

УДК 621.385;621.397.13;681.4

Анатолій Педан, Богдана Любинецька
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра радіоелектронних пристроїв і систем

МУАРОВИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ РАСТРІВ СКАНУЮЧОГО ОПТИЧНОГО СТЕРЕОМІКРОСКОПА НА БАЗІ ЕПТ

© Педан Анатолій, Любинецька Богдана, 2003

Розглянуто метод візуального контролю геометричних спотворень растрів на ЕПТ, узгоджений з вимогами стандартів. Метод базується на використанні комбінаційних смуг при оптичному спряженні досліджуваного растра з еталонним. Показано, що при цьому можуть бути оперативно проконтрольовані спотворення порядку десятих часток відсотка по всьому робочому полю одночасно.

The method of CRT raster geometric distortions visual control is discussed in this paper. This method is conjugated with standard's demands. The method is based on using of combinations strips at optical conjugation of raster under investigation with reference one. It is shown that distortions of tenth's parts percents order on the raster can be controlled at once.

Викладений в даній статті матеріал є продовженням дослідження, започаткованого в роботі [1], щодо можливості використання муарового методу в кількісній оцінці геометричних спотворень растрів на ЕПТ при жорстких вимогах до їх якості, що спостерігається скануючій стереомікроскопії.

Скануючий оптичний стереомікроскоп на базі ЕПТ, поєднавши в собі досягнення оптичної мікроскопії, телевізійної техніки, фотометрії та комп'ютерних технологій, є потужним засобом в дослідженнях тривимірних мікроскопічних об'єктів та технологічних операціях над ними [2].

У загальному вигляді проблема полягає в тому, що адекватність відображення мікрооб'єктів таким мікроскопом великою мірою залежить від якості світних телевізійних растрів, формованих на екранах двох проекційних ЕПТ, що є джерелами скануючих світлових зондів, які через об'єктиви опромінюють мікрооб'єкт. Якщо формовані засобами електроніки та електронної оптики растри мають спотворення, то це приводить до порушення просторових співвідношень в зображенні мікрооб'єкта.

Аналіз досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми (див. зокрема [3], [4]) показав, що для растрів великих розмірів (десятки сантиметрів) та при геометричних спотвореннях, що становлять одиниці відсотка, ширина коридору на контрольному шаблоні виходить достатньою для візуального контролю без застосування додаткових засобів. Проте проекційні ЕПТ, які власне і використовуються в сканерах стереомікроскопів, мають відносно малі розміри екранів (одиниці сантиметрів) та мають відповідати високим вимогам щодо геометричних спотворень растра (десяті частки відсотка), тому потребують шаблону для контролю спотворень з шириною коридора в десять частки міліметра. Але в цьому випадку пряме візуальне спостереження контура растра в межах коридора неможливе, і стає необхідним використання проекційних оптичних систем

з великим збільшенням або мікроскопів з пристроями механічного переміщення вздовж всього коридору шаблону. Все це ускладнює і сповільнює процес контролю геометричних спотворень та вимагає прецизійного взаємного юстування растра та шаблону.

Проблема контролю якості періодичних лінійчастих структур, якою є і світний растр на екрані ЕПТ, здавна відома в оптиці і пов'язана з виготовленням дифракційних ґраток [5]. Вирішується вона оптичним спряженням (наприклад, контактним) досліджуваної просторової періодичної структури з еталонною структурою, яка має такий самий період. У зонах, де лінії досліджуваної структури внаслідок її недосконалості відхиляються від ліній еталонної структури, з'являються муарові комбінаційні смуги [6], період яких може в 100 – 1000 разів перевищувати період досліджуваної структури і, отже, бути помітним при візуальному спостереженні. Чим більший період досліджуваної структури, тим більшим за абсолютним значенням має бути відхилення її ліній для одержання тієї самої картини муарових комбінаційних смуг.

