



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 58291

(13) A

(51) 7 G02F1/133

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОДНОРІДНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ РІДКИХ КРИСТАЛІВ

1

2

(21) 2002119173

(22) 18 11 2002

(24) 15 07 2003

(46) 15 07 2003, Бюл. № 7, 2003 р.

(72) Ярошук Олег Васильович, Добровольський
Андрій Миколайович, Павлов Сергій Миколайо-
вич, Кравчук Руслан Миколайович, Гончаров
Олексій Антонович, Проценко Іван Макарович(73) Ярошук Олег Васильович, Добровольський
Андрій Миколайович, Павлов Сергій Миколайо-
вич, Кравчук Руслан Миколайович, Гончаров
Олексій Антонович, Проценко Іван Макарович

(57) Спосіб однорідної орієнтації рідких кристалів (РК) шляхом опромінення орієнтуючого шару корпускулярним пучком, похилим до підкладки, який відрізняється тим, що опромінення проводять пучком плазми з параметрами, що лежать у межах кут опромінення $\alpha = 20-85^\circ$, час опромінення $\tau = 10\text{с}-5\text{хв}$, густина струму $j = 0,1-10\text{мкА/см}^2$, енергія $E = 200-1500\text{В}$, причому вісь легкої орієнтації РК задають напрямком падіння пучка плазми так, що проекція легкої осі орієнтації РК на орієнтуючий шар співпадає з проекцією пучка плазми, а її переднахил є того ж напрямку, що і напрямок падіння пучка

Винахід стосується технології рідкокристалічних (РК) дисплеїв та інших приладів, що базуються на орієнтованих РК-шарах

Як відомо, процес обробки орієнтуючих підкладок, що забезпечує якісну орієнтацію рідких кристалів (РК) є одним з найважливіших технологічних процесів дисплеїв та інших пристроїв на основі орієнтованих шарів РК. Найчастіше в таких пристроях використовується похила орієнтація РК, тобто одновісна орієнтація з певним переднахилом осі орієнтації по відношенню до орієнтуючої поверхні. Традиційним методом одержання похилої орієнтації рідких кристалів є натирання орієнтуючих поверхонь в певному напрямку. У цьому випадку рідкий кристал, як правило, орієнтується вздовж напрямку натирання. В останнє десятиріччя метод натирання почав стримувати подальший розвиток технології РК дисплеїв в силу ряду недоліків. Метод натирання базується на механічному контакті натираючого пристрою з орієнтуючою підкладкою. Такий контакт часто спричиняє руйнування орієнтуючої підкладки та поверхневих електронних елементів. Більше того, завдяки натиранню, на орієнтуючій поверхні генерується статичний електричний заряд, який, з одного боку, небезпечний для поверхневих електронних елементів та, з іншого боку, сприяє накопиченню частинок пилу на орієнтуючій поверхні. Крім цих недоліків, метод натирання складно застосовувати для створення

дисплеїв мультидоменної орієнтації, що характеризуються покращеним кутом огляду.

Відомо ряд способів, запропонованих останнім часом, для уникнення недоліків методу натирання, серед яких найбільш перспективним вважається спосіб фотоорієнтації [1, 2]. Він ґрунтується на спроможності деяких класів полімерів набувати анізотропних властивостей при опроміненні поляризованим світлом. Безумовною перевагою цього способу є відсутність механічного контакту з орієнтуючою поверхнею. Спосіб також дозволяє досить просто здійснювати модуляцію легкої осі, кута переднахилу та енергії зчеплення. Разом з тим, спосіб фотоорієнтації має ряд недоліків у порівнянні із традиційним способом натирання. Він характеризується відносно низькою енергією зчеплення, подвійним виродженням кута переднахилу, недостатньо високою термостабільністю та фотостабільністю індукованої орієнтації. Недоліки способу фотоорієнтації, очевидно, пов'язані із досить м'якою дією видимого та УФ опромінення на орієнтуючі шари.

