



УКРАЇНА

(19) UA (11) 85397 (13) C2
(51) МПК (2009)
G02F 1/13МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ФОРМУВАННЯ РІДКОКРИСТАЛІЧНОЇ ДИФРАКЦІЙНОЇ РЕШІТКИ

1

(21) а200606159
(22) 02.06.2006
(24) 26.01.2009
(46) 26.01.2009, Бюл.№ 2, 2009 р.
(72) СИТНИКОВ ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВІЧ, UA
(73) ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОНОМІКИ ТА УПРАВЛІННЯ, UA
(56) US 6172792, 09.01.2001
JP 2040615, 09.02.1990
(57) Спосіб формування рідкокристалічної дифракційної решітки, заснований на дії електричного

2

поля на рідкокристалічний шар із спіральною надмолекулярною структурою, який відрізняється тим, що за допомогою змінного електричного поля на нематичний рідкий кристал із додатною анізотропією діелектричної проникності та індукованою спіральною надмолекулярною структурою перерозподіляють енергію світлового потоку між максимумами заданих порядків, при цьому контролюють і регулюють кількість максимумів та їхню інтенсивність відповідною зміною напруженості електричного поля.

Запропонований спосіб відноситься до області електрооптики, зокрема до спектроскопії.

Відомі рідкокристалічні дифракційні решітки засновані на явищі електрогідродинамічної нестійкості в нематичних рідких кристалах під впливом низькочастотних електричних полів ($0 < \nu < 1000 \text{ Гц}$) [1,2].

Найбільш близьким аналогом по технічній суті, прийнятим за прототип є спосіб формування дифракційної решітки за допомогою нематичних рідких кристалів з від'ємною анізотропією діелектричної проникності [3].

Принцип її дії полягає в наступному: під впливом низькочастотного електричного поля ($0 < \nu < 1000 \text{ Гц}$) в нематичному рідкому кристалі формуються просторові електричні заряди з йонів протилежного знаку, які створюють у рідкокристалічному шарі струм провідності. Природа йонів пояснюється наявністю домішок вихідних продуктів синтезу рідкого кристала, дисоціацією власних молекул рідкого кристала й молекул домішок, інжекцією електронів з наступним утворенням йонів, іонізацією під дією радіоактивного та космічного випромінювань тощо. Просторові електричні заряди змушують видовжені молекули рідкого кристала створювати гідродинамічний потік, що приводить до вихорового обертання цих молекул всередині циліндричних областей. У центрі вихору показник заломлення для незвичайного променя є мінімальним, на краю - максимальним. Тому циліндричні області відіграють роль збирних лінз, які фокусують падаюче на рідкий кристал світло в тонкі лінії.

Утворюється смугаста одновимірна текстура, яка й виконує роль дифракційної решітки.

До недоліків цього способу можна віднести:

1) залежність чіткого зображення дифракційної картини від концентрації йонів у рідкому кристалі, яка може змінюватися неконтрольовано під впливом зовнішніх умов. З часом це змінює характеристики рідкого кристала, що впливає на експлуатаційні параметри дифракційної решітки;

2) неможливість цілеспрямовано перерозподіляти енергію світлового потоку між головними максимумами заданих порядків, що особливо важливо при використанні слабких джерел світла.

Завданням винаходу є створення способу формування рідкокристалічної дифракційної решітки, який дозволяє керовано перерозподіляти енергію світлового потоку між головними максимумами заданих порядків, а також звільнитися від струмів провідності в комірці з рідким кристалом, що забезпечує стабільність експлуатаційних параметрів дифракційної решітки.

Поставлена задача розв'язується за рахунок способу формування рідкокристалічної дифракційної решітки, заснованого на дії електричного поля на рідкокристалічний шар із спіральною надмолекулярною структурою, який відрізняється тим, що за допомогою змінного електричного поля частотою понад 1000 Гц на нематичний рідкий кристал з додатною анізотропією діелектричної проникності та індукованою спіральною надмолекулярною структурою перерозподіляють енергію світлового потоку між максимумами заданих порядків, при

(13) C2

(11) 85397

(19) UA

цьому контролюють і регулюють кількість максимумів та їхню інтенсивність відповідною зміною напруженості електричного поля.

На Фіг.1 подана схема пристрою, за допомогою якої реалізується запропонований спосіб: лазер (1), комірка з рідким кристалом (2), екран (3), звуковий генератор (4).

На Фіг.2 подана будова комірки з рідким кристалом: скляні пластини (5), провідний шар SnO_2 (6), стрічки з діелектрика (7), рідкий кристал (8).

Комірка являє собою плоский конденсатор завтовшки 15-20мкм. Електроди конденсатора виготовлені зі скляних пластин (5), на одну з поверхонь яких нанесено провідний шар SnO_2 (6). Діелектриком конденсатора слугує нематичний рідкий кристал (8) з індукованою спіральною надмолекулярною структурою. Товщина міжелектродного проміжку фіксується стрічками (7) з тефлону. Герметизують комірку по периметру епоксидною смолою, але при цьому треба залишити два отвори: перший - для заповнення комірки рідким кристалом; другий - для виходу з комірки повітря. Заповнюється комірка рідким кристалом при температурі, що перевищує температуру фазового переходу рідкий кристал - ізотропна рідина завдяки дії каплярних сил. Після цього комірку герметизують повністю.

Робота даного пристрою за пропонуванням способом відбувається наступним чином. Комірку з рідким кристалом (2) розташовують перпендикулярно до площини падіння променя лазера (1) і в прохідному світлі спостерігають на екрані (3) дифракційну картину. З метою перерозподілу енергії світлового потоку між максимумами заданих порядків на електроди комірки подають змінну напругу за допомогою звукового генератора (4), при цьому, змінюючи напруженість електричного поля між електродами комірки, контролюють і регулюють кількість максимумів та їх інтенсивність.

