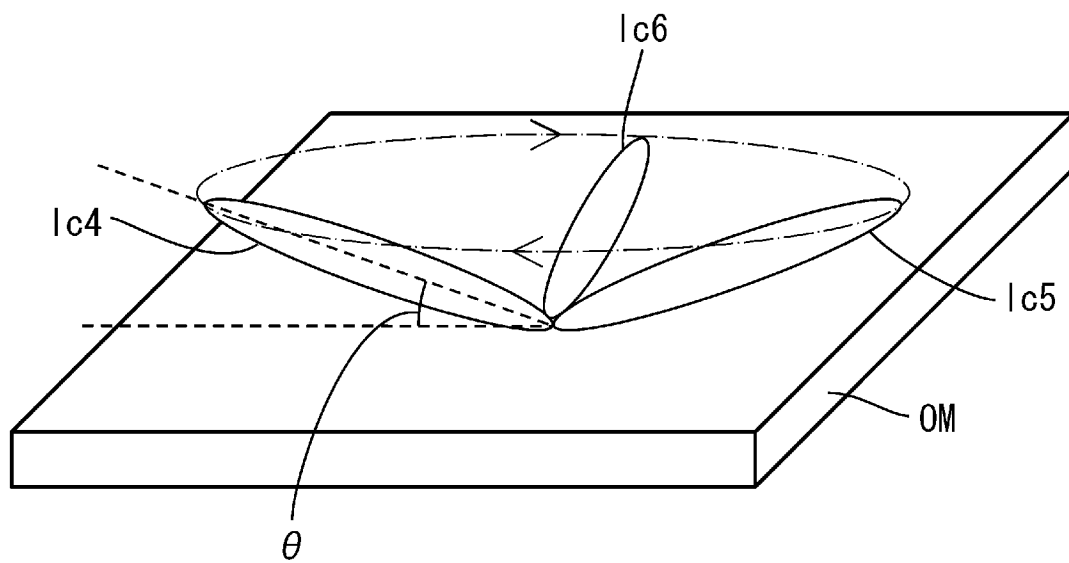
[図8]



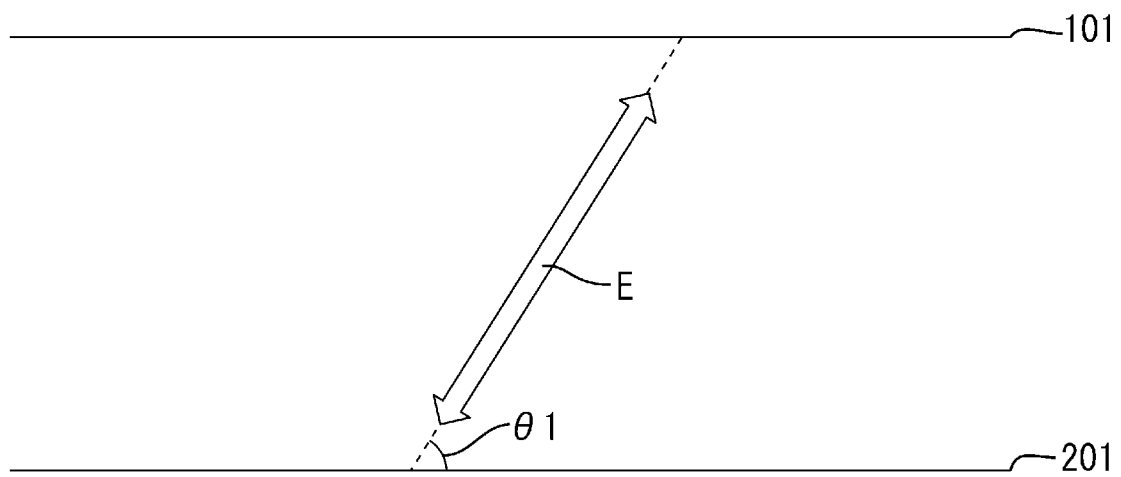
[図9]