Відомий спосіб [4], обраний як прототип, в якому орієнтуючий шар опромінюють корпускулярним пучком, похилим до підкладки. Важкі іони не проникають глибоко в орієнтуючі плівки, однак суттєво модифікують їх поверхню. Спосіб забезпечує похилу орієнтацію РК на підкладках органічної (полімери) та неорганічної (аплазоподібні плів-

(19) UA (11) 58291 (13) A

ки, SiN_x , SiC , SiO_2 , Al_2O_3 та ін.) природи. Запропоновано також кілька застосувань способу іонної обробки для модуляції орієнтації РК [5-10]. В той же час, в методі, запропонованому в [4], використовуються досить складні іонні джерела.

В основу винаходу поставлена задача забезпечення високоякісної похилої орієнтації РК з контрольованими параметрами орієнтації з використанням іонних джерел спрощеної конструкції, що використовуються для генерації плазмових пучків.

Поставлена задача вирішується тим, що у спосіб однорідної орієнтації рідких кристалів (РК) шляхом опромінення орієнтуючого шару корпускулярним пучком, похилим до підкладки, опромінення проводять пучком плазми з параметрами, що лежать у межах кут опромінення $\alpha=20-85^\circ$, час опромінення $\tau=10\text{с}-5\text{хв}$, густина струму $j=0,1-10\text{мкА/см}^2$, енергія $E=200-1500\text{В}$, причому вісь легкої орієнтації РК задають напрямком падіння пучка плазми так, що проекція легкої осі орієнтації РК на орієнтуючий шар співпадає з проекцією пучка плазми, а її переднахил є того ж напрямку, що і напрямком падіння пучка.

При створенні винаходу були враховані переваги способів орієнтації жорстким УФ та іонним пучком, які можуть бути поєднані при опроміненні орієнтуючих шарів плазмою. Обробка поверхонь в ізотропній плазмі для модифікації РК орієнтації проводилася і раніше. Вона використовувалася для травлення поверхонь, імплантації атомів та молекулярних груп та для полімеризації матеріалу орієнтуючої плівки [11-15]. Такі процеси сприяли модифікації лише зенітальної енергії зчеплення. Застосування напрямлених потоків (пучків) плазми для імплантації атомів та молекулярних фрагментів, полімеризації та ін., на відміну від обробки в ізотропній плазмі [11-15], може призвести до модуляції як полярного, так і азимутального зчеплення.

На відміну від іонних джерел типу Кауфмана [16], які використовувалися в [3-8], плазмові джерела вирізняються значно простішою будовою. Вони не містять прискорюючих та компенсуючих стоків, а також допоміжних джерел електронів для ініціювання газового розряду. Плазмові джерела характеризуються більшим ресурсом та економічністю.

На противагу іонному пучку, плазма містить цілий ряд активних компонентів (іони, нейтральні атоми, електрони, УФ випромінювання). Комбінація цих факторів впливу дає ефект цілком відмінний від ефекту лише одних іонів.

Отже, зберігаючи основні переваги методу іонної орієнтації, метод плазмової орієнтації має ряд переваг та відкриває нові можливості.

Пояснюють винахід фігури креслень.

Фіг 1 Схема джерела плазмового випромінювання та система опромінення. 1 – вакуумна камера, 2 – вікно, 3 – газорозрядний канал, 4 – тримач, 5 – підкладка. С – катод, А – анод, N та S – полюси постійного магніту.

Фіг 2 Фото (а) та схема (б) комбінованої РК комірки в схрещених поляризаторах. Нижня підкладка комірки – натертій шар полімиду, а верхня – шар полімиду опромінений плазмовим пучком. Напрямки натирання та опромінення показані

стрілками. Верхня підкладка опромінена лише в області чорного прямокутника на фото.

Фіг 3 Залежності кута переднахилу РК К15 від кута падіння плазмового пучка для різних підкладок: □ – полімід, ○ – ПММА, ▽ – ПВЦН, Δ – скло. Параметри опромінення для полімерів та скла, відповідно, такі: $j=8\text{мкА/см}^2$, $E=600\text{еВ}$, $\tau_{\text{едр}}=2,5\text{хв}$ та $j=0,5\text{мкА/см}^2$, $E=400\text{еВ}$, $\tau_{\text{едр}}=2,5\text{хв}$.

