

Винахід належить до систем контролю орієнтації поверхні полімерної плівки.

Спосіб призначений для контролю поверхні полімерної плівки при її виробництві.

Існує багато оптичних способів спостереження за формою поверхні. В основному це системи з використанням відбитого променя, причому одні з них аналізують форму поверхні по відстані до різних точок цієї поверхні (тріангуляційні системи [1]), а інші по напрямку нормалі до поверхні, яка визначається по відхиленню відбитої світлової плями (датчики лінійного зсуву [2,3]).

Тріангуляційні системи подають інформацію про відстань до досліджуваної ділянки плівки, але не визначають її орієнтацію в просторі, тобто не визначають напрямок нормалі до поверхні в даній точці.

Показання датчиків лінійного зсуву залежать від відстані між ними і поверхнею, що відбиває світло, що обмежує динамічний діапазон вимірів, а також робить їх неможливими при неконтрольованих змінах відстаней. Крім того, робота самого датчика заснована на використанні симетрії розподілу інтенсивності по перетину світлового пучка, що істотно збільшує похибки методу при змінах розподілу інтенсивності, наприклад, через зміну типу коливача лазера, що генеруються, в процесі вимірів [4].

Для усунення впливу змін розподілу інтенсивності по перетину світлового пучка використовуються методи, що аналізують зміну поляризації при відбитті від об'єкта. При цьому залишаються недоліки відбивних систем і, крім того, відомі пристрої визначають тільки одну кутову координату [5].

Найбільш близьким до винаходу є спосіб реєстрації кута повороту площини поляризації світла, описаний в [6], в якому світло проходить крізь досліджувану пластину, жорстко закріплений поляризаційний елемент відбивного типу, фарадеевський модулятор, аналізатор, при чому поляризаційний елемент та аналізатор орієнтовані таким чином, що площина падіння світла на поляризаційний елемент містить в собі і один з головних напрямків пропускання аналізатора, та попадає на фотоприймач. Положення, в якому зафіксовано поляризаційний елемент обирається таким чином, щоб складова сигналу від фотоприймача з частотою  $2\omega$  була рівна нулю. Цей метод дозволяє визначити тільки один просторовий кут.

В основу винаходу поставлено задачу контролю орієнтації досліджуваної ділянки плівки, шляхом визначення двох кутів - азимуту і нахилу. Оскільки в розробленій системі використовується світловий промінь, що проходить через досліджувану ділянку плівки, система не чутлива до змін розподілу інтенсивності по перетину світлового пучка, до зміни товщини плівки і відстані до неї, а коливання орієнтації плівки не приводять до різних змін інтенсивності сигналу, що реєструється. Спосіб дозволяє визначати обидві кутові координати нормалі до поверхні плівки щодо оптичної осі вимірювальної системи (азимут повороту і кут нахилу) за допомогою одного променя.

Поставлена задача вирішується тим, що поляризаційний елемент може контролювано змінювати свою орієнтацію, а після фотоприймача сигнал розділяється двома фільтрами на складові з частотами  $\omega$  та  $2\omega$ .

Попередньо поляризаційний елемент встановлюється таким чином, щоб світло на виході з нього було повністю деполаризованим. При цьому кутові координати контролюваної плівки та поляризаційного елемента зв'язані між собою

$$\theta_1 = \theta_2 \pm 90^\circ \quad (1)$$

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

де  $\theta_1$  та  $\theta_2$  - кути азимуту, а  $\varphi_1$  і та  $\varphi_2$  - кути нахилу плівки та поляризаційного елемента відповідно. При зміні орієнтації полімерної плівки ці зв'язки мають вигляд

$$\theta_1 = \theta_2 \pm 90^\circ + \Delta \quad (2)$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 + \delta,$$

де  $\Delta$  та  $\delta$  - зміна кутів азимуту та нахилу.

У випадку, коли  $\Delta$  та  $\delta \ll 1$ , інтенсивність світла, що приймається фотоприймачем залежить від параметрів системи наступним чином

$$I = \frac{I_0}{4} [(t_1 + t_2)(k_1 d_2 + k_2 d_1) - (t_1 - t_2) \cdot (k_1 d_2 + k_2 d_1) \cos 2\alpha + 2\Delta(t_1 + t_2)(k_1 + k_2)\sqrt{d_1 d_2} \sin 2\alpha], \quad (3)$$

де  $I_0$  - інтенсивність падаючого світла;  $t_1, t_2$  - відповідно коефіцієнти найбільшого і найменшого пропускання аналізатора,  $k_1, k_2$  - відповідно коефіцієнти найбільшого і найменшого пропускання плівки,  $d_1, d_2$  - відповідно коефіцієнти найбільшого і найменшого пропускання поляризаційного елемента,  $\alpha = \alpha_0 \sin \omega t$  - миттєве значення кута розгойдування площини поляризації світла модулятором,  $\alpha_0$  - амплітуда розгойдування.

