

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗ441g + СЗ441u  
3461/2-78  
C-655

21/VII-78  
P10/- П515

Л.М.Сороко

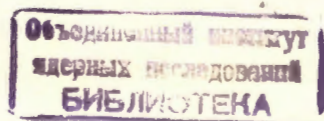
ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
НА СТАДИИ СЧИТЫВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЕКОВ  
ПРИ ПОМОЩИ ПРИБОРОВ С ПЕРЕНОСОМ ЗАРЯДА

**1978**

P10 - 11515

Л.М.Сороко

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
НА СТАДИИ СЧИТЫВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЕКОВ  
ПРИ ПОМОЩИ ПРИБОРОВ С ПЕРЕНОСОМ ЗАРЯДА



Сороко Л.М.

P10 - 11515

Топологические преобразования на стадии считывания изображений треков при помощи приборов с переносом заряда

Разработан топологический алгоритм считывания изображения прямых треков при помощи приборов с переносом заряда (ППЗ), который позволяет ускорить процесс считывания и уменьшить объем цифровой информации, поступающей в блоки памяти. Существенная особенность алгоритма заключается в его топологичности - изображение трека не разбивается на отдельные элементы. Приведены результаты моделирования алгоритма для матрицы изображения размером  $N \times N = 8 \times 8$ . Показано, что последовательности пропускающих сигналов в каждой строке матрицы ППЗ получаются при помощи генераторов функций Уолша. Разработанный алгоритм можно использовать в стримерных и пузырьковых камерах.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Soroko L.M.

P10 - 11515

The Topological Transformation on the Stage of Image Track Scanning with the Help of Charge Coupled Devices

The topological scanning algorithm of the straight line tracks with the help of the charge coupled devices (CCD) is developed. The algorithm diminishes the time of scanning and the volume of digital information going into the memory devices. The main property of this algorithm consists of its topologicality. The image track is not separated into the subdivided elements. The results of numerical simulation of the  $N \times N = 8 \times 8$  image matrix are presented. It is shown that the signal sequences for different lines of the CCD matrix can be supplied from the Walsh function generator. The algorithm described can be used in streamer and bubble track chambers.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Объем информации, поступающей со стримерной камеры, относительно невелик, и только небольшая часть элементов изображения содержит сигнальные заряды. Например, освещенными оказываются не более  $5 \cdot 10^4$  ячеек в полной матрице из  $10^6$  ячеек. Большинство ячеек оказываются либо пустыми, либо содержат сигнал "непустого" нуля. При этом каждый стример трека имеет высокую пространственную корреляцию с соседним стримером. Стримеры образуют простые геометрические линии: прямые, дуги окружности или кривые третьего порядка, и все они исходят из точечной области, где произошло ядерное событие. Это означает, что число независимых компонент информации на фотографиях в стримерной камере весьма невелико. Желательно найти эти компоненты непосредственно в процессе считывания информации с матрицы ППЗ.

В работе<sup>1/</sup> был разработан алгоритм считывания прямолинейных треков при помощи масок Уолша. Сущность алгоритма состоит в том, что на стадии считывания прямолинейных треков можно вести быстрый поиск инвариантных компонент дискретного уолш-образа, минуя операцию поэлементного считывания всего поля изображения и минуя операцию нахождения полного набора компонент двумерного уолш-образа. При построении алгоритма поиска инвариантных компонент двумерного уолш-образа прямолинейного трека был использован тот факт, что инвариантные к сдвигу компоненты находятся на последней строке и на последнем столбце матрицы-образа трека. Основой алгоритма является итерационный процесс просмотра краевых элементов матрицы-образа

с последовательными разбиениями на две равные части соответствующего массива компонент уолш-образа. Этот массив является либо исходным, либо возникает после предыдущего такта просмотра.

Процесс поиска инвариантных компонент двумерного уолш-образа прямолинейного трека ведут следующим образом. На первом шаге вычисляют сумму всех компонент последней строки или сумму всех компонент последнего столбца матрицы-образа. Выбирают строку или столбец с наибольшим абсолютным значением этой суммы. На втором шаге массив компонент выбранной строки разбивают на две равные части. Вычисляют сумму компонент левой и правой части строки и сравнивают абсолютные значения этих двух сумм. Для последующих операций выбирают тот массив компонент строки, который имеет наибольшее абсолютное значение суммы. На последнем шаге остаются две компоненты. Та компонента, которая имеет наибольшее абсолютное значение, является инвариантной компонентой матрицы-образа.