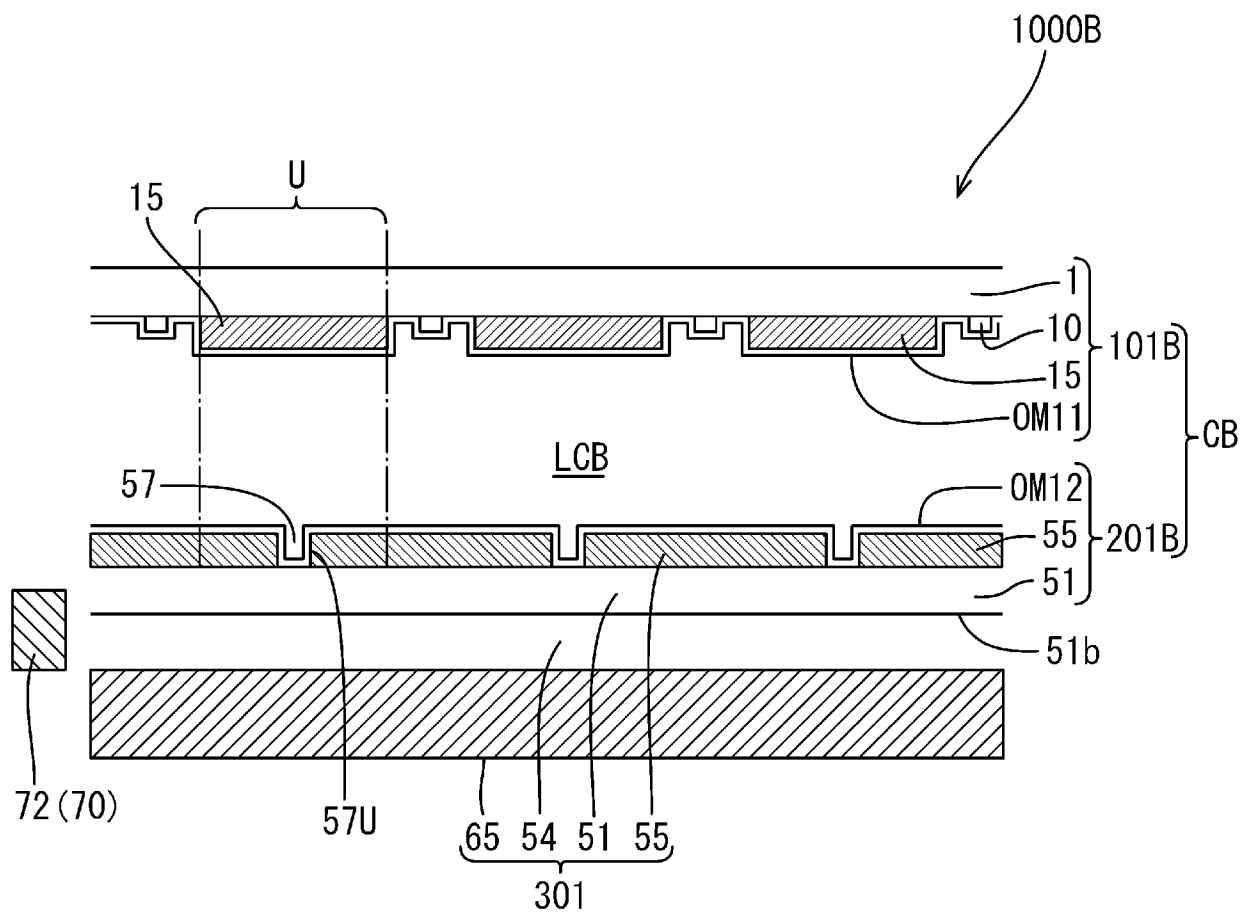
[図10]



