

2009

I 下記の設問(1)と(2)に答えよ。

$$I = I_0 \sin^2(2\varphi) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

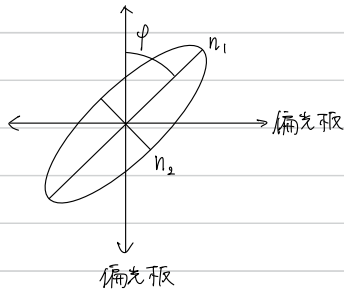
(1) 液晶ディスプレイの表示方式に IPS と VA がある。これら方式の原理について述べよ。

(2) 有機 EL ディスプレイにおける発光原理について述べよ。

(1) IPS (In-plane switching)

一方向に、基板に平行にラビングした液晶分子に対し、交流電圧を印加して配向方向と垂直に電場が発生した時、液晶分子の配向方向を φ (電場方向を 0° とする) とすると、 $-\pi/2 \leq \varphi \leq \pi/2$ の範囲を交流電圧に付随して時間変化がする。つまり、見る方向が一定で無いとすると、 $\pm\varphi$ は同一角とみられるから、 $0 \leq \varphi \leq \pi/2$ とする。つまり、見る方向に依らず、常に液晶分子の側面が見られるため、広い視野角である。

この時、下図のような屈折率楕円体で考えられる。 n_1, n_2 は各方向の屈折率であり、 $\Delta n = n_1 - n_2$ とする。



このとき、光強度 I は入射光の強度を I_0 とし、

$$I = I_0 \sin^2(2\varphi) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

で与えられる。つまり、 d は液晶層の厚み、 λ は入射光の波長である。

IPS では、 $\sin^2(\pi \Delta n d / \lambda)$ がほぼ一定とすることができるため、

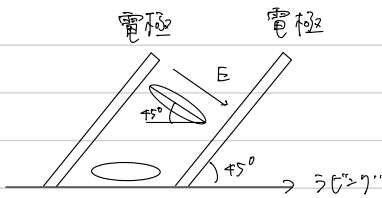
$$I = I_0 \sin^2(2\varphi)$$

つまり、 $\varphi = 0, \pi/2$ で $\sin^2(2\varphi) = 0$ となり $I = 0$ に、

$\varphi = \pi/4$ で $\sin^2(2\varphi) = 1$ となり、 $I = I_0$ (最大) となる。

つまり、 $\varphi = 0, \pi/2$ で暗く、 $\varphi = \pi/4$ で明るく表示されるため、

ラビング方向と電場の発生方向が $\pi/4$ とするよう設計される。



VA (vertical alignment)

基板に対し、液晶分子が垂直に配向しているとき、IPS で考えた図より、 $\varphi = 0, \pi/2$ の場合にあたるため、

黒が良好で高コントラストとなる。つまり、視野角への依存性が大きいため、特にワイドの視野角改善のため、液晶分子の配向方向を正確に傾けることで、電場印加時の傾き方向をコントロールしている。

このとき、得られる光の強度は、IPS 同様

$$I = I_0 \sin^2(2\varphi) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

$\varphi = 45^\circ$ とすると、

$$I = I_0 \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

電場を印加していないとき、 $\Delta n_{off} = 0$ より、 $\sin^2(\pi \Delta n d / \lambda) = 0$ より $I = 0$

電場を印加すると、 $\Delta n_{on} \neq 0$ より、 $\sin^2(\pi \Delta n d / \lambda) = 1$ となり、設定された $I = I_0$

