

The research of the technology factors, which are influenced on the quality thin films dioxide of silicon with the purpose of increasing exploitation's characteristics of optical assemblies and which are made by a method of deep optical contact

A. K. Gerasjuk, A. I. Goev, E. E. Grinberg, V. V. Potelov, B. N. Senik, A. B. Suhachev
FSPC "S. A. Zverev Krasnogorsky zavod" jsc Krasnogorsk, the Moscow region, Russia

A. N. Nozdrachev

The Accounting Chamber, Moscow, Russia

The problem of creation optico-electronic systems for products with high spatial focus, in many respects depends on the successful decision designed and the technological problems, which are connected with manufacturing and application of high-precision optical prismatic units and spectrodiving modules. The major requirement to the above-stated optical assemblies is the requirement of safety optotechnological parameters after mechanical, thermal and climatic influences during the process of exploitation. The article is devoted to problems of increase of reliability precision optical assemblies, which are made by a method of deep optical contact (DOC), namely improvement of quality of thin films dioxide of silicon (SiO₂), as a basic technological factor of this technology. The typical constructive-technological parameters of the precision spectrodiving modules are applied, which are made by method DOC.

УДК 621.383

Алгоритмы цифровой обработки ИК-изображений без калибровки по геометрическому шуму

Ю. С. Бехтин, А. А. Баранцев, А. А. Брянцев

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань, Россия

Л. Д. Сагинов, В. Н. Соляков, А. С. Медведев

ФГУП «НПО «Орион»» — Государственный научный центр РФ, Москва, Россия

Основная идея разработки алгоритма заключается в таком подходе, что любое входное изображение можно условно считать состоящим из нескольких калибровочных сегментов с разной степенью интенсивности.

Рассматриваемые алгоритмы были получены по итогам совместной работы при создании аппаратно-программного комплекса (АПК), предназначенного для обработки сигналов матричных фотоприемных устройств (МФПУ) ИК-диапазона спектра. В состав АПК входят: плата аналого-цифрового ввода-вывода АМВРСІ, персональный компьютер (ПК) и программное обеспечение (ПО)*, которое позволяло перед формированием ИК-изображения на мониторе ПК проводить предварительную калибровку по опорным источникам

излучения с низкой и высокой температурами. Впоследствии были разработаны и добавлены в ПО комплекса алгоритмы периодической калибровки, поскольку коэффициенты передачи фотоэлементов (геометрический шум чувствительности) могут значительно изменяться (дрейфовать) в рабочем режиме. Прерывания рабочего режима на калибровку всегда нежелательное действие, поэтому была поставлена задача разработать такие алгоритмы обработки ИК-изображений, которые, по крайней мере, увеличили бы в несколько раз интервал между калибровками (на текущий момент этот интервал составляет примерно 20—30 мин). В результате было получено несколько алгоритмов, которые решают поставленную задачу.

* Бехтин Ю. С., Баранцев А. А., Соляков В. Н., Медведев А. С. Построение аппаратно-программных комплексов цифровой обработки изображений фотоэлектронных модулей // Тезисы XVIII МНТК по фотоэлектронике и приборам ночного видения. — М., 2004.

Основная идея предлагаемого подхода при разработке алгоритмов заключается в том, что любое входное изображение (т. е. не обязательно однородное поле, как это делается при предварительной калибровке) можно условно считать состоящим из нескольких калибровочных сегментов с разной степенью интенсивности. Тогда задача заключается в выявлении уровней однородности текстур изображения и использования их в качестве интенсивностей калибровочных полей по конечному набору текущих кадров в смотрящем режиме АПК.

Для выявления уровней однородности текстур изображений можно использовать различные подходы, в частности построение гистограмм и ковариационных матриц по кадру. Однако эти методы требуют больших временных и вычислительных затрат, что затрудняет их реализацию в реальном масштабе времени.

В настоящей работе рассматривается относительно простой подход для вычисления уровней однородности, который основан на невосприимчивости человеческого зрения к относительно малым изменениям (искажениям) градаций яркости изображения. Для определения величины допустимых искажений Δ (числа градаций яркости) были проведены вычислительные эксперименты с рядом изображений, пиксели которых подвергались случайным изменениям в пределах величины Δ с помощью датчика случайных чисел, распределенных по равномерному, нормальному и экспоненциальному законам. В результате экспериментов находились субъективные оценки качества изображений, в частности, оценки уровня адаптации зрительной системы человека к данному изображению, полноты использования градаций яркости, резкости и контраста. Было выявлено, что в пределах разброса $\Delta = 1, \dots, 7$ допустимы отклонения в оценках значений пикселей, которые не проявляются визуально (т. е. оператор "не потеряет" объект или его контуры). С другой стороны, параметр Δ определяет степень "загрубления" шкалы квантования сигнала по уровню, что удобно применить при оценке уровней однородности в условиях дрейфа коэффициентов передачи фотоэлементов.

