



Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Г. Г. Воеводкин, Е. М. Дианов, А. А. Кузнецов, С. М. Нефедов, Оптическая реализация операции арифметического сложения на основе метода символьной подстановки, *Письма в ЖТФ*, 1989, том 15, выпуск 19, 5–9

<https://www.mathnet.ru/pjtf2895>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.85

19 мая 2025 г., 02:17:45



- I m u r a T., O s a k a Y. // Jap. J. Appl. Phys. 1988. V. 27. N 4. P. L634-L635.
- [3] V e n k a t e s a n T., C h a s e E.W., W u X.D., I h a m A., C h a n g C.C. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 3. P. 243-245.
- [4] K a n a i T., K u m a g a i T., S o e t a A., S u z u k i T., A i h a r a K., K a m o T., M a t s u d a S. // Jap. J. Appl. Phys. 1988. V. 27. N. 8. P. L1435-L1438.
- [5] Физико-химические основы получения сверхпроводящих материалов / Под ред. Е.М. Савицкого, О. Хенкеля и Ю.В. Ефимова. М.: Металлургия, 1981. 480 с.
- [6] M i n a m i T., A k a m a t s u Y., T a t s u m i s a g o M., T o h g e N., K a w a r a Y. // Jap. J. Appl. Phys., 1988, V. 27. N 5. PL777-L77
- [7] Алексеевский Н.Е., Кузьмичева Г.М., Хлыбов Е.П., Митин А.В., Нижанковский В.И. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 48. В. 1. С. 45-47.

Поступило в Редакцию
6 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 19 12 октября 1989 г.

06.3

ОПТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИИ АРИФМЕТИЧЕСКОГО СЛОЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СИМВОЛЬНОЙ ПОДСТАНОВКИ

Г.Г. Воеводкин, Е.М. Дианов,
А.А. Кузнецов, С.М. Нефедов

Оптические вычислительные машины (ОВМ) будут обладать высоким быстродействием. Повышения быстродействия ОВМ (по сравнению с ЭВМ) планируется достигнуть в основном за счет параллелизма их работы. Одной из возможностей использования параллелизма в оптике является недавно предложенный метод вычислений на основе символьной подстановки (СП) [1]. Этот метод состоит из двух основных этапов. На первом происходит распознавание определенных картин на исходном изображении (матрице входных данных), а на втором - замена этих картин другими в соответствии с законом преобразования. Основное отличие метода от традиционной с законом алгебры, в которой происходит распознавание некоторой входной комбинации нулей и единиц и выдача одного сигнала на выходе (0 или 1), состоит в том, что происходит распознавание не только значе-

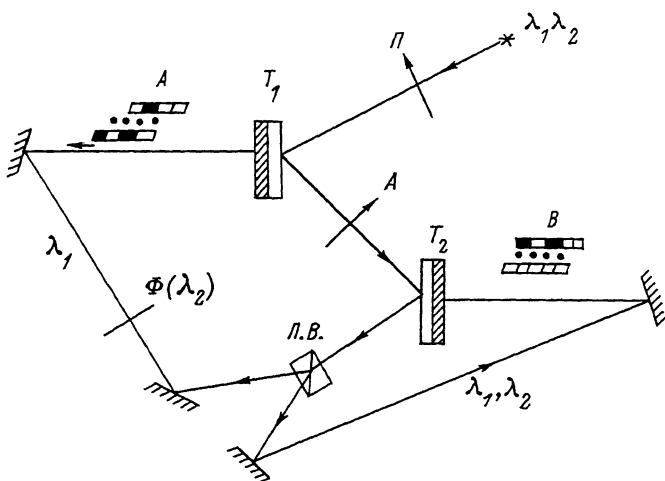


Рис. 1. Оптическая схема установки.

ний входных данных, но их взаиморасположения, и выходом является тоже некая пространственная комбинация нулей и единиц. Метод СП позволяет легко выполнить любую логическую операцию на основе простейших законов подстановки. Так, при двоянном представлении

входных данных $\begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}$ = нулю и $\begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix}$ = единице [2] (такое представление позволяет одновременно распознавать нули и единицы во входном изображении) законы подстановки для выполнения логической операции **исключающие или** таковы [1]:

$$\begin{array}{cccc}
 \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{matrix} & \longrightarrow & \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{matrix} & \longrightarrow & \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{matrix} & \longrightarrow & \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{matrix} & \longrightarrow & \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix}
 \end{array} \quad (1)$$

Используя четыре правила подстановки, достаточно просто выполнить арифметическую операцию сложения.