つまり、電場を印加すると明るく表示され、印加していないときには光は取り出せないため暗い状態である。

電子とホールの再結合により、

(2) 有機 EL 素子は電流を駆動させ、エネルギーが与えられると、発光層の分子は基底一重項状態(S_0)から、

スピンの向きはそのままに、励起して、励起一重項状態(S_1)となる。このとき、基底状態と励起状態にある

電子のスピンの対はそのままなので、電子同士が接近して静電反発が生じ不安定である。よって励起した電子は熱や

蛍光を伴って基底状態に遷移するか、励起して電子のスピンを逆転して、低準位の励起状態へ内部転換する

項間交差が生じる。この励起三重項状態から、スピンの再反転を伴って基底状態へ戻るときは熱やリン光が放射される。

一般的に有機化合物では、熱失活により常温でのリン光の発光はできないため、発光効率や蛍光そのものの

内部量子効率から 25%、さらに、熱や光の減衰により外部量子効率は 10% 以下に落ち込むため、有機物と

金属イオンの錯体組成により、リン光も利用できるようになっている。

I 次の各問(1)~(3)に答えよ。

- (1) ツイストネマティック液晶ディスプレイ (TN-LCD) の表示原理について説明せよ。また、ディスプレイの表示基本特性を6つ上げ、これらのうち TN-LCD の主たる課題を2つ上げよ。
- (2) 有機 EL ディスプレイにおける注入層と輸送層について、それぞれの役割および用いられる材料の特徴 (どのような性質の物質が用いられるか) を説明せよ。なお、具体的な物質名・化学式は示さなくても良い。
- (3) プラズマディスプレイにおける発光原理を述べよ。

(1) TN-LCD の表示原理

配向膜の向きを 90° 回転させて液晶を挟みこくと、液晶分子の配向が連続的に変わる。
屈折率異方性が 90° 変わる、光の偏光方向も 90° 回転する。薄波効果を得られる。そして2枚の直交偏光板間で光は日く透過する。ここに電場を印加すると、分子が電場方向に配向するから、ねじれが消失し、光が透過しなくなる。これは電場の ON-OFF で光の透過を操作している。

ディスプレイの表示基本特性

1. 視野角
2. 輝度
3. 応答時間
4. 表示階調 (グレーレベル)
5. コントラスト
6. 解像度

⇒ TN の課題 1, 3

陽極側の電極

(2) 注入層

金属や無機物である電極と有機物の接合は不連続な界面となるため相性が悪く、電荷の注入効率が低下する。ゆえに、両者と相性の良い物質が介在する必要がある。注入層はこの役割を担う。

正孔注入層は陽極側の電極 ITO と有機物の間に挿入されるため、正孔が入りやすい、可能な電子を放出しやすい必要がある。用いられる物質は放出されやすい電子の多いものが採用される。一方電子注入層は陰極側の電極である Al などの金属と有機物の間に挿入されるため、電子の受け渡しをスムーズにする無機物が用いられる。

輸送層

輸送層は正孔電子をスムーズに発光層へ移動させる役割を持つためにキャリア移動度の大きい材料が用いられる。また、発光層に入ると電子や正孔を閉じ込める役割もあり、正孔輸送層では電子の進入を阻止する物質が、反対に電子輸送層では正孔の進入を阻止する物質が用いられる。そして正孔輸送層では電子を多く含む物質が用いられ、電子輸送層は発光材料が兼ねることも多い。

(3) プラズマとは、物質において、電圧により原子核と電子が電離するが、全体として電荷が釣り合っている中性の状態を指す。

プラズマは高安定で不活性であるため、電圧を印加すると放電を起し、プラズマ状態となる。発生した正負のプラズマ粒子は、他の中性の原子や分子に衝突し、励起状態にさせる。これらの原子や分子が基底状態に戻ると同時に、紫外線が放出され、これが蛍光体に当たって発光し、可視光が得られる。この発光原理は蛍光灯と同じであるから、プラズマディスプレイは微小な蛍光灯を多数並べたものと言える。