Пусть выходное изображение МФПУ, обработанное с учетом геометрического шума чувствительности по результатам предварительной калибровки, можно представить в матричном виде:

$$Y(t) = K(t)X(t) + \Xi(t), \quad (1)$$

где $Y(t)$ — наблюдаемый кадр изображения с номером t ; $t = 1, 2, \dots, T$, здесь T — число кадров, по которым производится пересчет коэффициен-

тов передачи, для текущего кадра $Y = \left[y_{ij} \right]_{i=1}^{N,M}$,

здесь N, M — размер кадра (320×240 для МФПУ из АПК);

$K(t)$ — "приведенный" двумерный массив коэффициентов передачи фотоэлементов смотрящей матрицы, $K = \left[k_{ij} \right]_{i=1}^{N,M}$, который изменяется либо

по какому-либо закону, либо стохастически от кадра к кадру от своей начальной оценки $K(0)$, полученной на этапе предварительной калибровки. Термин "приведенный" здесь используется в том смысле, что элементы матрицы $K(t)$ определяются через истинные значения коэффициентов передачи фотоэлементов, поделенные на их оценки $K(0)$ от предварительной калибровки. Другими словами, разброс коэффициентов передачи $K(t)$ относительно условной единицы может оказаться существенно меньше, чем исходный технологический разброс $K(0)$ вольтовой чувствительности фотоэлементов МФПУ, особенно на начальном периоде работы АПК в смотрящем режиме;

$X(t)$ — оригинал (неискаженное изображение), оценку которого также надо получить через оценки коэффициентов передачи $K(t)$, $X = \left[x_{ij} \right]_{i=1}^{N,M}$;

$\Xi(t)$, $\Xi = \left[\xi_{ij} \right]_{i=1}^{N,M}$ — ошибка наблюдений, ко-

торая обусловлена другими, неучтенными в данной модели (1) факторами, например, тепловой шум фотоэлемента, ошибка квантования АЦП, шумы электронного тракта, дрейф темнового тока и т. п.

Представим текущий кадр изображения в виде суммы непересекающихся сегментов:

$$Y = \bigcup_{l=1}^L Y^{(l)},$$

где $Y^{(l)}$ — сегмент кадра, состоящий из точек $y_{ij}^{(l)}$, $i = \overline{1, I^{(l)}}$, $j = \overline{1, J^{(l)}}$, принадлежащих одному и тому же уровню однородности с номером l , $l = \overline{1, L}$, L — число уровней однородности или сегментов, определяемое как:

$$L = (y_{\max} - 1) / \Delta,$$

здесь $y_{\max} = 2^p$ — максимальный размах входного сигнала; p — разрядность представления данных в ЭВМ или входного АЦП устройства обработки.

Для классификации точек кадра необходимо проверить выполнение условия их принадлежности интервалу для какого-либо уровня однородности:

$$y_{ij} \in [X_{\min}^{(l)}, X_{\max}^{(l)}], \quad i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}, \quad (2)$$

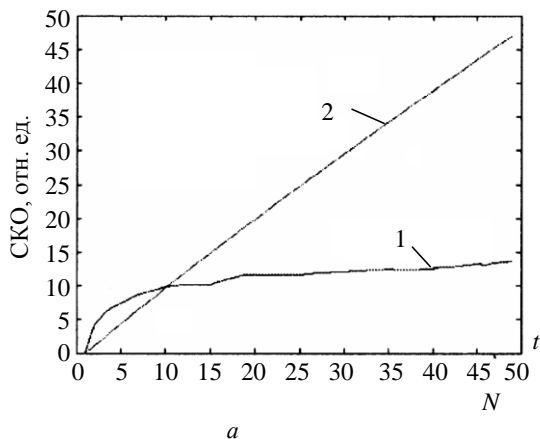
где $X_{\min}^{(l)}, X_{\max}^{(l)}$ — нижняя и верхняя границы интервала для уровня однородности с номером l , $l = \overline{1, L}$. Однако при классификации по соотношению (2) неизбежны ошибки, обусловленные тем, что из-за сильного изменения коэффициента передачи наблюдаемый отсчет y_{ij} , $i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$, может принадлежать другому интервалу, не соответствующему оригиналу x_{ij} , $i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$. Для снижения ошибок классификации предлагается учитывать окрестности текущего пикселя следующим образом. Пусть в малом окне относительно текущего пикселя размером $q \times q$ (например $q = 3, q = 5$) наблюдается n_l точек, принадлежащих данному уровню однородности с номером l , и $n_{\bar{l}}$ точек, принадлежащих другим уровням, при этом $n_l + n_{\bar{l}} = q^2 - 1$. Тогда предположим, что текущая точка y_{ij} , $i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$ принадлежит уровню однородности l , $l = \overline{1, L}$, если выполняется условие $n_l \geq n_{\bar{l}}$.