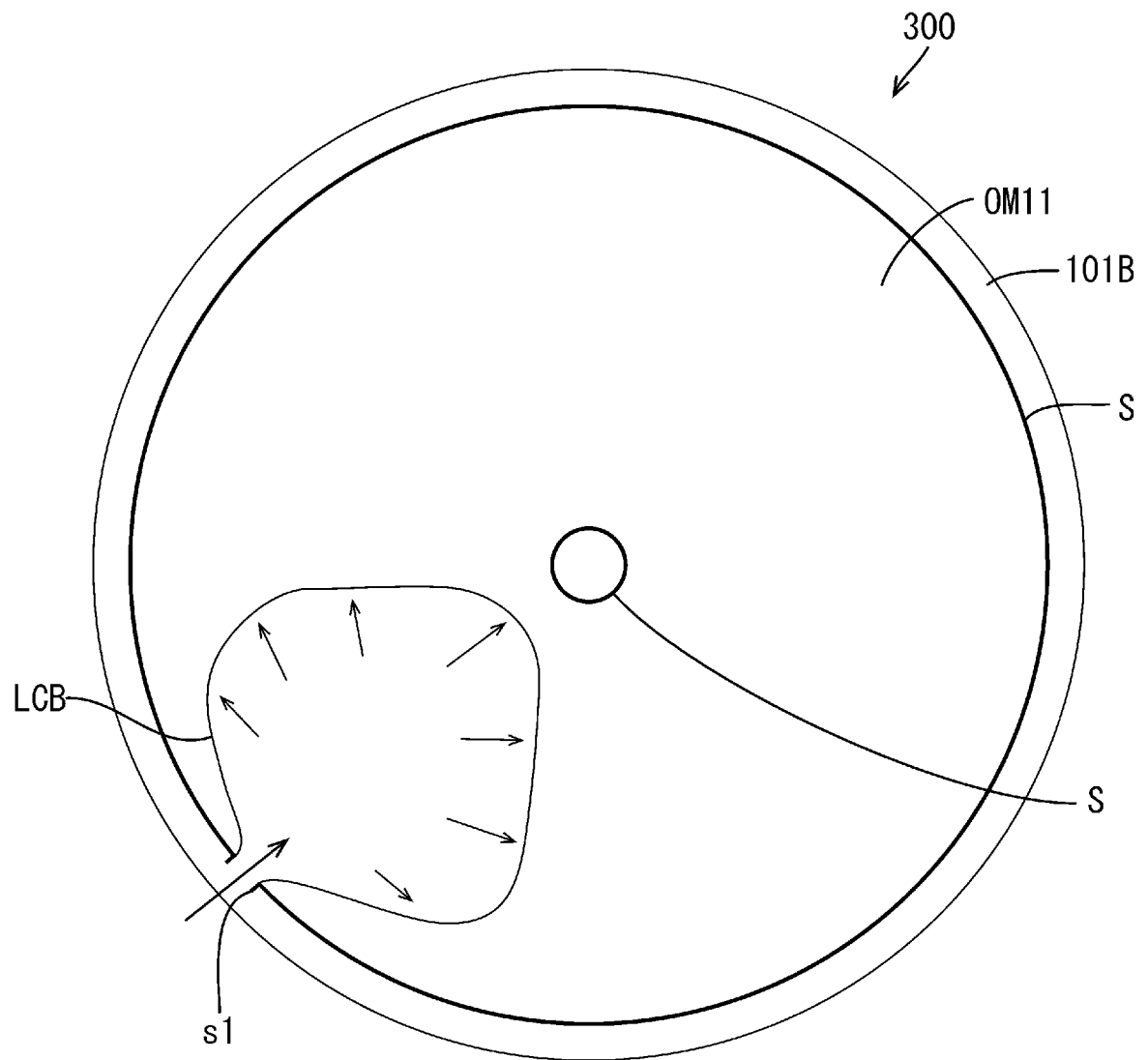
[図11]