Для одержання керованого перерозподілу енергії світлового потоку між головними максимумами заданих порядків надмолекулярну структуру нематичного рідкого кристала змінюють на спіральну шляхом додавання до нього домішки з оптично активними молекулами. Змінюючи концентрацію оптично активного компонента в суміші, одержують спіральну структуру з різним значенням кроку P . За допомогою спеціально створених граничних умов вісь спіралі орієнтують у площині опорних поверхонь комірки. При цьому за допомогою мікроскопа можна спостерігати текстуру, яку називають "відбитками пальців" (Фіг.3). Внаслідок повороту молекул рідкого кристала виникає періодичність у зміні показника заломлення. Зовнішній вигляд такої періодичності проявляється в смугах з періодичною зміною інтенсивності світла. Текстура "відбитки пальців" являє собою фазову дифракційну решітку з періодом $P/2$. Роль щілини відіграє смуга, ширина якої дорівнює половині кроку спіралі.

Значення кроку спіралі змінюють за допомогою електричного поля. Для нематичних рідких кристалів з додатною анізотропією діелектричної проникності вектор дипольного моменту молекул співпадає з напрямом довгої молекулярної осі.

Тому із збільшенням напруженості електричного поля \vec{E} молекули починають орієнтуватися вздовж ліній напруженості і крок спіралі зростає до нескінченності, тобто спіраль розкручується. Отже, електричне поле, що прикладене до електродів комірки, буде змінювати крок спіралі й впливати на профіль щілини. Із зміною профілю щілини відбувається перерозподіл енергії світлового потоку між головними максимумами різних порядків. Це дозволяє зосередити енергію світлових хвиль у головних максимумах заданих порядків, послаблюючи при цьому інтенсивність головних максимумів інших порядків, в тому числі й нульового.

Для одержання текстури "відбитки пальців" комірка з рідким кристалом готується за певною методикою. Спочатку слід очистити поверхні скляних пластин від органічних домішок. Для цього їх витримують 20-30 хвилин у розчині біхромату калію в концентрованій сірчаній кислоті, промивають у дистильованій воді й висушують у термошафі. Потім збирають плоский конденсатор.

Молекули нематичного рідкого кристала з полярними кінцевими групами орієнтуються перпендикулярно до поверхні очищених скляних пластин за рахунок диполь-дипольної взаємодії, або за рахунок водневих зв'язків. Як тільки на поверхнях пластин виникає такий моношар, сили міжмолекулярної взаємодії індукують набуту орієнтацію молекул в глибину комірки.

Таку саму орієнтацію молекул нематичного рідкого кристала одержують за допомогою деяких поверхнево-активних речовин, наприклад, цетилпирідиній броміду (ЦПБ). Полярна група молекул ЦПБ взаємодіє з поверхнею, а довгий аліфатичний ланцюг - з молекулою нематичного рідкого кристала. Шар розчину ЦПБ в ізопропиловому спирті (~1%) заздалегідь наноситься на поверхню електродів комірки, або ЦПБ розчинюється в рідкому кристалі в малій кількості (~0,1%).

Для нематичного рідкого кристала зі спіральною надмолекулярною структурою орієнтуюча дія моношару обмежується тільки приповерхневою областю, тому розглянуті граничні умови змушують вісь спіралі розташовуватися в площині опорних поверхонь. При цьому важливою умовою є співвідношення між значенням кроку спіралі і товщиною комірки: коли крок спіралі є співрозмірним з товщиною комірки, то сили зчеплення молекул з поверхнею розкручують спіраль; коли крок спіралі є значно меншим від товщини комірки, то сили зчеплення молекул з поверхнею не впливають на спіральну надмолекулярну структуру зразка в цілому і тому утворюється текстура "відбитки пальців".

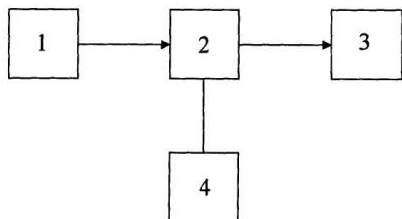
Таким чином, запропонований спосіб дозволяє сформувати рідкокристалічну дифракційну решітку і регулювати перерозподіл енергії світлового потоку між головними максимумами заданих порядків. Використання нематичного рідкого кристала з додатною анізотропією діелектричної проникності та змінного електричного поля частотою понад 1000Гц забезпечує стабільність експлуатаційних параметрів дифракційної решітки.

Джерела інформації:

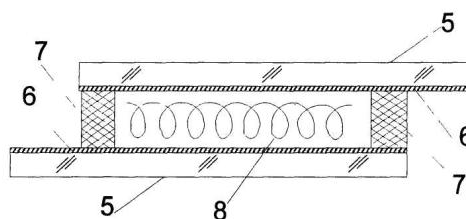
1. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. - М.: Наука, 1978.-384 с.

2. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов. М.: Наука. - Глав. ред. физико-матем. лит., 1983. - 320 с.

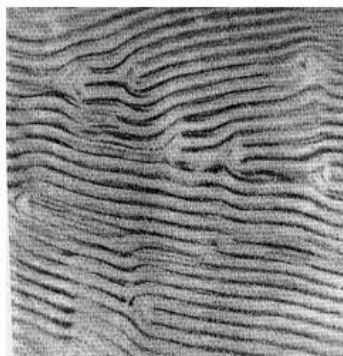
3. Ситников О.П. Керовані електричним полем дифракційні ґратки в демонстраційному експерименті // Фізика і астрономія в школі. - 2004. -№5 -С. 29-31.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3