Для осуществления операции СП мы предлагаем использовать оптически управляемый пространственный модулятор [3] и бихроматический источник света. Принцип работы оптически управляемого модулятора основан на переориентации анизотропных молекул в слое жидкого кристалла при приложении напряжения, причем потенциальный рельеф может быть создан оптическим путем. Интенсивность света, прошедшего такой модулятор, работающий на S эффекте и помещенный между скрещенными поляризаторами, равна

$$I = I_0 \sin^2 2\psi \sin^2 \frac{\tau \Delta n(V) d}{\lambda}, \quad (2)$$

где $\Delta n(V)$ – разность показателей преломления для обыкновенного и необыкновенных лучей (зависящая от напряжения V на ЖК), λ – длина волны считывающего света, φ – угол между осями поляризатора и директора ЖК, d – толщина слоя ЖК. При представлении внешних данных в виде матрицы, состоящей из прозрачных и непрозрачных ячеек, и ее проецировании на фотослой модулятора возможно получение на его выходе (после анализатора) позитивного изображения матрицы на длине волны считывающего света λ_1 и инвертированного (негатива) на λ_2 [4]. Таким образом, если A – входное изображение, то A на выходе будет красным, а \bar{A} – зеленым. т.е. происходит кодирование значений входной матрицы цветом: 1 – красный, а 0 – зеленый.

Для выполнения операции сложения двоичных чисел предлагается оптическая схема рис. 1. Входные матрицы A и B (первое и второе слагаемые) отображаются на фотослой двух модуляторов. При бихроматическом считывании после анализатора A будет присутствовать двуцветная матрица первого слагаемого и этой матрицей происходит считывание изображения второй матрицей (второго слагаемого). После призмы Воластона (являющейся выходным анализатором) будут присутствовать две разноцветные матрицы. Для матрицы одной поляризации красные ячейки соответствуют операции I , а зеленые – и с к л ю ч а ю щ и е и л и для ортогональной поляризации красные ячейки соответствуют логической операции $\bar{A}B$, а зеленые – $A\bar{B}$, что позволяет распознавать следующие комбинации:

$$\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \rightarrow \begin{array}{cccc} 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad (3)$$

Здесь 1 соответствует наличие света (красного или зеленого). Выполнение операции сложения двоичных чисел требует распознавания именно четырех таких комбинаций, и для метода СП обычно требуется два-три канала, в то время как в данном случае достаточно одного. Таким образом, описанное поляризационно-цветовое кодирование расширяет метод поляризационного кодирования [5].

Правила подстановки для выполнения сложения следующие:

$$\begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{array} \rightarrow \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{array} \quad (4)$$

$$+ \begin{array}{cccc} 10110 & 10010 & 00010 & 0000 \\ 10011 & 00101 & 100001 & 101001 \end{array}$$

Для выполнения этих правил матрица с опознанными комбинациями (3) вида $\begin{array}{c} 0 \\ 1 \end{array}$ и $\begin{array}{c} 1 \\ 0 \end{array}$ отображается на фотослой второго модулятора со сдвигом на один шаг вниз, а матрица с опознанными комбинациями вида $\begin{array}{c} 1 \\ 1 \end{array}$ на фотослой первого модулятора со сдвигом на один шаг