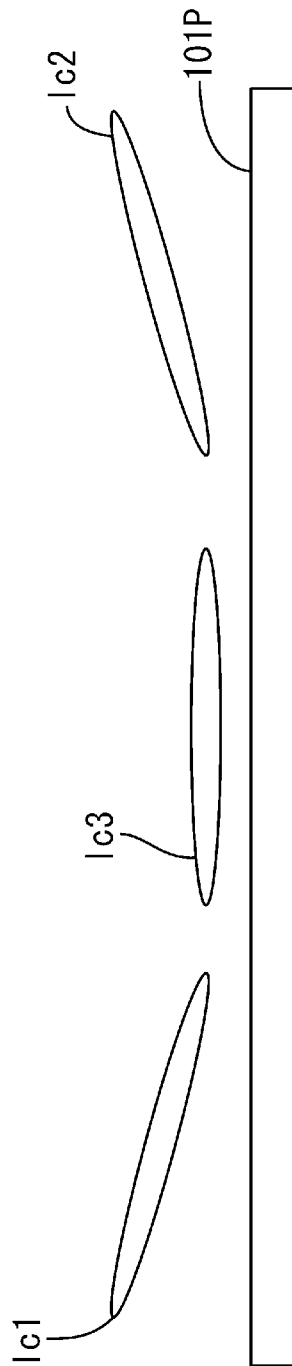
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/011628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01Q3/34 (2006.01)i, G02F1/13 (2006.01)i, G02F1/1337 (2006.01)i,
G02F1/1341 (2006.01)i, H01P11/00 (2006.01)i, H01Q3/44 (2006.01)i,
H01Q13/22 (2006.01)i, H01Q21/06 (2006.01)i

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. H01Q3/34, G02F1/13, G02F1/1337, G02F1/1341, H01P11/00, H01Q3/44, H01Q13/22,
H01Q21/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 04-234202 A (HUGHES AIRCRAFT CO.) 21 August 1992 & US 5194972 A & EP 472403 A2	1-14
A	JP 2009-538565 A (WAVEBENDER, INC.) 05 November 2009 & US 2007/0273599 A1 & WO 2007/139617 A2 & EP 2388859 A1	1-14
A	JP 2000-022428 A (TOSHIBA CORP.) 21 January 2000 (Family: none)	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
17 April 2018 (17.04.2018)

Date of mailing of the international search report
01 May 2018 (01.05.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/011628

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/126578 A1 (KYMETA CORPORATION) 27 August 2015 & JP 2017-506467 A & JP 2017-506471 A & US 2015/0236415 A1 & US 2015/0236412 A1 & WO 2015/126550 A1	1-14
A	JP 2013-250369 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 12 December 2013 (Family: none)	1-14
A	JP 2002-082333 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 22 March 2002 & US 2002/0033442 A1 & EP 1186940 A2	1-14
A	JP 2016-099628 A (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 30 May 2016 & US 2016/0147116 A1 & EP 3023837 A1	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01Q3/34(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i, G02F1/1337(2006.01)i, G02F1/1341(2006.01)i,
H01P11/00(2006.01)i, H01Q3/44(2006.01)i, H01Q13/22(2006.01)i, H01Q21/06(2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. H01Q3/34, G02F1/13, G02F1/1337, G02F1/1341, H01P11/00, H01Q3/44, H01Q13/22, H01Q21/06

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 8 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)

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 請求項の番号
A	JP 04-234202 A (ヒューズ・エアクラフト・カンパニー) 1992. 08. 21, & US 5194972 A & EP 472403 A2	1-14
A	JP 2009-538565 A (ウェーブベンダー インコーポレーテッド) 2009. 11. 05, & US 2007/0273599 A1 & WO 2007/139617 A2 & EP 2388859 A1	1-14
A	JP 2000-022428 A (株式会社東芝) 2000. 01. 21, (ファミリーなし)	1-14

☑ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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

1 7 . 0 4 . 2 0 1 8

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 5 . 2 0 1 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

米倉 秀明

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6

5 K

4 6 8 4

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 請求項の番号
A	WO 2015/126578 A1 (KYMETA CORPORATION) 2015. 08. 27, & JP 2017-506467 A & JP 2017-506471 A & US 2015/0236415 A1 & US 2015/0236412 A1 & WO 2015/126550 A1	1-14
A	JP 2013-250369 A (スタンレー電気株式会社) 2013. 12. 12, (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2002-082333 A (スタンレー電気株式会社) 2002. 03. 22, & US 2002/0033442 A1 & EP 1186940 A2	1-14
A	JP 2016-099628 A (三星ディスプレイ株式会社) 2016. 05. 30, & US 2016/0147116 A1 & EP 3023837 A1	1-14