$k_1, k_2, d_1, d_2$  пов'язані з кутами нахилу наступним чином:

$$k_1 = \frac{16n_1^2 \cos^2 \varphi_1 (n_1^2 - \sin^2 \varphi_1)}{(n_1^2 \cos \varphi_1 + \sqrt{n_1^2 - \sin^2 \varphi_1})^2},$$

$$k_1 = \frac{16 \cos^2 \varphi_1 (n_1^2 - \sin^2 \varphi_1)}{(\cos \varphi_1 + \sqrt{n_1^2 - \sin^2 \varphi_1})^2},$$

$$d_1 = \frac{16n_2^2 \cos^2 \varphi_2 (n_2^2 - \sin^2 \varphi_2)}{(n_2^2 \cos \varphi_2 + \sqrt{n_2^2 - \sin^2 \varphi_2})^2},$$

$$d_2 = \frac{16 \cos^2 \varphi_2 (n_2^2 - \sin^2 \varphi_2)}{(\cos \varphi_2 + \sqrt{n_2^2 - \sin^2 \varphi_2})^2},$$

де  $n_1$  - коефіцієнт заломлення матеріалу плівки,  $n_2$  - коефіцієнт заломлення матеріалу поляризаційного елемента.

З (3) випливає, що величини сигналів з частотами  $\omega$  та  $2\omega$ , при умові  $n_1 = n_2$ , мають вигляд:

$$I_\omega = \frac{1}{2} I_0 \Delta (t_1 - t_2) (k_1 - k_2) \sqrt{d_1 d_2} \sin 2\alpha, \quad (4)$$

$$I_{2\omega} = I_0 \delta \frac{\sin^4 2\varphi_1 \times \sin 42r \times \sin^2 (\varphi_1 - r)}{\cos r \times \sin^8 (\varphi_1 + r) \cos^5 (\varphi_1 - r)} \cos 2\alpha,$$

де  $r$  - кут заломлення.

З останніх виразів розраховуються величини  $\Delta$  та  $\delta$  та з рівнянь (2) визначаються кути орієнтації плівки.

Прикладом, що підтверджує можливість реалізації винаходу може служити пристрій показаний на кресленні.

Прилад складається з джерела неполяризованого світла 1, лінзи 2, досліджуваної плівки 3, рухомого поляризаційного елемента 4, орієнтація якого контролюється, модулятора 5, аналізатора 6, фотоприймача 7 та фільтрів, що настроєні на частоту  $\omega$  8 і  $2\omega$  - 9.

При похилому падінні неполяризованого світла від джерела 1 через прозору ділянку контрольованої плівки 3, орієнтацію якої необхідно визначити, воно стає частково поляризованим [7]. Площина наведеної поляризації світла збігається з площиною падіння променя на плівку і, отже, несе інформацію про азимут нормалі до її поверхні. У той же час кут падіння світла на плівку 3 визначає ступінь поляризації світла. При цьому зміна орієнтації поверхні плівки приводить до зміни стану поляризації світла, що проходить. Таким чином, відбувається кодування необхідної інформації про орієнтацію поверхні плівки в параметрах поляризації одного променя. Світловий потік попадає на поляризаційний елемент 4, який має поляризаційні властивості аналогічні плівці 3. Попередньо поляризаційний елемент 4 встановлюється таким чином, щоб світловий промінь після нього ставав цілком деполаризованим. Після цього світло попадає на модулятор 5 і пройшовши аналізатор 5 приймається фотоприймачем 7 і проходить крізь фільтри, які настроєні на частоту  $\omega$  8 і  $2\omega$  - 9. З отриманих величин сигналів на частотах  $\omega$  і  $2\omega$  розраховуються відповідно величини  $\Delta$  та  $\delta$ , а потім, кути азимуту і нахилу плівки.

При вимірах зазначених кутів в декількох точках, вздовж прямої, яка перпендикулярна руху плівки, можна побудувати картину поверхні всієї плівки. Для цього необхідно мати, або набір описаних пристроїв, або він повинен розміщатися на рухомій платформі.

Для полімерної плівки з  $n \approx 1.5$  точність визначення кутів складає близько кутової хвилини. При виникненні вигину плівки з просторовим розміром 10 см, це дозволить фіксувати відхилення плівки від площини на величину 20 мкм.

Джерела інформації:

1. Hausler G., Heckel W. Light sectioning with large depth and high resolution. // Applied Optics, Vol. 27, pp.5165-5169, 1988.
2. Абрамов И. Я., Дмитриев И. П., Иванов С. В. и др. Исследования стабильности положения основной диаграммы направленности гелий-неонового ОКГ. // Электронная техника, сер. 4, - 1972, - вып. 9, - с. 32-36.
3. Гримблатов В. М., Бекшаев А. Я., Калугин В. В. Модуляционный метод измерения пространственных характеристик лазерного излучения. // Квантовая электроника, -1978,-5,-с.1130-1138.
4. Dainty J. C. Laser Speckle and Related Phenomena. Springer-Verlag, Berlin, 1975.
5. Лобачев М. И., Рабинович Э. М., Тучин В. В. Определение направления лазерного луча по изменению поляризации при отражении. // ПТЭ, - 1980, - 5, - с. 205
6. Тронько В. Д., Кузнецов Ю. А., Плаксий Ю. С. Метод регистрации угла поворота плоскости поляризации света. // Оптика и спектроскопия, - 1971, - т.30, - вып. 3, - с. 539-542.
7. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М., 1973.

