

УДК 681.3

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С ПЗС-ДАТЧИКА ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

Барышев Е.Ю., Богоявленский Н.Л.

Проблема влияния пылевых частиц размером несколько микрометров встает очень остро при проведении исследований дальнего космоса. Эти частицы создают реальную помеху для работы высокочувствительных оптических приборов, создавая световой поток, превышающий светимость дальних звезд. В связи с этим необходимо проводить исследования параметров частиц собственной внешней атмосферы (СВА) космических аппаратов с целью выяснения уровня помех, который они могут создать в том или ином эксперименте, а также снижения запыленности ответственных электронных и оптических приборов.

Для регистрации пылевых частиц предложена система /1/, состоящая из трех ПЗС-матриц с оптическими системами, импульсной лампы-вспышки, формирующей необходимый уровень освещенности в области исследования в определенные моменты времени, и системы обработки информации. На выходе системы ПЗС-датчиков, модель которой приведена в /2/, имеется последовательность напряжений на ячейках матрицы (см. рисунок 1).

Эти данные проходят через компаратор, который настроен на текущее значение фоновой засветки. Значение засветки может быть получено либо с ПЗС-матриц путем усреднения предварительно отснятого изображения, либо с отдельного фотоприемника. Т.о. на выходах компараторов имеется последовательности сигналов частиц, которые записываются в память системы обработки в виде трех массивов (подкадров) в виде координат ячейки ПЗС. Из подкадров формируется массив координат одной и той же частицы в трех кадрах на основе поиска частиц, координаты которых в матрицах удовлетворяют условию пучка трех прямых:

$$|x_1 + 2x_2 + x_3| < \epsilon_1, \quad (1)$$

где ϵ_1 – допустимая ошибка совмещения в единицах координат ПЗС-матрицы;

x_1, x_2, x_3 – координаты частицы в строках матриц 1, 2 и 3 в единицах координат ПЗС-матрицы, причем начало координат находится в точках пересечения оптических осей объективов и плоскостей матриц. Одни и те же частицы в подкадрах находятся на одной строке, т.к. ПЗС-матрицы расположены на одной линии и ориентированы одинаково /2/.

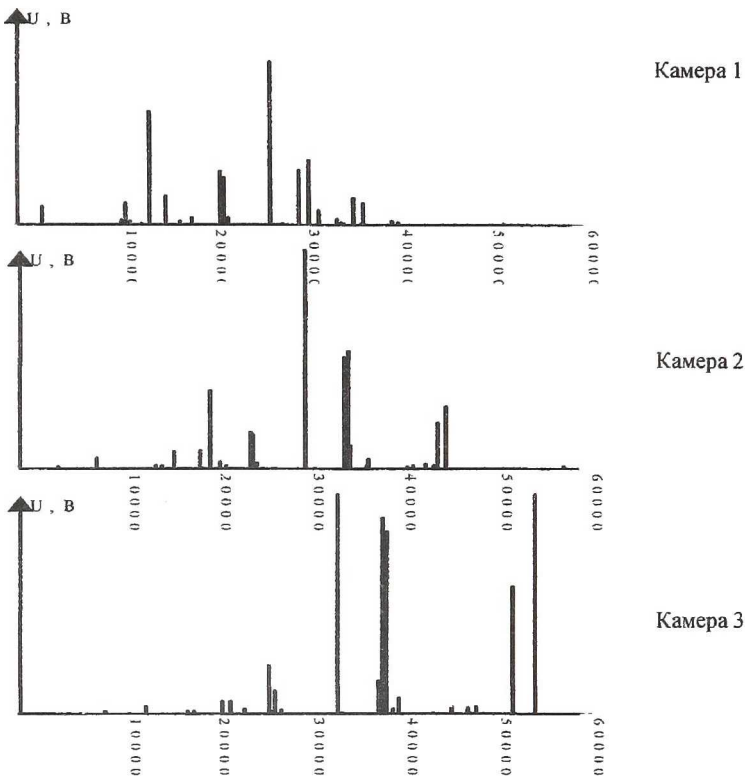


Рисунок 1 – Графики напряжений на выходах ПЗС-матриц

С целью снижения количества итераций перебор значений координат производится следующим образом: берется первая слева частица в первой строке центральной камеры и осуществляется перебор частиц в первой строке левой камеры в сторону уменьшения номера столбца относительно центральной камеры, а в первой строке правой камеры – в сторону увеличения номера столбца. Таким образом, перебираются все строки всех матриц и при соблюдении условия (1) координаты записываются в массив.

