

УДК 681.58

І. В. Косяк

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Удосконалення виміральної системи приводу позиціонера станції лазерного запису

Представлено удосконалення виміральної системи приводу позиціонера станції лазерного запису з метою підвищення точності його руху. Запропоновано реалізацію даної виміральної системи на основі синусно-косинусного інтерполятора з використанням перемножуючих цифро-аналогових перетворювачів.

Ключові слова: позиціонер, інтерференційний сигнал, диск-оригінал, крок доріжки, обробка сигналу, синусно-косинусний інтерполятор.

Станції лазерного запису, які забезпечують рельєфний запис дисків-оригіналів для оптичної пам'яті, є одними з найбільш складних сучасних оптико-електронних систем. З кожним роком збільшуються об'єми інформації та швидкість її передачі, що обумовлює вдосконалення існуючих і розробку нових форматів запису. В доступній літературі майже відсутня будь-яка інформація стосовно побудови та роботи станцій лазерного запису. Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що висвітленню цієї проблеми приділяється надто мало уваги. Принаймні було знайдено одне посилання на створення станції лазерного запису в Інституті систем обробки зображень РАН (Росія), яка забезпечує точність позиціонування 50 нм [1].

В Інституті проблем реєстрації інформації НАН України було створено єдину діючу станцію лазерного запису в Україні. Актуальною задачею залишається як вдосконалення роботи діючої станції, так і дослідження нових принципів її побудови. Дана робота присвячена вдосконаленню існуючих вузлів станції лазерного запису, а саме приводу позиціонування з метою підвищення точності виміру координати руху позиціонера.

Система приводу позиціонування станції лазерного запису призначена для утримання променя лазера в радіальному напрямку у відповідності із законом обертання диска-оригіналу.

Запис виконується на диск-оригінал, в якому відсутні опорні доріжки по траєкторії спіралі, що обумовлює підвищені вимоги до точності позиціонування про-

меня лазера на поверхні диска-оригіналу. За один оберт диска позиціонер повинен поступово зміститися на один крок доріжки h , який для диска формату CD-R дорівнює 1,5 мкм. Враховуючи, що крок доріжки $h = \text{const}$, можна записати вираз закону зміни радіуса спіралі [2]:

$$r(\varphi) = r_0 + \frac{h}{2\pi} \varphi,$$

де r_0 — початковий радіус запису.

Таким чином, переміщення позиціонера пропорційно куту повороту шпинделя, на якому розміщений диск-оригінал. У системі позиціювання станції лазерного запису для визначення положення позиціонера використовується лазерний інтерферометричний вимірник відстані на основі інтерферометра Майкельсона із використанням гелій-неонового лазера з довжиною хвилі випромінювання $\lambda = 0,6328$ мкм. Даний інтерферометр є двопроменевим, так як має місце взаємодії двох когерентних пучків. На виході фотоприймачів маємо періодичні синусоїдальні сигнали, що зміщені по фазі $\pi/2$ з періодом $\lambda/2$:

$$U_s(x) = U_m \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} x\right), \quad (1)$$

$$U_c(x) = U_m \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} x\right). \quad (2)$$

На даний час у системі приводу позиціювання станції лазерного запису для обробки інтерференційних сигналів (1) і (2) з метою одержання сигналу руху позиціонера використовується потенціометричний фазообертач, так званий інтерплятор із послідовним з'єднанням резисторів, роздільна здатність якого дорівнює:

$$\Delta\varphi = \frac{360^\circ \cdot h}{\frac{\lambda}{2} \cdot n} = 22,31^\circ, \quad (3)$$

де n — кількість секторних міток шпинделя приводу обертання, яка дорівнює 153, але в даній системі приводу використовується кожна друга секторна мітка, тобто $n/2$.

Відліки сигналів (1) і (2) проводяться через кожні $\Delta\varphi = 22,31^\circ$, і відповідно рух позиціонера відбувається з кроком $\Delta r = 19,6$ нм. Проведені експериментальні дослідження на станції лазерного запису підтвердили, що однозначне управління рухом позиціонера можливе лише на відрізку довжиною $\lambda/2$, що становить 316,4 нм, через наявність зовнішніх перешкод у вигляді вібрацій. Розрахунки показують, що для забезпечення необхідної точності керування позиціонером, точність визначення координати повинна бути не меншою 5 нм.

Також спотворення спіралі запису може відбуватися через недостатньо мале значення $\Delta\varphi$, унаслідок чого з кожним новим періодом $\lambda/2$ може накопичуватися похибка сигналу. Це робить неможливим використання даної системи приводу позиціонування у випадку записів дисків-оригіналів формату DVD, в яких крок спіралі вдвічі менший і дорівнює 0,74 мкм. Тому існує необхідність побудови нового блоку обробки інтерференційних сигналів з підвищеною роздільною здатністю, що забезпечувало би більш точне визначення координати руху позиціонера в робочому діапазоні відстаней.

У даній роботі пропонується удосконалення виміральної системи приводу позиціонера, побудованої на основі синусно-косинусного інтерполятора [3] із системою стеження, в якому замість синусно-косинусних потенціометрів використовуються перемножуючі цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП). Сутність удосконалення виміральної системи полягає в наступному.