Фіг 4 Кут переднахилу РК К15 на підкладках полімиду як функція енергії іонів Аг плазми: $j=8\text{мкА/см}^2$, $\tau_{\text{едр}}=2,5\text{хв}$, $\alpha=20^\circ$. Товщина комірок 20мкм.

Фіг 5 Кут переднахилу РК К15 на підкладках полімиду як функція густини струму Аг плазми: $E=600\text{еВ}$, $\tau_{\text{едр}}=2,5\text{хв}$, $\alpha=20^\circ$. Товщина комірок 20мкм.

Фіг 6 Залежності світлопропускання від прикладеної напруги для РК комірок на основі натертого полімиду (□) та полімиду, обробленого плазмою (●). Параметри плазмової обробки:

$E=600\text{В}$, $j=8\text{мкА/см}^2$, $\tau_{\text{едр}}=2,5\text{хв}$, $\alpha=20^\circ$. Товщина комірок 6мкм.

Фіг 7 Схематичне зображення процесу одержання дводоменної структури із взаємно перпендикулярними осями легкої орієнтації РК в доменах різного типу.

Фіг 8 Схематичне зображення процесу одержання дводоменної структури із протилежними напрямками переднахилу РК в доменах різного типу.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином.

Як джерело колімованих плазмових потоків використовують прискорювач з анодним шаром (фіг 1). Це джерело розроблено спеціально для отримання плазмових потоків малої розбіжності і містить постійні магніти на внутрішньому та зовнішньому катодах. Анод А розміщений над катодами С. Разом ці електроди утворюють розрядний канал 3. Потік формується в схрещених магнітному і електричному полі безпосередньо в газорозрядному каналі, тому він є частиною генерованої плазми. З метою обробки підкладок великої площі розрядний канал виготовлено у формі бігової дорожки. У цьому випадку екстрагований плазмовий пучок має площиноподібну форму і шляхом переміщення можна обробляти поверхні великої площі. Оброблювані підкладки 5 містяться у вакуумній камері на тримачі 4, що дозволяє змінювати кут падіння плазмового потоку від 0 до 90° .

Вакуумна камера 1 відкачується до тиску 10^{-5}Тор і заповнюється аргоном. Використання аргону не виключає використання плазми інших газів для обробки поверхонь. Робочий тиск в камері змінювався в межах $(2-10)10^{-4}\text{Тор}$. Цей тиск визначав густину струму іонів плазми j . Енергія іонів задається анодним потенціалом U , що складав 200-1500В. Оптимальний час опромінення $\tau_{\text{едр}}$ (час опромінення необхідний для якісної орієнтації) визначається експериментально.

Як орієнтуючі підкладки використовуються полімерні шари, нанесені на скляні пластини з прозорими ІТО електродами. Для РК орієнтації використовуються також оброблені плазмовим пучком чисті скляні підкладки та скляні підкладки з ІТО електродами.

Для орієнтації РК на оброблених поверхнях виготовляються комірки у вигляді плоских каплярів, утворених орієнтуючими підкладками, розділеними спейсерами певного розміру (в нашому випадку 6 та 20 мкм). Такі комірки заповнюються часто вживаними нематиками K15 та ZLI4801-000 фірми Мерк. Виготовлялося кілька типів комірок.

1. Комбіновані комірки, в яких одна із підкладок оброблена плазмовим пучком, а інша - містила шар полімиду, натертого в певному напрямку. В таких комірках оброблена плазмою підкладка була об'єктною (досліджуваною), а натерта - референтною. Вважалось, що вісь легкої орієнтації на цій підкладці співпадає з напрямком натирання. Це давало змогу визначити напрямок орієнтації РК на обробленій плазмою підкладці.

2. Симетричні комірки, в яких обидві підкладки оброблені плазмовим пучком. Підкладки комбінуються таким чином, що напрямки падіння плазмового пучка були антипаралельними. Такі комірки використовуються для вимірювання кута переднахилу РК методом обертання зразків [17].

3. Комірки мультидоменої орієнтації для демонстрації можливостей запропонованого методу.