Если число элементов изображения в строке равно  $N=2^n$ , где  $n$  - целое число, то число шагов операции поиска инвариантной компоненты равно не более  $n+1$ .

Можно построить последовательность модифицированных масок Уолша, которые позволяют непосредственно определить значение сумм, вычисляемых на различных этапах считывания информации. Процесс считывания ведут при помощи модифицированных масок Уолша, минуя операцию нахождения всех компонент уолш-образа. На рис. 1 приведена последовательность модифицированных масок Уолша, которые строят в процессе быстрого поиска инвариантной компоненты, расположенной в последнем столбце или строке матрицы-образа. Элементы масок, пропускание которых равно +1, изображены в виде черных полей. Элементы, где пропускание равно -1, оставлены незакрашенными. Область с нулевым пропусканием заштрихована. Знак минус перед единицей означает фактически, что сигнал на выходе  $-1/-$  масок вычитают из сигнала на выходе соответствующей  $+1/+$  маски.

Последний, нижний ряд модифицированных масок Уолша совпадает с масками Уолша, которые используют для

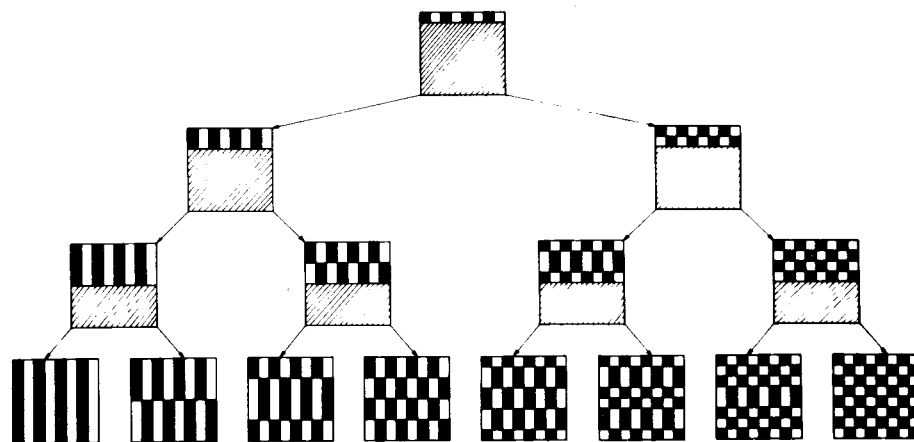


Рис. 1. Последовательность модифицированных масок Уолша, которые строят в процессе быстрого поиска инвариантных компонент уолш-образа. Поиск ведут в координатном пространстве, минуя стадию вычисления полного массива компонент уолш-образа.

получения значений компонент уолш-образа в последней строке.

Модифицированные маски Уолша строятся последовательно в процессе быстрого сканирования. Первая модифицированная маска содержит только верхнюю строку, и пропускание ее элементов равно

$$t(0, j) = (-1)^j, \quad j = 0, 1, \dots, N-1$$

$$t(i, j) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N-1$$

$$j = 0, 1, \dots, N-1.$$

Модифицированная маска для последующего шага строится при помощи модифицированной маски, используемой на предыдущем шаге поиска, путем отражений без изменения или с изменением четности предыдущей маски относительно оси, проходящей по верхней границе заштрихованного поля модифицированной маски на предыдущем шаге поиска. Из этих двух альтернатив выбирают ту картину, которая дает наибольшее значение абсо-

плотного значения сигнала на выходе маски. Так формируется ветвь дерева, которая приводит к инвариантной компоненте матрицы-образа прямолинейного трека за  $(n+1)$  шагов.

Если в кадре содержится два трека, то в дереве поиска возникает раздвоение, и дальнейший поиск ведут по обеим ветвям.

Описанный выше алгоритм поиска инвариантных компонент уолш-образа прямолинейных треков можно реализовать при помощи приборов с инжекцией заряда, используя, в частности, метод неразрушенного считывания<sup>/2/</sup> или же последовательное инжектирование сигнальных зарядов в горизонтальные шины.

Однако этому алгоритму присущи некоторые недостатки, главным образом вызванные тем, что операция поиска не является топологической, и на всех шагах, кроме последнего, не оперирует с полным изображением трека.