По данным координатам частицы в крайних камерах рассчитывается трехмерные координаты на основе геометрических соображений, следующих из рисунка 2, по формулам:

$$X_p = R_l \cos \gamma \cdot \cos \alpha_1 + L;$$

$$Y_p = R_l \sin \gamma;$$

$$Z_p = R_l \cos \gamma \cdot \sin \alpha_1 + L;$$

$$\text{где } R_l = \left| \frac{2 \cdot L \cdot \sin \alpha_3}{\sin(\pi - \alpha_1 - \alpha_3)} \right|;$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{y_k^2 + f^2}}{|xk_3|};$$

L – база системы;

f – фокусное расстояние объективов;

xk_1, xk_3, yk – координаты частиц в ПЗС-матрице в метрических единицах, т.е. умноженные на размер пикселя ПЗС по соответствующей координате;

$$\alpha_1 = \begin{cases} \pi - \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{y_k^2 + f^2}}{|xk_1|}, & \text{при } xk_1 < 0; \\ \frac{\pi}{2}, & \text{при } xk_1 = 0; \\ \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{y_k^2 + f^2}}{|xk_1|}, & \text{при } xk_1 > 0; \end{cases}$$

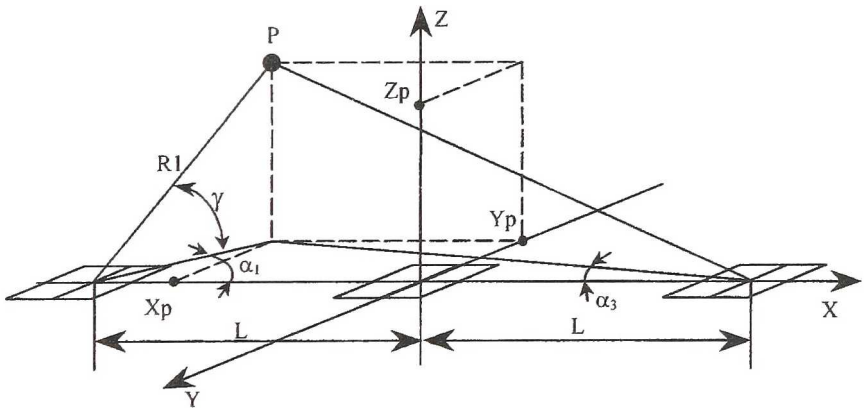


Рисунок 2 – Геометрия расчета трехмерных координат частицы

$$\alpha_3 = \begin{cases} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{y_k^2 + f^2}}{|xk_3|}, & \text{при } xk_3 < 0; \\ \frac{\pi}{2}, & \text{при } xk_3 = 0; \\ \pi - \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{y_k^2 + f^2}}{|xk_3|}, & \text{при } xk_3 > 0; \end{cases}$$

Совокупность трехмерных координат частиц для данного момента времени образует кадр. Обработкой нескольких кадров, полученных в

разные моменты времени можно вычислить траекторию и скорость частиц.

Определить скорость частиц по двум кадрам проблематично, т.к. неизвестно куда именно переместилась частица во втором кадре из первого (проблема совмещения частиц из разных кадров). Данная задача решается при малом времени между кадрами поиском частиц во втором кадре, имеющих минимальное смещение относительно положения в первом кадре /3/:

$$\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2} < \varepsilon_2 \quad (2)$$

где $X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2$ – координаты в первом и втором кадре;

ε_2 – радиус шара, в пределах которого производится поиск частицы, причем возможна оптимизация по близости нескольких найденных совпадений в пределах шара.