Мета даної статті полягає в обґрунтуванні та одержанні математичних виразів зв'язку між відсотковим значенням геометричних спотворень растра на екрані ЕПТ та параметрами еталонного оптичного лінійчатого растра, спряження яких дозволяє реалізувати муаровий метод контролю.

Геометричні спотворення форми растра в телебаченні, регламентовані в [3], визначають відхилення контура растра від прямокутної форми (рис. 1).

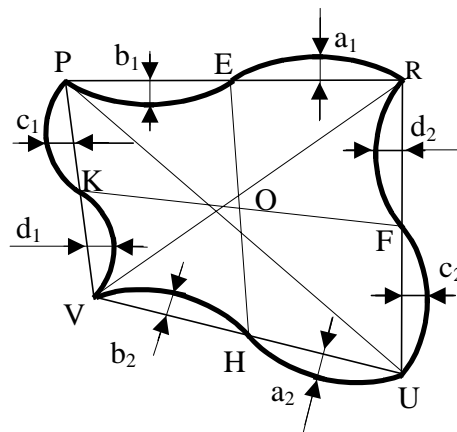


Рис. 1. До визначення геометричних спотворень форми растра

Згідно з рисунком, де жирною лінією зображено контур растра, горизонтальні спотворення в % визначаються так:

$$\text{типу "бочка"} - K_{БГ} = \frac{100 \cdot 4a}{PV + RU}, \text{ де } a - \text{найбільше зі значень } a_1 \text{ та } a_2;$$

$$\text{типу "подушка"} - K_{ПГ} = \frac{100 \cdot 4b}{PV + RU}, \text{ де } b - \text{найбільше зі значень } b_1 \text{ та } b_2;$$

$$\text{типу "трапеція"} - K_{ТР} = \frac{100(PV - RU)}{PV + RU}.$$

Відповідно вертикальні спотворення в %:

типу “бочка” – $K_{BB} = \frac{100 \cdot 4c}{PR + UV}$, де c – найбільше зі значень c_1 та c_2 ;

типу “подушка” – $K_{PB} = \frac{100 \cdot 4d}{PR + UV}$, де d – найбільше зі значень d_1 та d_2 ;

типу “трапеція” – $K_{TB} = \frac{100(PR - UV)}{PR + UV}$.

Спотворення типу “паралелограм” в % визначається як $K_{II} = \frac{200(PU - RV)}{PU + RV}$.

Конкретні значення допустимих величин геометричних спотворень растра визначаються вимогами, яким повинні відповідати растри для вирішення поставлених задач (візуальне спостереження, вимірювання, інтерактивне втручання та інше). У цьому випадку немає необхідності здійснювати вимірювання значень геометричних спотворень, а достатньо тільки контролювати, щоб вони не виходили за допустимі межі.

Для контролю прийнято використовувати прозорий шаблон з позначеним коридором, в якому має розташовуватись контур растра (рис. 2).

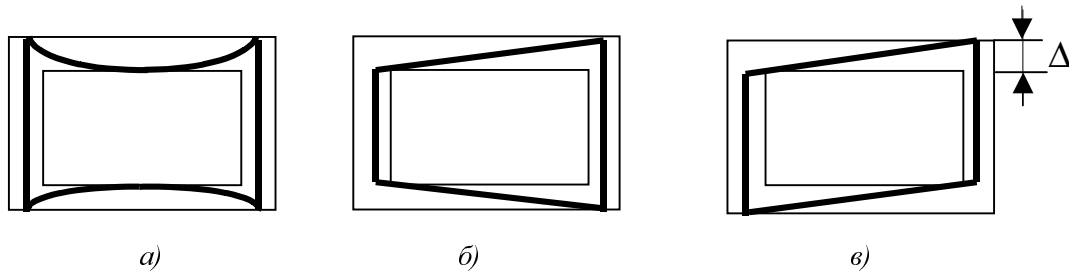


Рис. 2. Контроль різних типів геометричних спотворень растра шаблоном:
а – горизонтальна “подушка”; б – горизонтальна “трапеція”; в – “паралелограм”

Вихід контуру растра за межі коридора свідчить про перевищення заданих значень геометричних спотворень.