Рассмотрим теперь принцип действия алгоритма топологического анализа треков частиц на примере прямолинейного трека. Процесс считывания ведут при помощи матрицы ППЗ, с тем существенным отличием, что тактовые импульсы подаются не на все строки матрицы ППЗ, а выборочно. В случае прямолинейных треков число тактовых импульсов, пропущенных на каждую строку матрицы ППЗ, изменяют по ступенчато-линейному закону. Поэтому прямолинейные треки поворачиваются относительно матрицы ППЗ как единое целое, без нарушения его топологических характеристик. Такой поворот ведут до тех пор, пока трек не займет вертикального положения. На обратной строке матрицы ППЗ или прибора с инжекцией заряда расположены вертикальные шины, имеющие электрическую емкостную связь с каждым из столбцов матрицы ППЗ. В тот момент, когда трек займет вертикальное положение, сигнал на соответствующей вертикальной шине достигнет максимального значения. Координата вертикальной шины, на которой образуется максимальный сигнал, равна координате входа трека в верхнюю часть кадра. Значение угла наклона в исходном положении до начала считывания определяется числом тактовых периодов работы генератора тактовых импуль-

сов. Данные о координате входа трека в кадр и его угол наклона "оцифровывают" и направляют в блок памяти. Для дополнительного ускорения процесса считывания изображений треков весь кадр разбивают на небольшие фрагменты размерами  $8 \times 8$  или  $16 \times 16$ , и топологические операции считывания ведут одновременно во всех фрагментах. При частоте следования тактовых импульсов около  $50 \text{ МГц}$  полное время считывания кадра составит около  $0,5 \text{ мкс}$ . Если в кадре имеется несколько треков с различными координатами входа и различными углами наклона, то максимумы на гребенке вертикальных шин возникают столько раз, сколько треков имеется в кадре.

Рассмотрим типичный пример. На рис. 2 дано изображение исходного трека, а на рис. 3-9 - последова-

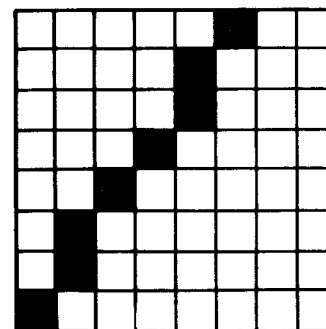


Рис. 2. Изображение наклонного трека на матрице  $8 \times 8$ .

тельные фазы стадии топологических операций считывания при помощи тактовых импульсов, управляемых последовательностью отпирающих сигналов. Размер кадра равен  $N \times N = 8 \times 8$ . Горизонтальная ось направлена вдоль линии сдвиговых регистров. Вертикальная ось направлена параллельно суммирующим вертикальным шинам.

При первом такте картина сдвигается вправо на один шаг в тех регистрах, которым соответствуют черные поля вертикального вектора-столбца /рис. 3/. При втором такте картина сдвинется вправо на один шаг в тех сдвиговых регистрах, которым соответствуют черные поля столбца /рис. 4/. Существенно то, что картина сдвига трека по регистрам отличается от картины сдвига на первом такте. Картины заполненных ячеек после третьего, четвертого, пятого, шестого и седьмого тактов показаны на рис. 5-9.

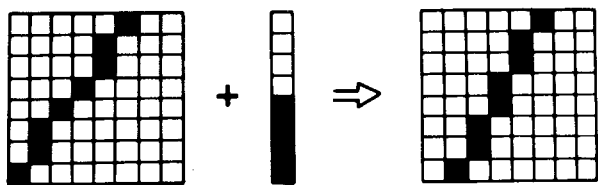


Рис. 3. При первом такте тактовые импульсы пропускают только в тех регистрах, которые помечены черными полями вертикального столбца в центре рисунка.

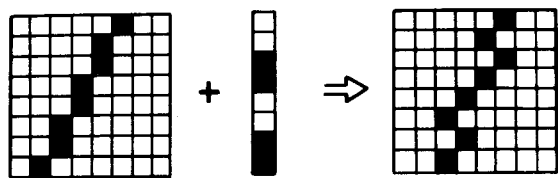


Рис. 4. При втором такте тактовые импульсы пропускают в другую последовательность горизонтальных регистров.

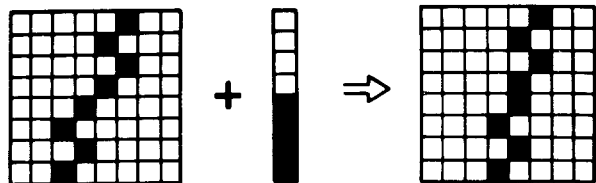


Рис. 5. Третий такт поворота трека.