2011

I 以下の設問(1)～(3)に答えよ。

(1) 液晶ディスプレイを構成する部材として、偏光板、配向膜、透明電極がある。これら部材の役割・特徴および用いられる材料について説明せよ。

(2) 次の文章中の空欄(a)～(d)に当てはまる適切な語句を答えよ。

液晶ディスプレイの表示原理は多種多様であるが、古くから実用化されているものが(a)方式で、液晶分子配向を90度ねじることにより、入射した光の偏光面も90度ねじれる(b)効果を利用したものである。ディスプレイの基本特性の内、(a)方式の主たる課題は(c)、(d)およびコントラストである。(c)とコントラストの改善のために開発されたものが(e)方式や(f)方式で、特に(e)方式はコントラスト、(f)方式は(g)の特性に優れる。

(3) 有機ELディスプレイにおける発光原理について説明せよ。なお、発光効率・量子効率についても述べること。

(1) 偏光板

光は電磁波であるから、自然光はあらゆる方向に振動している。2方向の振動も、直交する2成分に分解できるため、ある方向の光の成分を取り除くことで一方向に振動する光を取り出すことができる。つまり、特定の方向の光を取り除くのが偏光板であり、2枚の偏光板を直交して重ねると、光は透過できず、黒く表示され、平行に重ねると光は透過して白く表示される。偏光膜として、一方向に延伸したPTAなどの高分子膜にヨウ素を吸着させてものが挙げられる。高分子膜によってヨウ素錯体は延伸した方向にならび、ヨウ素は紫黒色で可視光のほとんどを吸収することから、その方向に振動する光の成分を強く吸収し、偏光が取り出せる。

配向膜

液晶分子を規則的に並べさせる役割をもつ。耐熱性や、強度、絶縁性に優れたポリイミド化合物が配向作用をもつ高分子膜として用いられる。垂直方向への配向はこの高分子の側鎖によって行われる。

水平方向の配向は膜表面を一方に擦るラビング処理がなされ、表面の高分子が一方に延伸することになる。これによって分子間力に異方向が生じ、液晶分子を配向させる。また、高分子膜の溝が液晶分子の胴径よりも大きくはならないため、この溝による効果も関与する。

透明電極

金属は、自由電子が多量であるため、電気をよく通すが、光の透過を妨害し、反射してしまう。これを避けて、光を外部へ届けることでできないため、エネルギーギャップが紫外線に相当するような半導体を用いることで可視光を透過させることができる。透明導電材料として、ITOが挙げられる。これは、酸化インジウムに酸化スズを5～10wt%添加したもので、 In^{3+} に置換した Sn^{4+} が電子キャリアを発生させ、また、酸素欠損によってキャリアが発生するため、光透過率が90%以上に上がり抵抗値は数 Ω となり導電性に富む。しかし、Inは稀少物質であるため、代替品が研究されている。

(2) (a) TN (b) 導波 (c) 視野角 (d) 応答時間 (e) VA (f) IPS

(3) 2009 (3)

2012

I 以下の設問(1)～(4)に答えよ。

(1) 液晶ディスプレイを構成する部材として、偏光板、配向膜、透明電極がある。これら部材の役割・特徴および用いられる材料について説明せよ。

(2) 有機 EL ディスプレイにおける発光原理について説明せよ。

(3) プラズマディスプレイ (PDP) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(f)に入る適切な語句を答えよ。

PDP の発光原理について、電極間に電圧を加えて放電を起こすと (a) が正電荷と負電荷に分離した (b) 状態になる。高エネルギーを有するこれら荷電粒子に衝突されることによって他の原子や分子は (c) 状態となり、基底状態に戻る際に (d) が発生する。この (d) が (e) に当たって可視光が生じる。この発光原理は (f) と同一であるため、PDP は微少な (f) を多数並べた物と言える。

(4) 発光ダイオード (LED) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(c)に入る適切な語句を答えよ。

LED の発光原理について、ダイオードに電圧を順方向に印加すると、P 型半導体から (a) が、N 型半導体から (b) が PN 接合領域に向かって移動し、(a) と (b) が (c) するときに生じるエネルギー放出が発光となる。発光色は光の (d) に依存するが、その (d) は半導体材料自身やそれに添加する (e) によって制御可能である。

