



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **83390**

(13) **U**

(51) МПК

G01N 21/41 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 02067**

(22) Дата подання заявки: **19.02.2013**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.09.2013**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.09.2013, Бюл.№ 17**

(72) Винахідник(и):

**Андрушак Анатолій Степанович (UA),
Бурий Олег Анатолійович (UA),
Дем'янишин Наталія Михайлівна (UA),
Юркевич Олег Володимирович (UA),
Убізський Сергій Борисович (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА",
вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (UA),
Фізико-механічний інститут ім. Г.В.
Карпенка НАН України,
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060 (UA)**

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КРИСТАЛІЧНОГО ЗРАЗКА ДЛЯ БРЕГГІВСЬКОЇ КОМІРКИ СВІТЛА

(57) Реферат:

Спосіб виготовлення кристалічного зразка для Бреггівської комірки світла полягає в тому, що з джерела випромінювання на кристалічний матеріал скеровують поляризовану електромагнітну хвилю, одночасно збуджують в зразку акустичну хвилю, вимірюють зміну оптичного параметра електромагнітної хвилі та встановлюють напрямки поширення та поляризації електромагнітної і акустичної хвиль, при яких акустооптична ефективність є максимальною, і вирізають із кристалічного матеріалу зразок з гранями, ортогональними до цих напрямків. Напрямки поширення та поляризації електромагнітної і акустичної хвиль, при яких акустооптична ефективність є максимальною для кристалічного матеріалу, встановлюють за допомогою екстремальних поверхонь параметра акустооптичної якості для всіх можливих напрямків поширення і поляризації електромагнітних хвиль та всіх можливих напрямків поширення і поляризації акустичних хвиль, що дозволені законом збереження імпульсу.

UA 83390 U

Корисна модель належить до області розробки оптоелектронних приладів і може бути використана для знаходження орієнтації кристалічного зразка з найбільшою акустооптичною ефективністю для використання його в акустооптичних приладах.

Відомий спосіб виготовлення кристалічного зразка для Бреґівської комірки світла полягає у встановленні таких напрямків поширення електромагнітної і акустичної хвиль в кристалічному матеріалі, при яких величина акустооптичного ефекту досягає великих значень. Цей спосіб включає попереднє визначення для даного кристалічного матеріалу ефективного пружнооптичного коефіцієнта [Kaidan M.V., Tybinka B.V., Zadorozhna A.V., Schranz W., Sahraoui B., Andrushchak A.S., Kityk A.V., The Indicative Surfaces of Photoelastic Effect for Cs_2HgCl_4 Biaxial Crystals // Optical Material.-2007. - V. 29. - P. 475-480], на основі якого розраховують параметр акустооптичної якості M_2 [Andrushchak A.S., Chernykhivsky E.M., Gotra Z.Yu., Kaidan M.V., Kityk A.V., Andrushchak N.A., Maksymyuk T.A., Mytsyk B.G., Shranz W. Spatial anisotropy of acousto-optical efficiency in lithium niobate crystals // J. Appl. Phys.-2010. - V. 108. - P. 103118].

Однак в цьому способі не враховується закон збереження імпульсу $\vec{k}_v = \vec{k}_\mu \pm \vec{K}$, де \vec{k}_μ , \vec{k}_v та \vec{K} - хвильові вектори падаючої і дифрагрованої електромагнітних та акустичної хвиль відповідно, а постулюється нерівність $\vec{K} \ll \vec{k}_\mu$, \vec{k}_v , яка не виконується, особливо при високих акустичних частотах ≤ 1 ГГц і більше. Тому результати визначення напрямів з максимальним значенням акустооптичної ефективності даними способами не завжди є коректними.

Найближчим до запропонованого способу є спосіб виготовлення кристалічного зразка для Бреґівської комірки світла, який полягає в тому, що з джерела випромінювання на кристалічний матеріал скеровують поляризовану електромагнітну хвилю, одночасно збуджують в зразку акустичну хвилю, вимірюють зміну оптичного параметра електромагнітної хвилі та встановлюють напрямки поширення та поляризації електромагнітної і акустичної хвиль, при яких акустооптична ефективність є максимальною і вирізають із кристалічного матеріалу зразок з гранями, ортогональними до цих напрямків [Балакий В.И., Парыгин В.К, Чирков Л.Е. Физические основы акустооптики.- М.: Радио и связь, 1985].

Але цей спосіб не дозволяє максимально підвищити ефективність Бреґівської комірки світла, оскільки передбачає розгляд лише окремих випадків напрямів поширення електромагнітної та акустичної хвиль в кристалічному зразку, що не забезпечує врахування з усіх можливих напрямків, при яких акустооптична ефективність буде найбільшою для даного кристалічного матеріалу.