В комбінованій комірці, що розташована в схрещених поляризаторах (фиг 2), об'єктною підкладкою є оброблений плазмою шар полімиду. Комірка заправлена РК K15. Чорний прямокутник в центрі комірки відповідає області об'єктної підкладки, що опромінена плазмовим пучком ($j=8\text{мкА/см}^2$, $E=600\text{еВ}$, $\tau_{\text{exp}}=2\text{хв}$). Напрямок натирання референтної підкладки 1 та проєкція напрямку пучка плазми на об'єктну підкладку 2 направлені у вертикальному напрямку (стрілки на схемі б). Фото демонструє якісну однорідну планарну орієнтацію РК в області підкладки, обробленої плазмою. Напрямок орієнтації РК в цій області співпадає з напрямком натирання референтної підкладки. Це означає, що легка вісь РК на об'єктній підкладці індукується в напрямку проєкції плазмового пучка на підкладку. Орієнтація такої ж якості та з таким же напрямком легкої осі РК спостерігалася також на шарах інших полімерів (полівінілцїннаму, поліметилметакрилату, полістиролу, полівінілового спирту та ін.), а також на поверхні скла та ІТО електродів.

Кут переднахилу РК K15 на різних підкладках залежить від умов опромінення (фиг 3-5). Його значення як функції кута падіння плазмового пучка для кількох полімерних орієнтуючих шарів (\square - полімід, \circ - ПММА, ∇ - ПВЦН), а також для чистого скла (Δ) видно з фиг 3. Параметри плазмового опромінення для полімерних шарів і скла були, відповідно, $j=8\text{мкА/см}^2$, $E=600\text{еВ}$, $\tau_{\text{exp}}=2,5\text{хв}$ та $j=0,5\text{мкА/см}^2$, $E=400\text{еВ}$, $\tau_{\text{exp}}=2,5\text{хв}$. Товщина відповідних симетричних комірок складала 20 мкм. Кут переднахилу на поліміді залежить від енергії іонів плазми (фиг 4). Інші параметри опромінення такі: $j=8\text{мкА/см}^2$, $\tau_{\text{exp}}=2,5\text{хв}$, $\alpha=20^\circ$. Товщина комірок 20 мкм.

Рис. 5 демонструє залежність кута переднахилу на поліміді від густини струму. Опромінення здійснювалось при наступних параметрах: $E=600\text{еВ}$, $\tau_{\text{exp}}=2,5\text{хв}$, $\alpha=20^\circ$. Товщина комірок 20 мкм.

Плазмова обробка забезпечує кут переднахилу в межах кількох градусів (фиг 3-5), що значно більше за типові значення переднахилу, одержані методом фотоорієнтації [18]. Також видно, що кут переднахилу може керуватися за допомогою зміни параметрів опромінення.

Методом виміру кута закручування в комбінованих комірках [19] було проведено оцінку азимутальної енергії зчеплення W_a . Одержані значення були близькі до 10^3 ерг/см^2 , тобто такого ж порядку, що і значення W_a , що відповідають методу фотоорієнтації [18]. Як і кут переднахилу, енергія зчеплення залежить від параметрів опромінення.

Залежність пропускання симетричної комірки на основі оброблених плазмовим пучком полімідних підкладок (\bullet), розміщеної між схрещеними поляризаторами, від прикладеної напруги видно з фиг 6. Товщина комірки 6 мкм. Для порівняння приведена також характеристика комірки тієї ж товщини, побудованої на натертих шарах полімиду (\square). Як видно, одержані характеристики практично ідентичні.

РК орієнтація на оброблених плазмою підкладках стійка до температурних та світлових впливів. Зокрема, нагрівання комірок до 120°C (вище температури просвітлення рідких кристалів), витримка при цій температурі на протязі 15хв та наступне охолодження до кімнатної температури не призводили до помітного погіршення якості орієнтації. Те ж саме стосується опромінення зразків УФ світлом неперервного спектру (250мВт/см^2 , 30хв).

Однією з визначних властивостей запропонованого методу РК орієнтації є можливість переорієнтації осі легкої орієнтації РК. Це може бути досягнуто шляхом опромінення попередньо опроміненої підкладки в новому напрямку. Така властивість, наприклад, зменшує кількість етапів обробки підкладки та кількість використовуваних масок при одержанні мультидомених структур, які, як відомо, створюються для запису зображень, покращення кута огляду РК дисплеїв та ін. Для одержання таких структур, метод плазмової орієнтації може також комбінуватися з іншими відомими методами РК орієнтації.