(1) 2011 (1)

(2) 2009 (3)

(3) (a) 希ガス (b) プラズマ (c) 励起 (d) 紫外線 (e) 蛍光体 (f) 蛍光灯

(4) (a) 正孔 (b) 電子 (c) 再結合 (d) 波長 (e) 不純物

2017

I 以下の設問(1)~(4)に答えよ。

(1) 液晶ディスプレイ (LCD) の IPS 方式について、その表示原理を図および下式を用いて説明せよ。
なお、式中の記号 I_0 、 ϕ 、 Δn 、 d 、 λ がそれぞれ何を表すのかも述べること。

$$(\text{透過光強度 } I \text{ の式}) I = I_0 \sin^2(2\phi) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

(2) EL ディスプレイに関する下記の文章中の空欄 (a)~(h) に入る適切な語句を答えよ。

EL の原理について、電荷注入によって生じる励起一重項状態からは (a) が、励起三重項状態からは (b) の発光が得られるが、一般的な有機 EL 材料では常温で (c) の発光はない。そのため、内部量子効率 は最大で (d) % であり、さらに熱失活や物質内の光減衰によって外部量子効率は (e) % 程度に留まる。材料・部材について、輸送層では、正孔・電子をスムーズに発光層へ移動させるために (f) が大きく、且つ、発光層に入った正孔・電子を閉じ込めるため、正孔輸送層では (g) の進入を、電子輸送層では (h) の進入を阻止できる材料が利用される。

(3) プラズマディスプレイ (PDP) に関する下記の文章中の空欄 (a)~(e) に入る適切な語句を答えよ。

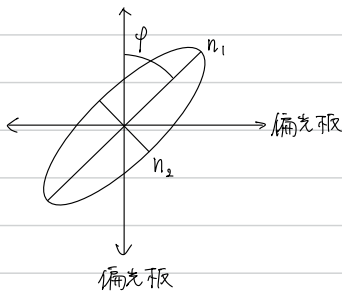
PDP の発光原理について、電極間に電圧を加えて放電を起こすと (a) が正電荷と負電荷に分離した (b) 状態になる。高エネルギーを有するこれら荷電粒子に衝突されることによって他の原子や分子は (c) 状態となり、(d) 状態に戻る際に (e) が発生する。この (e) が (f) に当たって可視光が生じる。この発光原理は (g) と同一であるため、PDP は微少な (g) を多数並べた物と言える。

(4) 発光ダイオード (LED) に関する下記の文章中の空欄 (a)~(e) に入る適切な語句を答えよ。

LED の発光原理について、ダイオードに電圧を順方向に印加すると、P 型半導体から (a) が、N 型半導体から (b) が PN 接合領域に向かって移動し、(a) と (b) が (c) するときに生じるエネルギー放出が発光となる。発光色は、光の (d) によって変化するが、半導体材料自身やそれに添加する (e) によって制御可能である。

(1) 一方に、この基板に平行にラビングされた液晶分子に対し、交流電圧を印加して配向方向と垂直に電場が発生した時、液晶分子の配向方向を ϕ (電場方向を 0° とする) とすると、 $-\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2$ の範囲を交流電圧に付随して時間変化し、なお、見る方向が一定でよいとすると、 $\pm\phi$ は同一角をみわたせるから、 $0 \leq \phi \leq \pi/2$ とする。すなわち、見る方向に依らず、常に液晶分子の側面が見られるため、広視野角である。