В основу корисної моделі поставлена задача розробити спосіб виготовлення кристалічного зразка з найбільшою акустооптичною ефективністю для Бреґівської комірки світла, в якому використання екстремальних поверхонь акустооптичної якості забезпечило би аналіз акустооптичної ефективності кристалічного матеріалу у всіх просторових напрямках та дало би можливість визначення таких напрямків розповсюдження та поляризації електромагнітної та акустичної хвиль, що мають найбільшу акустооптичну ефективність. Це забезпечить можливість максимально підвищити ефективність Бреґівської комірки світла.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виготовлення кристалічного зразка для Бреґівської комірки світла, який полягає в тому, що з джерела випромінювання на кристалічний матеріал скеровують поляризовану електромагнітну хвилю, одночасно збуджують в зразку акустичну хвилю, вимірюють зміну оптичного параметру електромагнітної хвилі та встановлюють напрямки поширення та поляризації електромагнітної і акустичної хвиль, при яких акустооптична ефективність є максимальною і вирізають із кристалічного матеріалу зразок з гранями, ортогональними до цих напрямків, згідно з корисною моделлю, напрямки поширення та поляризації електромагнітної і акустичної хвиль, при яких акустооптична ефективність є максимальною для кристалічного матеріалу, встановлюють з допомогою екстремальних поверхонь параметра акустооптичної якості для всіх можливих напрямків поширення і поляризації електромагнітних хвиль та всіх можливих напрямків поширення і поляризації акустичних хвиль, що дозволені законом збереження імпульсу.

Це дозволяє аналізувати і порівнювати величину акустооптичного ефекту в кристалічному матеріалі для всіх напрямків поширення електромагнітної та відповідних можливих напрямків поширення акустичної хвиль, а також вибрати ту комбінацію напрямків з усіх можливих, при яких акустооптична ефективність буде найбільшою. Зразок з гранями, вирізаними ортогонально до цих напрямків, дозволить виготовити Бреґівську комірку світла з максимальною акустооптичною ефективністю.

Розглянемо спосіб виготовлення кристалічного зразка для Бреґівської комірки світла на прикладі кристалів LiNbO_3 (ніобату літію - НЛ).

На кристалічний зразок із НЛ з джерела випромінювання скеровують поляризовану електромагнітну хвилю, одночасно збуджують в зразку акустичну хвилю вздовж кристалофізичних осей X_1, X_2, X_3 чи інших елементів симетрії, та проводять вимірювання зміни оптичного параметру поляризованої електромагнітної хвилі, щоб таким чином, заповнити матрицю пружнооптичних коефіцієнтів (ПрОК) $p_{i\ell}$, де коефіцієнти i, ℓ - відповідають напрямкам поляризації електромагнітної та акустичної хвиль відповідно [Kaidan M.V., Tybinka B.V., Zadorozhna A.V., Schranz W., Sahraoui B., Andrushchak A.S., Kityk A.V., The Indicative Surfaces of Photoelastic Effect for Cs_2HgCl_4 Biaxial Crystals // Optical Material-2007. - V.29. - P. 475-480]. Розрахуємо значення акустооптичної якості M_2 в напрямі з найбільшим пружнооптичним коефіцієнтом $p_{i\ell}$. Але оскільки значення параметра акустооптичної якості M_2 є залежне не лише від величини пружнооптичного коефіцієнта, а визначається таким співвідношенням:

$$M_2 = \frac{n_\mu^3 n_v^3}{\rho V_q^3} p_{\text{ef}}^2 \cos \beta_\mu \cos \beta_v \cos \gamma_a \quad (1)$$

де p_{ef} , n_μ , n_v та β_μ , β_v - відповідно, ефективний пружнооптичний коефіцієнт, показники заломлення світла та кути знесення для падаючої та дифрагованої електромагнітних хвиль, γ_a - кут знесення акустичної хвилі, ρ - густина середовища, в якому розповсюджується хвиля, V_q - фазова швидкість акустичної хвилі з поляризацією q [Балакший В.И., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. Физические основы акустооптики. - М.: Радио и связь, 1985], то розраховане значення M_2 не є найбільшим для даного матеріалу. Для того, щоб максимально ефективно використати акустооптичну якість НЛ, необхідно аналізувати просторову зміну оптичного параметру кристалу при всіх напрямках поширення електромагнітної хвилі та різних поляризаціях.

Згідно з формулою (1) для побудови просторового розподілу величини параметра акустооптичної якості $M_2(\theta, \varphi)$ визначають всі пружні, оптичні, пружнооптичні, п'єзоелектричні параметри кристала при заданих температурі, довжині електромагнітної хвилі, частоті акустичної хвилі та їх поляризацій, (θ, φ) - сферичні координати).