Но на практике его применять не выгодно из-за большого времени выполнения операций возведения в квадрат и извлечения квадратного корня, поэтому условие (2) применяется только после выполнения следующих условий:

$$|X_2 - X_1| < \varepsilon_2;$$

$$|Y_2 - Y_1| < \varepsilon_2;$$

$$|Z_2 - Z_1| < \varepsilon_2.$$

Однако малое время между кадрами позволяет определить не скорость, а лишь ее приближенную оценку. Увеличение времени между кадрами приводит к ошибкам, обусловленным возможностью совмещения в кадрах близлежащих частиц, которые на самом деле являются разными частицами. Выходом из данного противоречия является двухступенчатый алгоритм, при котором формируется две пары кадров. Промежуток времени между кадрами в парах мал для обеспечения минимальной ошибки совмещения по близости, а между парами – на порядок больше для снижения ошибки определения скорости. По информации из первой пары кадров можно рассчитать оценки положения частицы в первом кадре второй пары и вектора скорости частицы. Оценку вектора скорости можно также вычислить и во второй паре кадров. Т.о. совмещение частиц между парами проводится поиском частиц в окрестности прогнозируемого положения во второй паре с минимальным углом φ между векторами скорости первой и второй пар /3/:

$$\varphi = \frac{V_{X1} \cdot V_{X2} + V_{Y1} \cdot V_{Y2} + V_{Z1} \cdot V_{Z2}}{\sqrt{V_{X1}^2 + V_{Y1}^2 + V_{Z1}^2} \cdot \sqrt{V_{X2}^2 + V_{Y2}^2 + V_{Z2}^2}}.$$

Возможно также применение упрощенного метода совмещения пары кадров с одиночным кадром по прогнозу положения частицы в кадре на основе информации пары и поиска ближайших частиц в кадре. Данный метод может применяться на небольшом временном интервале между

кадром и парой, т.к. оценка скорости является приблизительной и может давать большие ошибки при долгосрочных прогнозах.

Выбор временных интервалов между кадрами и парами кадров зависит от ожидаемых и интересующих исследователя скоростей частиц. Например, диапазон 0-1 м/с для снижения ошибки определения скорости разбивается на поддиапазоны, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Поддиапазон скоростей, м/с	Время между кадрами, с	Время между парами кадров, с
0-0,125	0,32	3,2
0,125-0,25	0,16	1,6
0,25-0,5	0,08	0,8
0,5-1,0	0,04	0,4

Список использованных источников

1. Барышев Е.Ю., Семкин Н.Д. Система измерения параметров пылевой компоненты собственной внешней атмосферы космического аппарата.//Вестник СГАУ. Серия: Актуальные проблемы радиоэлектроники. Выпуск 5. – Самара: Изд-во СГАУ, 2001.
2. Барышев Е.Ю., Воронов К.Е., Боговяленский Н.Л. Модель ПЗС- датчика системы измерения параметров пылевой компоненты внешней атмосферы космического аппарата.//Вестник СГАУ. Серия: Актуальные проблемы радиоэлектроники. Выпуск 6. – Самара: Изд-во СГАУ, 2001.
3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике – М.: Изд-во физ. мат. лит-ры, 1963.
4. Пресс Ф.П. Формирователи видеосигнала на приборах с зарядовой связью. – М.: Радио и связь, 1981.

УДК 621.396

СВЕДЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА ТРАНЗИСТОРА К СИСТЕМЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Дмитриев В. Д., Пищулина Н. П., Пак В. Т.

Питание биполярного транзистора от источника высокочастотного напряжения позволяет формировать S-образную характеристику и определяет особенности построения простых экономичных и быстродействующих устройств. В связи с этим для исследования необходимо получить выражение токов транзистора при питании переменным напряжением.

Уравнение переноса дырок дрейфового транзистора р-п-р типа описывается уравнением [1]

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - a \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{1}{D_p} \cdot \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{1}{L_p^2} (p - p_{\infty} \cdot e^{\alpha x}), \quad (1)$$