この時、下図のよう屈折率楕円体で考えられる。 n_1, n_2 は各方向の屈折率であり、 $\Delta n = n_1 - n_2$ とする。



このとき、光強度 I は入射光の強度を I_0 とすると、

$$I = I_0 \sin^2(2\phi) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

で与えられる。なお、 d は液晶層の厚み、 λ は入射光の波長である。

IPS では、 $\sin^2(\pi \Delta n d / \lambda)$ がほぼ一定となるように設定されるため、

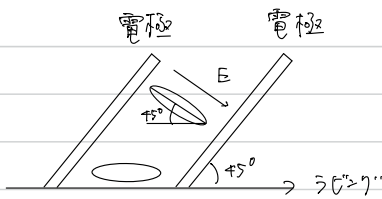
$$I = I_0 \sin^2(2\phi)$$

より、 $\phi = 0, \pi/2$ で $\sin^2(2\phi) = 0$ となり $I = 0$ になり、

$\phi = \pi/4$ で $\sin^2(2\phi) = 1$ となり、 $I = I_0$ (最大) となる。

すなわち、 $\phi = 0, \pi/2$ で暗く、 $\phi = \pi/4$ で明るく表示されるため、

ラビング方向と電場の発生方向が $\pi/4$ となるように設計される。



(2) (a) 蛍光 (b) リン光 (c) リン光 (d) 25 (e) 10 (f) 移動度 (g) 電子 (h) 正孔

(3) (a) 希ガス (b) ガラス管 (c) 励起 (d) 基底 (e) 紫外線 (f) 蛍光体 (g) 蛍光灯

(4) (a) 正孔 (b) 電子 (c) 再結合 (d) 波長 (e) 不純物

2021

以下の設問 1～4 に答えよ。

1. 液晶ディスプレイの IPS 方式について、表示原理を図および下式を用いて説明せよ。なお、式中の記号 I_0 、 ϕ 、 Δn 、 d 、 λ がそれぞれ何を表すのかも述べること。

$$(\text{透過光強度 } I \text{ の式}) I = I_0 \sin^2(2\phi) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

2. 有機 EL ディスプレイにおける発光原理について説明せよ。なお、発光効率・量子効率についても述べること。

3. プラズマディスプレイ (PDP) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(g) に入る適切な語句を答えよ。
PDP の発光原理について、電極間に電圧を加えて放電を起こすと (a) が正電荷と負電荷に分離した (b) 状態になる。高エネルギーを有するこれら荷電粒子に衝突されることによって他の原子や分子は (c) 状態となり、(d) 状態に戻る際に (a) が発生する。この (a) が (f) に当たって可視光が生じる。この発光原理は (g) と同一であるため、PDP は微少な (g) を多数並べた物と言える。

4. 発光ダイオード (LED) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(e) に入る適切な語句を答えよ。
LED の発光原理について、ダイオードに電圧を順方向に印加すると、P 型半導体から (a) が、N 型半導体から (b) が PN 接合領域に向かって移動し、(a) と (b) が (c) するときに生じるエネルギー放出が発光となる。発光色は、光の (d) によって変化するが、半導体材料自身やそれに添加する (e) によって制御可能である。

(1) 2017 (1)

(2) 2009 (3)

(3) 2017 (3)

(4) 2012 (4)

2022

以下の設問 1～4 に答えよ。

1. 液晶ディスプレイを構成する部材として、偏光板、配向膜、透明電極がある。これら部材の役割・特徴および用いられる材料について説明せよ。

2. EL ディスプレイに関する下記の文章中の空欄 (a)～(h) に入る適切な語句を答えよ。

EL の原理について、電荷注入によって生じる励起一重項状態からは (a) が、励起三重項状態からは (b) の発光が得られるが、一般的な有機 EL 材料では常温で (c) の発光はない。そのため、内部量子効率は最大で (d) % であり、さらに熱失活や物質内の光減衰によって外部量子効率は (e) % 程度に留まる。材料・部材について、輸送層では、正孔・電子をスムーズに発光層へ移動させるために (f) が大きく、且つ、発光層に入った正孔・電子を閉じ込めるため、正孔輸送層では (g) の導入を、電子輸送層では (h) の導入を阻止できる材料が利用される。