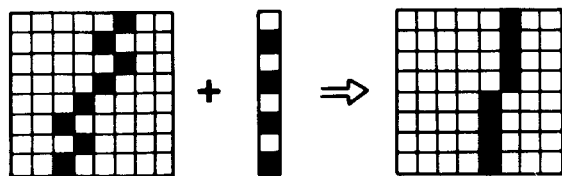


Рис. 6. Четвертый такт поворота трека.

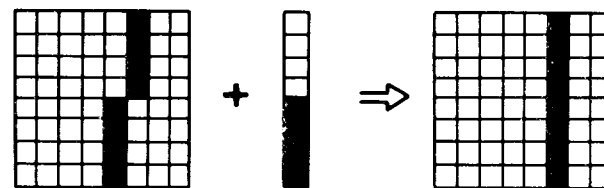


Рис. 7. Пятый такт поворота трека.

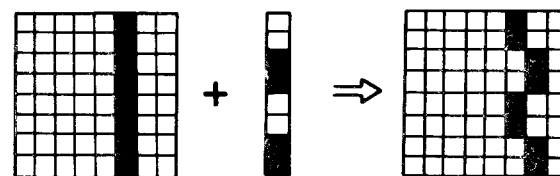


Рис. 8. Шестой такт поворота трека.

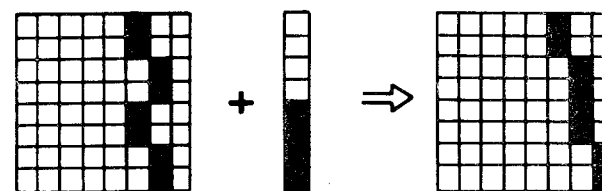
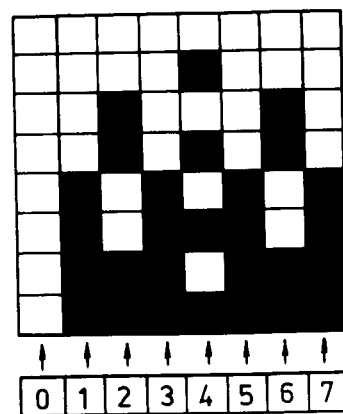


Рис. 9. Седьмой такт поворота трека.

На рис. 10 приведены все 8 векторов-столбцов, задающих последовательность всех 8 сдвигов на один шаг вправо. Черные поля означают, что в данном регистре картина сдвигается на один шаг вправо, а белые поля соответствуют тем регистрам, на которые тактовые импульсы не подаются. В нижней строке указаны номера тактов. Нулевому такту соответствует исходная картина треков в кадре. Небезынтересно отметить, что матрица на рис. 10, характеризующая последовательность сдвигов на один шаг вправо, совпадает с матрицей отпирающих напряжений на J-K-триггерах, вхо-

Рис. 10. Совокупность 8 векторов-столбцов, задающих алгоритм пропуска тактовых импульсов в горизонтальные регистры матрицы ППЗ.



дящих в состав генераторов дискретных функций Уолша<sup>/3/</sup>.

На рис. 11 приведены распределения сигналов, наводимых в вертикальных шинах после каждого такта. Видно, что после пятого такта сигнал в шестой вертикальной шине принял максимальное значение. Это означает, что угол наклона в пять раз превышает единичный угол, а координата входа трека в кадр равна шести единицам.

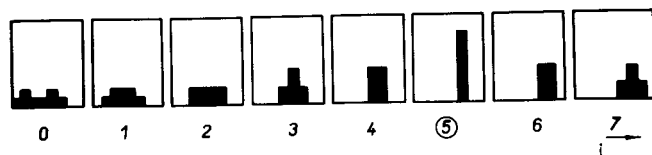


Рис. 11. Распределение сигналов, наводимых в вертикальных шинах после каждого такта поворота трека. После пятого такта сигнал в шестой вертикальной шине имеет максимальное значение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевникова С.О., Сороко Л.М. ОИЯИ, Р10-7757, Дубна, 1974; Translated at CERN by R.Luther in February 1976: On Read-out Algorithms for Straight Tracks Using Walsh Masks.
2. Burke H.K., Michon G.J. IEEE Journal, 1976, SC-11, No. 1, p.121-128.
3. Besslich P.W. IEEE Trans., 1973, EMC-15, No. 4, p.177-180.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 апреля 1978 года.