Приклади здійснення способу. Приклад 1.

Підкладки на основі поліметилметакрилату опромінені плазмовим пучком при азимутальному куті 0° та полярному куті $\alpha=60^\circ$ (фиг 7а). Після цього зразок покривається маскою із тефлону і опромінюється при азимутальному куті 90° та полярному куті $\alpha=60^\circ$ (рис 7б). Параметри опромінення для обох випадків такі: $j=8\text{мкА/см}^2$, $E=600\text{еВ}$, $\tau_{\text{exp}}=2,5\text{хв}$.

Таким чином в підкладці індукується дводомenna структура із взаємно перпендикулярними осями легкої орієнтації РК (фиг 7в). При складанні комірки із таких підкладок можна одержати РК домени паралельної чи твістової орієнтації. Комірка заповнюється РК ZLI4801-000.

Приклад 2.

Використовуються підкладки на основі полівінілцїннаму. Процес обробки підкладок аналогічний використаному в Прикладі 1 за винятком того, що на першому етапі обробки проходить опромінення частково поляризованим УФ пучком при азимутальному куті 0° та полярному куті $\alpha=60^\circ$. У підкладці індукується дводомenna структура ана-

логічна тій, що в Прикладі 1 При складанні комірки із таких підкладок можна одержати РК домени паралельної чи твістової орієнтації. Комірка заповнюється РК K15

Приклад 3

Використовуються підкладки на основі полімиду. Процес обробки підкладок аналогічний використанню в Прикладі 1 за винятком того, що на першому етапі обробки проходить їх натирання в напрямку осі Y. В підкладці індукуюється дводоменна структура аналогічна тій, що в Прикладі 1. При складанні комірки із таких підкладок можна одержати РК домени паралельної чи твістової орієнтації. Комірка заповнюється РК K15

Приклад 4

Підкладки на основі полімиду опромінені плазмовим пучком при азимутальному куті 0° та полярному куті $\alpha=60^\circ$ (фіг 8а). Після цього зразок покривається маскою із тефлону і опромінюється при азимутальному куті 180° та полярному куті $\alpha=60^\circ$ (фіг 8б). Параметри опромінення для обох випадків такі: $j=8\text{ мкА/см}^2$, $E=600\text{ еВ}$, $t_{\text{exp}}=2,5\text{ хв}$. Таким чином у підкладці індукуюється дводоменна структура із протилежним напрямком переднахилу РК (фіг 7в). При складанні комірки із таких підкладок можна одержати РК домени паралельної чи твістової орієнтації. Комірка заповнюється РК K15

Наведені приклади підтверджують досягнення технічного результату при здійсненні заявленого способу