Для заданих розмірів растра та величин геометричних спотворень значення ширини коридору Δ як зворотна задача визначається з наведених вище формул. Для горизонтальної “подушки” (рис. 2а) ширина коридору дорівнює “ b ” (див. рис. 1), тобто

$$\Delta = \frac{K_{PB}(PV + RU)}{400}.$$

Для горизонтальної “трапеції” (рис. 2, б) ширина коридору становитиме половину різниці $PV - RU$:

$$\Delta = \frac{K_{TB}(PV + RU)}{200}.$$

Спотворення растра типу “паралелограм” виникає внаслідок порушення взаємної ортогональності полів відхилення по рядку та по кадру. При цьому абсолютні значення відхилення залишаються незмінними.

Так, якщо прямокутний растр (рис. 3, пунктирна лінія) мав висоту кадру H і довжину рядка L , то паралелограм (суцільна лінія) буде мати $PV = RU = H$ та $PR = VU = L$. Спотворення растра в цьому випадку в % визначається як

$$K_{II} = \frac{200(PU - RV)}{PU + RV}.$$

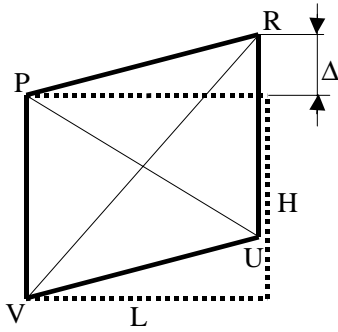


Рис. 3. До розрахунку ширини коридору шаблону для контролю геометричного спотворення растра типу "паралелограм"

$\Delta = \frac{k(H^2 + L^2)}{(1 + k^2)H}$. Підставивши замість k , H та L їх значення та знехтувавши в знаменнику

K_{II}^2 , остаточно одержимо

$$\Delta = \frac{K_{II} (PV^2 + PR^2)}{200 PV}.$$

Якщо поширити муаровий метод контролю на випадок світного растра на екрані проєкційної ЕПТ, то шаблон з коридором має бути трансформований в еталонний оптичний лінійчастий растр з періодом, що дорівнює подвійній ширині коридору, а растр на екрані ЕПТ, зберігаючи незмінними свої розміри, повинен мати просторовий період, що дорівнюватиме періоду еталонного растра (рис. 4).

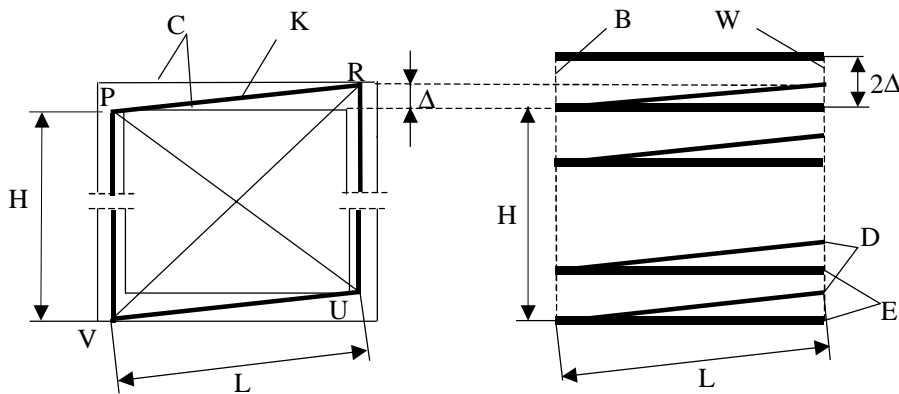


Рис. 4. До питання трансформації шаблону:

D – досліджуваний растр; K – контур D ; H – висота D ; L – ширина D ; C – коридор; Δ – ширина C ; E – еталонний растр; 2Δ – період E ; W – вертикальна світла комбінаційна смуга; B – вертикальна темна комбінаційна смуга