3. プラズマディスプレイ (PDP) について、発光原理を説明せよ。

4. 発光ダイオード (LED) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(e) に入る適切な語句を答えよ。

LED の発光原理について、ダイオードに電圧を順方向に印加すると、P 型半導体から (a) が、N 型半導体から (b) が PN 接合領域に向かって移動し、(a) と (b) が (c) するときに生じるエネルギー放出が発光となる。発光色は、光の (d) によって変化するが、半導体材料自身やそれに添加する (e) によって制御可能である。

(1) 2011 (1)

(2) 2017 (2)

(3) 2010 (3)

(4) 2012 (4)

2021

以下の設問 1～4 に答えよ。

1. 液晶ディスプレイの IPS 方式について、表示原理を図および下式を用いて説明せよ。なお、式中の記号 I_0 、 ϕ 、 Δn 、 d 、 λ がそれぞれ何を表すのかも述べること。

$$(\text{透過光強度 } I \text{ の式}) I = I_0 \sin^2(2\phi) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)$$

2. 有機 EL ディスプレイにおける発光原理について説明せよ。なお、発光効率・量子効率についても述べること。

3. プラズマディスプレイ (PDP) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(g) に入る適切な語句を答えよ。
PDP の発光原理について、電極間に電圧を加えて放電を起こすと (a) が正電荷と負電荷に分離した (b) 状態になる。高エネルギーを有するこれら荷電粒子に衝突されることによって他の原子や分子は (c) 状態となり、(d) 状態に戻る際に (a) が発生する。この (a) が (f) に当たって可視光が生じる。この発光原理は (g) と同一であるため、PDP は微少な (g) を多数並べた物と言える。

4. 発光ダイオード (LED) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(e) に入る適切な語句を答えよ。
LED の発光原理について、ダイオードに電圧を順方向に印加すると、P 型半導体から (a) が、N 型半導体から (b) が PN 接合領域に向かって移動し、(a) と (b) が (c) するときに生じるエネルギー放出が発光となる。発光色は、光の (d) によって変化するが、半導体材料自身やそれに添加する (e) によって制御可能である。

(1) 2017 (1)

(2) 2009 (3)

(3) 2017 (3)

(4) 2012 (4)

2022

以下の設問 1～4 に答えよ。

1. 液晶ディスプレイを構成する部材として、偏光板、配向膜、透明電極がある。これら部材の役割・特徴および用いられる材料について説明せよ。

2. EL ディスプレイに関する下記の文章中の空欄 (a)～(h) に入る適切な語句を答えよ。

EL の原理について、電荷注入によって生じる励起一重項状態からは (a) が、励起三重項状態からは (b) の発光が得られるが、一般的な有機 EL 材料では常温で (c) の発光はない。そのため、内部量子効率は最大で (d) % であり、さらに熱失活や物質内の光減衰によって外部量子効率は (e) % 程度に留まる。材料・部材について、輸送層では、正孔・電子をスムーズに発光層へ移動させるために (f) が大きく、且つ、発光層に入った正孔・電子を閉じ込めるため、正孔輸送層では (g) の導入を、電子輸送層では (h) の導入を阻止できる材料が利用される。

3. プラズマディスプレイ (PDP) について、発光原理を説明せよ。

4. 発光ダイオード (LED) に関する下記の文章中の空欄 (a)～(e) に入る適切な語句を答えよ。

LED の発光原理について、ダイオードに電圧を順方向に印加すると、P 型半導体から (a) が、N 型半導体から (b) が PN 接合領域に向かって移動し、(a) と (b) が (c) するときに生じるエネルギー放出が発光となる。発光色は、光の (d) によって変化するが、半導体材料自身やそれに添加する (e) によって制御可能である。

(1) 2011 (1)

(2) 2017 (2)

(3) 2010 (3)

(4) 2012 (4)