Для врахування в (1) закону збереження імпульсу, напрями хвильових векторів падаючої \vec{k}_μ та дифрагованої \vec{k}_v електромагнітних хвиль задають сферичними кутами θ, φ відносно кристалофізичної системи координат (див. фіг. 1). Кожну точку поверхні L хвильових векторів падаючої електромагнітної хвилі приймають за початок локальної системи координат, в якій будують поверхню S хвильових векторів акустичної хвилі \vec{K} , при цьому напрямки осей цієї локальної системи співпадають з напрямками осей кристалофізичної системи координат. Знаходять лінію перетину C поверхонь хвильових векторів акустичної та дифрагованої електромагнітної хвиль, на якій, згідно із принципами побудови хвильових поверхонь, виконується закон збереження імпульсу, залежно від типу дифракції. Серед точок, розташованих на даній лінії перетину знаходять таку, для якої розрахована величина $M_2(\theta, \varphi)$ є найбільшою; вектор, що відповідає точці з найбільшим значенням параметра акустооптичної якості $M_2^{\text{extr}}(\theta, \varphi)$ є одним із множини радіус-векторів, що описують екстремальну поверхню акустооптичної якості. Аналогічно знаходять решту значень радіус-векторів і будують екстремальну поверхню параметра акустооптичної якості $M_2^{\text{extr}}(\theta, \varphi)$ для всіх напрямків поширення θ, φ падаючої електромагнітної хвилі в кристалічному матеріалі. Після побудови такої поверхні, серед значень M_2^{extr} , отриманих при різних кутах поширення падаючої електромагнітної хвилі θ, φ , знаходять найбільше значення параметра акустооптичної якості $M_{2\text{max}}^{\text{extr}}(\theta, \varphi)$ і відповідні йому значення кутів поширення скерованої електромагнітної та акустичної хвиль, які й визначають орієнтацію граней кристалічного зразка з найбільшою акустооптичною ефективністю.

На фіг. 2 зображено чотири приклади екстремальних поверхонь акустооптичної якості одновісного кристалу LiNbO_3 при кімнатній температурі, довжині електромагнітної хвилі 633 нм, частоті акустичної хвилі 500 МГц для випадків ізотропної та анізотропної дифракції при різних станах поляризації акустичної хвилі. Як впливає із аналізу всіх екстремальних поверхонь, максимальне значення параметра акустооптичної якості для кристала LiNbO_3 досягається при анізотропній дифракції на повільній квазіпоперечній акустичній хвилі і для даних значень частоти акустичної та довжини світлової хвиль складає $15.9 \cdot 10^{-15} \text{ с}^3/\text{кг}$ при таких напрямках поширення та поляризації падаючої, дифрагованої електромагнітних та акустичної хвиль: \vec{k}_μ

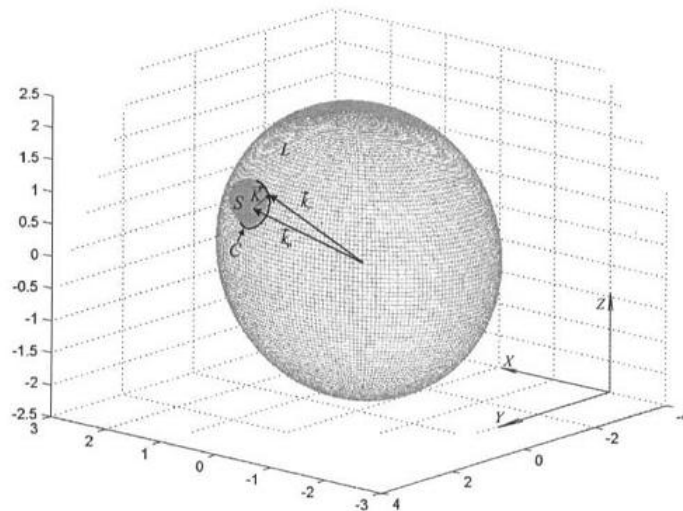
$(\theta=105,7^\circ; \varphi=90^\circ)$, \vec{k}_μ ($\theta=15,7^\circ; \varphi=90^\circ$), \vec{k}_ν ($\theta=90^\circ; \varphi=0^\circ$), \vec{a} ($\theta=136,5^\circ; \varphi=90^\circ$), \vec{k}_q ($\theta=90^\circ; \varphi=180^\circ$).

Ортогонально цим ефективним напрямкам поширення електромагнітної \vec{k}_μ та акустичної \vec{a} хвиль вирізають кристалічний зразок (див. Фіг. 3), який забезпечує найбільший акустооптичний ефект для Бреггівської комірки з ніобату літію. У зразках ніобату літію, виготовлених запропонованим способом, досягається параметр акустичної якості в 2,4 рази більший, ніж у традиційно зорієнтованих зразках з цього кристалічного матеріалу [Акустические кристаллы. Справочник под.ред. М.П. Шаскольской. М.: Наука, 1982. - С. 472].