При однакових періодах еталонного та світного растрів, відсутності геометричних спотворень та взаємного перекосу існує обтюраційне спряження, наприклад, однорідне темне поле (коли непрозорі лінії еталонного растра повністю перекривають світні лінії досліджуваного растра – рис. 4, вертикальна смуга B). Якщо внаслідок геометричних спотворень світні лінії відхиляються від попереднього положення на половину періоду, то вони стають доступними для спостереження через прозорі проміжки еталонного растра і на темному

полі обтюраторного спряження з'являється світла смуга максимальної яскравості (рис. 4, вертикальна смуга W). Оскільки допустиме відхилення світної лінії регламентується шириною коридору Δ , то період растрів має бути вдвічі більший від ширини коридору, тобто 2Δ . Якщо ж лінії світного растра виходять за межі коридору, то на місці однієї світлої смуги з'являються кілька темних і світлих комбінаційних смуг. Отже, за картиною комбінаційного спряження еталонного та світного растрів можна оцінювати величину сумарних геометричних спотворень.

Результати комп'ютерного моделювання оптичного спряження еталонного та світного растрів при великих значеннях горизонтальних геометричних спотворень різних типів ілюстративно наведені на рис. 5.

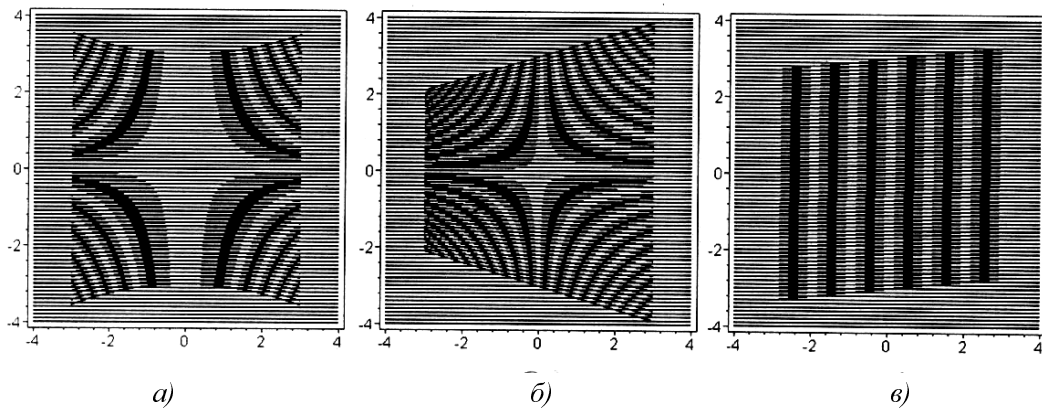


Рис. 5. Комп'ютерні моделі комбінаційних смуг для різних типів геометричних спотворень растрів: а – горизонтальна “подушка”; б – горизонтальна “трапеція”; в – “паралелограм”

При зменшенні величини спотворень растра кількість смуг зменшується, а ширина їх зростає. Коли спотворення досягнуть значення, на яке розрахований даний еталон, картина комбінаційного спряження буде складатися з темної і світлої ділянок робочого поля, які плавно переходять одна в одну. Для контролю вертикальних спотворень необхідно досліджуваний та еталонний растри повернути на 90° . У разі використання еталонного оптичного растра у вигляді ортогональної ґратки достатньо повернути тільки досліджуваний растр.

Муаровий метод дозволяє впевнено контролювати геометричні спотворення растра на екрані ЕПТ, які становлять десяті частки відсотка. Проте в скануючій оптичній стереомікроскопії мале значення спотворення скануючого растра ще не гарантує адекватності відображення просторових співвідношень мікрооб'єкта, оскільки тут має місце спряження спостерігачем двох окремих зображень, сформованих двома растрами однакових розмірів зі своїми, хоч і малими, спотвореннями. Якщо один скануючий растр має, наприклад, “подушку” допустимої величини, а другий – “бочку” теж допустимої величини, то при спряженні зображень цих двох растрів об'ємна картина може мати просторові спотворення, які виходять за допустимі межі. Тому необхідно підбирати пари скануючих растрів із однаковими типами геометричних спотворень та їх орієнтації.