Джерела інформації

1 Дядюша А, Козенков В, Резников Ю, Ре-

шетняк В, Хижняк А. Укр фіз журн, 36, 1059 – 1991

2 Schadt M, Schmitt K, Kozinkov and Chigrinov V, Jpn J Appl Phys - part 1 - 31, 2155 – 1992

3 Hasegawa M, Jpn J Appl Phys – 39 - Part 1 - No 3A, 1272 – 2000

4 US Patent, 5,770,826, 1998

5 Chaudhari P et al, Jpn J Appl Phys, N1A/B, L55 – 1998

6 US Patent, 6,061,114, 2000

7 US Patent, 6,124,914, 2000

8 Chaudhari P et al NATURE, 411, 56 – 2001

9 US Patent, 5,710,608, 1998

10 US Patent, 6,061,115, 2000

11 Fonseca J, Charue P and Galerne Y, Mol Cryst Liq Cryst, 329, 597 – 1999

12 Galerne Y and Hubert P, Eur Phys B, 8, 245 – 1999

13 Патент Росії № 2055384, 1992

14 Dubois J, Gazard M and Zann A, Appl Phys Lett, 24, No7 - 1974

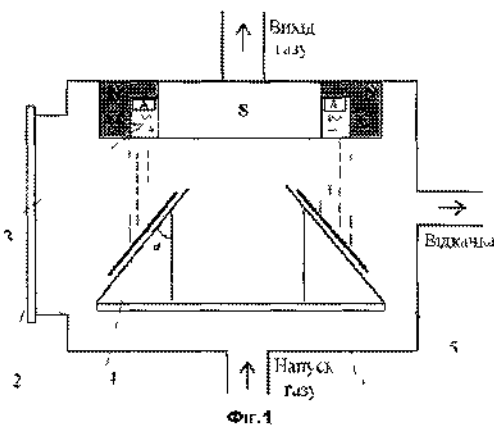
15 Watanabe R, Nakano T, Jpn J Appl Phys, 26, No3, 373 - 1987

16 Zhurin V, Kaufman H, Robinson R, Plasma Sources Sci Technol, 8, 1 - 1999

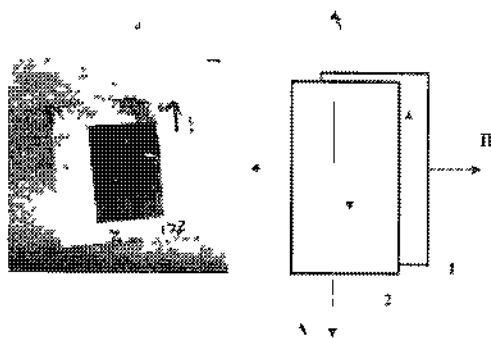
17 Dyadyausha A, Marusi T, Reznikov Yu and Yaroshchuk O, SPIE, 2731, 151 - 1996

18 O'Neill M and Kelly S M, J Phys D Appl Phys, 33, 67 - 2000

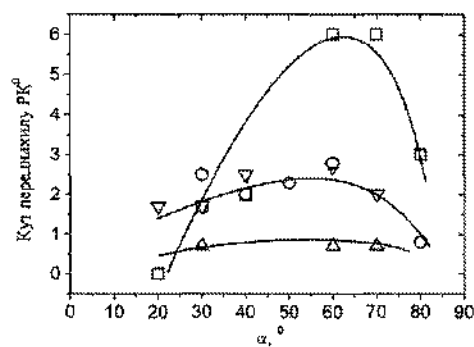
19 Sun R, Huang X, Ma K and Jing H. SID Proc IDRC, 225 - 1994



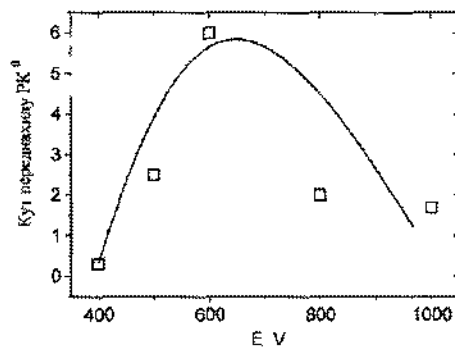
Фиг. 1



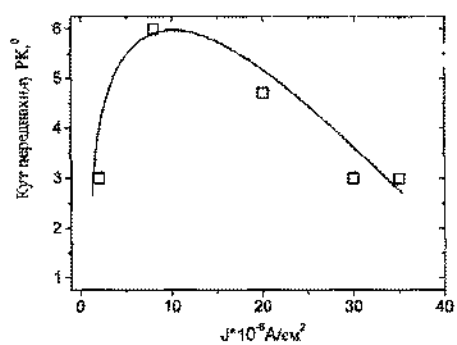
Фиг. 2



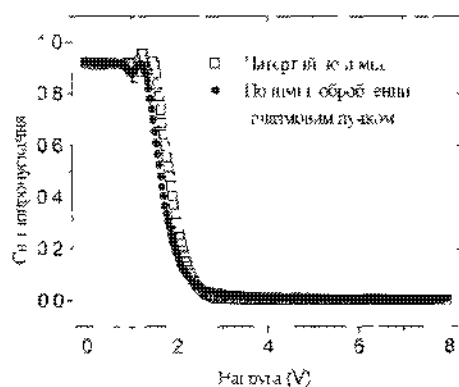
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг.5



Фиг.6