Інтерференційні сигнали (1) та (2) помножуються відповідно на $\cos\alpha$ і $\sin\alpha$, де α — будь-який обраний кут, а потім з першого добутку віднімається другий. У результаті отримуємо різницевий сигнал:

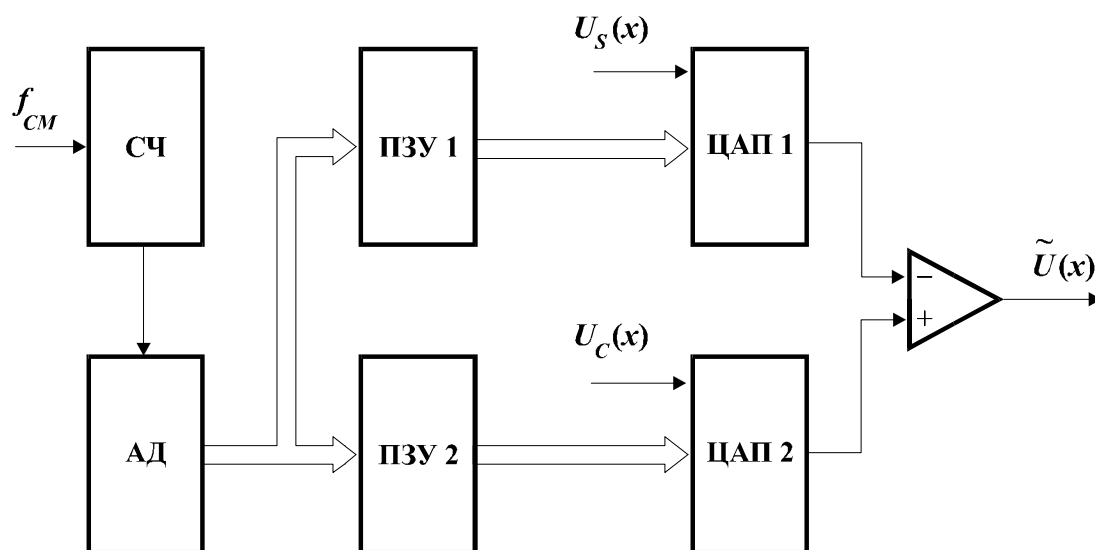
$$\tilde{U}(x) = U_m \left(\sin\left(\frac{4\pi}{\lambda}x\right) \cdot \cos\alpha - \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda}x\right) \cdot \sin\alpha \right) = U_m \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda}x - \alpha\right). \quad (4)$$

Задача системи стеження полягає в тому, щоб зміною кута α зменшити різницевий сигнал (4) до нуля, тобто знайти значення $4\pi x/\lambda = \alpha$.

Апаратна реалізація вдосконалення виміральної системи приводу позиціонера

У відповідності з виразом (4) було розроблено електронний блок обробки сигналів (див. рисунок). Для підвищення роздільної здатності кроку руху позиціонера було збільшено в 10 разів кількість секторних міток шпинделя приводу обертання за допомогою синтезу частот пристроєм з фазовим автопідстроюванням. Тоді відліки сигналів, згідно з виразом (3), будуть проводитися через кожні $\Delta\varphi = 1,115^\circ$, а рух позиціонера відбуватиметься з кроком $\Delta r = 0,98$ нм.

Значення кодів одного періоду сигналів $\sin\alpha$ і $\cos\alpha$ окремо програмуються в ПЗУ1 і ПЗУ2. Вихідні дані з ПЗУ надходять на цифрові входи ЦАП1 і ЦАП2, а інтерференційні сигнали (1) і (2) на входи опорної напруги ЦАП1 і ЦАП2. Вибірку сигналів з ПЗУ виконує адресний дешифратор (АД), який керується імпульсами з виходу синтезатора частот (СЧ), де кількість імпульсів секторних міток дорівнює $10n = 1530$ за один оберт шпинделя. Таким чином, з подачею на аналогові входи опорної напруги ЦАП гармонійних коливань інтерференційних сигналів (1) і (2) за законом \sin і \cos здійснюється операція множення цих коливань на задані цифровим кодом значення напруг $\cos\alpha$ і $\sin\alpha$. ЦАП працюють в режимі чотириквadrантного множення. В результаті на виході кожного з ЦАП отримуємо добутки сигналів (4), які надходять до схеми віднімання. Різницевий сигнал $\tilde{U}(x)$ з виходу схеми віднімання подається до замкнутої системи автоматичного регулювання руху позиціонера.



Функціональна електрична схема синусно-косинусного інтерполятора

Різниця двох добутків, яка одержується на виході диференційного підсилювача, дає сигнал неузгодженості $\sin(4\pi x/\lambda - \alpha)$ з точністю до $U_m \cdot 2^{-k}$, де U_m — найбільше значення напруги на аналоговому вході ЦАП, що відповідає значенню сигналу $U_S(x)$ або $U_C(x)$, а k — число розрядів вихідного коду. Зведення до мінімуму сигналу $\sin(4\pi x/\lambda - \alpha)$ означає, що сигнал неузгодженості прийняв значення в межах величини $U_m \cdot 2^{-k}$. Цю невелику величину, навіть якщо прийняти число розрядів $n = 8$, можна знизити до нуля підстроюванням напруги зміщення операційного підсилювача.

Висновки

У роботі запропоновано удосконалення вимірювальної системи приводу позиціонера, яка дозволяє підвищити точність руху позиціонера на станції лазерного запису, що дозволяє надійно вимірювати координату руху з точністю 1 нм, та може використовуватися при розробці станції лазерного запису DVD формату.

1. Казанский Н.Л. Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики / Сборник «Компьютерная оптика». — Самара-Москва. — 2006. — № 29. — С. 58–77.
2. Брицкий А.И. Управление приводами станции лазерной записи оптической информации // Реестрация, зберігання і оброб. даних. — 2000. — Т. 2, № 3. — С. 11–14.
3. Преснухин Л.Н. Фотоэлектрические преобразователи информации. — М.: Машиностроение, 1974. — 376 с.

Надійшла до редакції 20.02.3008