Оскільки при малих значеннях спотворень візуальне визначення їх типів та орієнтації утруднене, то цю процедуру можна здійснити разом з контролем спотворень при спряженні з еталонним оптичним растром. Для цього потрібно дещо змінити азимутальну орієнтацію еталонного растра, щоб зблизити напрямки ліній растрів у вибраній ділянці робочого поля. Наприклад, у випадку горизонтальної “подушки” (рис. 5, а) при повороті еталона проти годинникової стрілки в правому верхньому куті спостерігатиметься тенденція наближення до обтюраторного спряження, яке мало місце в центрі робочого поля. Підібрана таким

чином пара скануючих растрів дасть при спряженні їх між собою візуальну картину з просторовими спотвореннями меншими, ніж при спряженні кожного з растрів з еталоном.

З викладеного вище матеріалу можна зробити такі висновки. Муаровий метод контролю геометричних спотворень растрів ЕПТ дозволяє оперативно проводити процедури з їх корекції, оскільки ступінь корекції спостерігається візуально одночасно по всьому робочому полю растра. Цей метод може бути з успіхом використаний при розробці прецизійних відхилювальних систем та як засіб контролю якості при їх серійному випуску. Реалізація методу не вимагає складного технічного обладнання та копіткої процедури проведення контрольних вимірювань.

Щодо перспективи подальших наукових розвідок можна вказати на можливість використання муарового методу не тільки для кількісного контролю геометричних перекирчень, а й прецизійного вимірювання реального значення спотворень в окремих зонах досліджуваного растра.

1. Педан А.Д., Любинецька Б.І. Дослідження електронної сумісності в скануючому оптичному мікроскопі на базі ЕПТ // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2001. – № 428. – С. 83 – 86. 2. Hrytskiv Z., Pedan A. Scanning optical microscopy in telemedicine. Telekomunicacije, Beograd (Yugoslavia). Dec. 2001. – No. 4. – Pp 28 – 30. 3. ГОСТ 11982-81. Системы отклоняющие телевизионных приемников черно-белого телевидения. – М.: Госком СССР по стандартам. 4. Гринберг С.И., Резник М.И., Романюк Ю.В. Применение муаровых комбинационных полос для настройки ТВ растров на оптимальную фокусировку // Техника кино и телевидения, 1980. – № 7. – С. 34-35. 5. Дитчберн Р. Физическая оптика. – М.: Наука, 1965. – 631 с. 6. Мироненко А.В. Фотоэлектрические измерительные системы. – М.: Энергия, 1967. – 359 с.

УДК 621.317

Олексій Яненко, Сергій Перегудов*

Науково-дослідний центр квантової медицини

"Відгук" МОЗ України, м. Київ,

*МП "МРТ-техсервіс", м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЧАСТОТИ ВХІДНОГО СИГНАЛУ НА ПАРАМЕТРИ КОМУТАЦІЙНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА РАДІОМЕТРА

© Яненко Олексій, Перегудов Сергій, 2003

Досліджено вплив температури та частоти вхідного сигналу на параметри комутаційного перетворювача радіометра з використанням електрофізичних параметрів *p-i-n*-діода.

The influence of temperature and frequency of input microwave signal is discussed in this article. Analysis accomplished on the basis of electro physical parameters of *p-i-n* diode.

Вступ. Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень

Активний розвиток радіотехніки та радіоелектроніки, засобів зв'язку та телекомунікації практично неможливий без створення високоточних засобів вимірювання параметрів кіл та сигналів, зокрема пристроїв та систем міліметрового (мм-) діапазону. Саме у