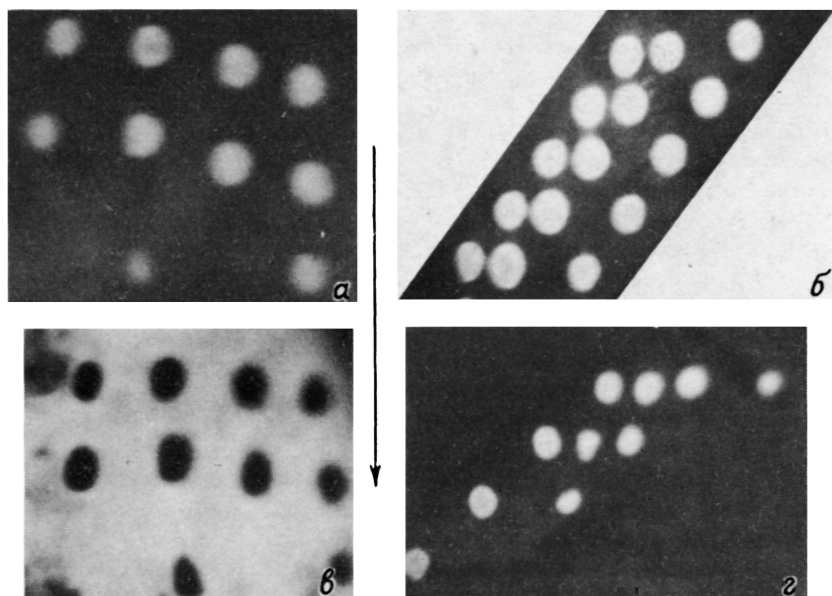


Рис. 2. Результат считывания матрицы А светом с длиной волны λ_1 (красный) и λ_2 (зеленый) (а, б). Сдвиг и перенос числа 1101 (λ_1) с использованием цепи ОС (в). Результат выполненных логических операций с использованием двух транспарантов (г).

вниз и на один шаг влево (опознанные комбинации вида $\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$ не отображаются, так как фильтр блокирует зеленый свет). Так происходит первая итерация. Следует отметить, что строки с входными данными отделены друг от друга на величину длины слагаемых, поскольку число итераций в общем случае равно числу знаков в слагаемом. Выполнение сложения автоматически заканчивается при отсутствии опознанных комбинаций вида $\frac{1}{1}$ (так как на первый модулятор перестает поступать матрица данных, соответствующая переносу из младшего разряда в старший). Экспериментальные результаты представлены на рис. 2.

Время на выполнение операции сложения определяется временем включения модулятора. Так, при числе независимых точек на модуляторе 1000×1000 и времени включения порядка 10 мс возможно сложение 1000 пар 32-разрядных слоев на 320 мс с эквивалентным временем на одно сложение порядка 320 мкс. Легко видеть, что после первой итерации возможно введение новых матриц

слагаемых, чем достигается увеличение производительности ОВМ на порядок.

Итак, нами предложена и реализована схема, позволяющая чисто оптически осуществить операцию арифметического сложения двоичных чисел на основе метода символической подстановки, с использованием жидкокристаллического оптически управляемого пространственного модулятора и бихроматического источника света. Дальнейшее развитие такой методики, возможно, позволит создать достаточно простые узлы (субблоки) оптической вычислительной машины.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] H u a n g A. III Internat. Optical Computing Conference. 1983, P. 13-17.
- [2] E i c h m a n n G., L i Y., A l f a n o R. // Appl. Opt. 1986. V. 25. N 18. P. 3113-3120.
- [3] Грибов Б.Г., Думаевский Ю.Д., Ковтонюк И.Ф. и др. // Электронная техника, сер. Микроэлектроника. 1981. В. 5. С. 82-87.
- [4] Воеводкин Г.Г., Дианов Е.М., Кузнецов А.А., Нефедов С.М. // ЖТФ. 1988. Т. 58. В. 10. С. 2082-2086.
- [5] B r e n n e r K.H. // Appl. Opt. 1986. V. 25. N 18. P. 3061-3064.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
3 июля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 19

12 октября 1989 г.

12

РЕГИСТРАЦИЯ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ТРЕКОВЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ В ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКЕ ПАЛЛАДИЙ- ДЕЙТЕРИЕВО-ТРИТИЕВАЯ ВОДА

В.Д. Русов, Т.Н. Зеленцова,
М.Ю. Семенов, И.В. Радин,
Ю.Ф. Бабикова, Ю.А. Кругляк

В работах [1, 2] сообщается о наблюдении излучения нейтронов, сопровождающих процесс электролитического насыщения Pd и Ti дейтерием. На фоне общего скепсиса физиков к идее протекания реакций слияния ядер дейтерия при комнатной температуре, вызванного в особенности эффектом интенсивного тепловыделения в экспе-