Для поиска оценок коэффициентов передачи необходимо вначале вычислить средние значения пикселей для каждого уровня однородности по совокупности кадров наблюдений:

$$B_{ij}^{(l)} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{ij}^{(l)}(t), \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}. \quad (3)$$

Затем вычисляются значения самих уровней однородности как средние по множествам точек, соответствующих сегментам изображения:

$$B^{(l)} = \frac{1}{I^{(l)} J^{(l)}} \sum_{i=1}^{I^{(l)}} \sum_{j=1}^{J^{(l)}} B_{ij}^{(l)}, \quad l = \overline{1, L}. \quad (4)$$



Тогда оценки коэффициентов передачи фотоэлементов смотрящей матрицы находятся как:

$$\hat{k}_{ij} = \frac{B_{ij}^{(l)}}{B^{(l)}}, \quad i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}, l = \overline{1, L}. \quad (5)$$

Соотношениями (3)—(5) можно пользоваться, если на протяжении T кадров оригинальное изображение не меняется (идеальная ситуация для оценки "неподвижная картинка"). Если сцена меняется, то ее изменение можно учесть следующим образом:

$$y_{ij}^{(l)}(t) = \begin{cases} y_{ij}(t), & \text{если } y_{ij}(t) \in [X_{\min}^{(l)}, X_{\max}^{(l)}], \\ 0, & \text{если } y_{ij}(t) \notin [X_{\min}^{(l)}, X_{\max}^{(l)}], \end{cases} \quad l = \overline{1, L}. \quad (6)$$

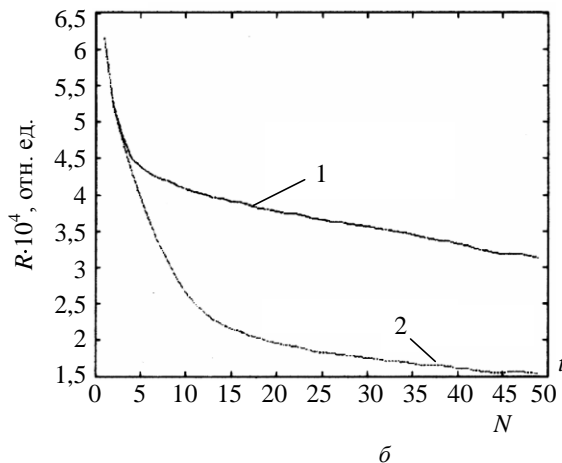
Но в этом случае появляется несколько интервалов для уровней однородности, в которые попадают наблюдения y_{ij} , $i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$, соответствующие одному и тому же коэффициенту передачи. Таким образом, для каждого коэффициента передачи имеется несколько его оценок вида (5) с учетом (6). Тогда окончательная оценка коэффициента передачи принимает вид:

$$\hat{k}_{ij} = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \hat{k}_{ij}^{(s)},$$

где $\hat{k}_{ij}^{(s)}$ — оценка коэффициента передачи, вычисленная по уровню с номером s , причем

$$s \in \underbrace{1, 2, \dots, l, \dots, L}_{\text{всего } S \text{ уровней из } L}.$$

Эффективность работы алгоритма иллюстрируется рисунком (а, б). Предложенный алгоритм позволяет в несколько раз увеличить интервал между калибровками.



Зависимости СКО (а) и количества R , оцененных с 10 %-ной относительной ошибкой пикселей (б), от номера кадра для разработанного алгоритма (1) и алгоритма работы АПК при применении только результатов предварительной калибровки (2)

В настоящее время рассматриваются вопросы по программной реализации данного алгоритма и последующей модификации программного обес-

печения для действующего аппаратно-программного комплекса.

Статья поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

Algorithms of digital processing the IR images without calibration on geometrical noise

Yu. S. Bekhtin, A. A. Barantsev, A. A. Bryantsev
Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan, Russia

L. D. Saginov, V. N. Solyakov, A. S. Medvedev
Orion R&P Association

The basic idea of logic design consists in such approach that it is possible to consider any entrance image conditionally composed of several calibration segments with a different degree of intensity.

* * *