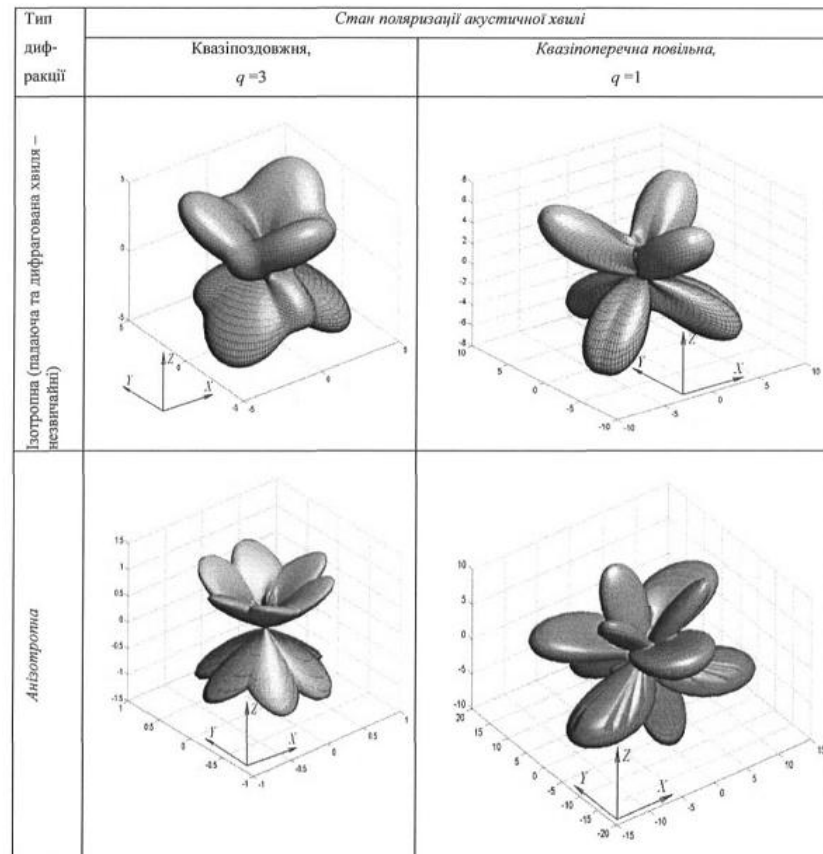
Таким чином, запропонований спосіб із використанням екстремальних поверхонь дозволяє виготовити зразок для Бреггівських комірок світла акустооптичних приладів з найбільш можливою для даного кристалічного матеріалу акустооптичною ефективністю.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

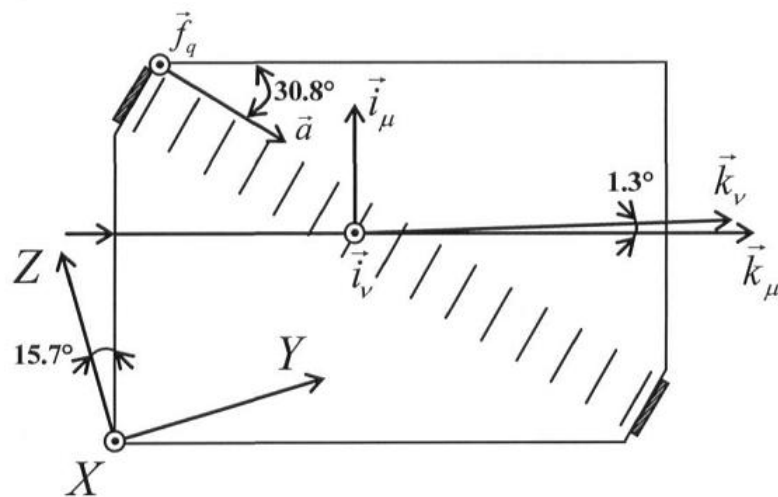
Спосіб виготовлення кристалічного зразка для Бреггівської комірки світла, який полягає в тому, що з джерела випромінювання на кристалічний матеріал скеровують поляризовану електромагнітну хвилю, одночасно збуджують в зразку акустичну хвилю, вимірюють зміну оптичного параметра електромагнітної хвилі та встановлюють напрямки поширення та поляризації електромагнітної і акустичної хвиль, при яких акустооптична ефективність є максимальною, і вирізають із кристалічного матеріалу зразок з гранями, ортогональними до цих напрямків, який **відрізняється** тим, що напрямки поширення та поляризації електромагнітної і акустичної хвиль, при яких акустооптична ефективність є максимальною для кристалічного матеріалу, встановлюють за допомогою екстремальних поверхонь параметра акустооптичної якості для всіх можливих напрямків поширення і поляризації електромагнітних хвиль та всіх можливих напрямків поширення і поляризації акустичних хвиль, що дозволені законом збереження імпульсу.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601