

• Запропонована методологія удосконалення сучасних МК на базі теорії неповної подібності та розмірностей і таблично-алгоритмічного методу апаратної реалізації. Вона дозволяє в межах площі

єдиного кремнієвого кристалу розширити функціональні можливості, що відкриває шлях подальшого зниження вартості мікропроцесорних систем керування в ЛТК.

Література

1. Гребнев, В. В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel [Текст] / В. В. Гребнев. - М. : ИП Радиософт, 2002. - 174 с.
2. Классификация и структура микроконтроллеров [Электронный ресурс] / Электроника просто и понятно - Режим доступа : \WWW/ URL: <http://naf-st.ru/articles/mpmc/m011/> - 20.03.2010 г. - Заглавие с экрана.
3. Лебедев, А. Н. Моделирование в научно-технических исследованиях [Текст] / А. Н. Лебедев. - М. : Радио и связь, 1989. - 224 с.
4. Лукашенко, А. Г. Виявлення резерву предмета дослідження на основі теорії неповної подібності та розмірностей [Текст] / А. Г. Лукашенко, О. А. Кулігін, В. М. Лукашенко // Вісник Хмельницького національного університету. - 2009. - № 3. - С. 184 - 187.
5. Лукашенко, А. Г. Швидкодійний метод візуалізації вибору сучасних мікроконтролерів [Текст] / А. Г. Лукашенко, К. С. Рудаков, Р. Є. Юпин, Д. А. Лукашенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2011. - № 4/9(52). - С. 63 - 65.
6. Лукашенко, В. М. О перспективности таблично-алгоритмических методов при реализации высоких информационных технологий [Текст] / В. М. Лукашенко // Вісник ЧІТІ. - 2000. - № 4. - С. 18 - 22.
7. Перетворювач двійкового коду в однополярні оборотні коди [Текст] : пат. 44833 України, МПК G 06 F 5/ 02 / Лукашенко В. М., Корпань Я. В., Лукашенко А. Г., Рудаков К. С., Лукашенко Д. А., Юпин Р. Є., Чичужко М. В. ; заявник та патентовласник Черкаси, Черкаський державний технологічний університет. - №u200906159 ; заявл. 15.06.2009 ; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19.

УДК 621.4.001; 624.4.001.57

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОДИРУЮЩЕЙ АПЕРТУРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕНЕГРАММЫ

А.А. Никуляк

Младший научный сотрудник

Отдел информационно-аналитического моделирования*

Контактный тел.: 066-989-57-21

О.В. Малахов

Кандидат технических наук, директор*

*Научно-исследовательский институт «Искра»

ул. Звейнека, 145с, г. Луганск, Украина, 91033

Контактный тел.: (0642) 717-592

E-mail: official@iskra.lugansk.ua, iskra_nipki@mail.ru

Д.А. Мельничук

Кандидат экономических наук, доцент

Кафедра высшей математики

Донбасский государственный технический университет

У статті запропоновано метод більш точного формування лічильної матриці в системах візуалізації гама-випромінювання с кодовою апертурою. Наведені результати моделювання для джерел в площинах на різних відстанях

Ключеві слова: кодовані апертури, лічильна матриця

В статье предложен метод более точного формирования матрицы счетности в системах визуализации гамма-излучения с кодированной апертурой. Приведены результаты моделирования для источников в плоскостях на различном расстоянии

Ключевые слова: кодированные апертур, матрица счетности

Method of the more exact count matrix creation by coded aperture gamma-ray imaging system is proposed in the paper. Results of modeling of the source distribution in the planes at different distances are presented

Key words: coded apertures, count matrix

1. Введение

Применение кодированных апертур в системах для получения пространственных распределений

плоских и объемных источников гамма излучения с непрерывным позиционно-чувствительным детектором (ПЧД) позволяет получать изображения с достаточно высоким пространственным разрешением и

обеспечивает возможность программной фокусировки на заданную плоскость внутри объекта.

Сам метод кодированных апертур осуществляется в два этапа. На первом этапе осуществляется регистрация «тенеграммы» – результата взаимодействия гамма – квантов, испускаемых источником в направлении детектора, с поглощающими элементами маски и ПЧД. Второй этап – зарегистрированная ПЧД картина («тенеграмма») подвергается декодированию для получения изображения источников.

Кодирующая маска представляет собой набор прозрачных и непрозрачных для излучения элементов, расположенных в определенном порядке [1,2,3]. Таким образом, в результате прохождения излучения через маску происходит его пространственная модуляция, и каждая точка объекта проецируется на ПЧД в уникальный рисунок. При этом информация о позиции источника кодируется сдвигом тенеграммы.

Процедура получения изображений в системах с кодированной апертурой (СКА) сводится к решению уравнения (1).

$$O = P \otimes G, \quad (1)$$

где: \otimes – оператор корреляции; P – массив счетности событий, зарегистрированных в ячейках тенеграммы, представляющих собой проекции элементов маски на ПЧД; G – специальный обрабатывающий массив, построенный в соответствии с рекомендациями работы [1].

Математически уравнение (1) можно записать в виде:

$$O_{k,l} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} P_{i,j} \cdot G_{k+i,l+j} \quad (2)$$

Из (2) видно, что размерности массивов P и G взаимосвязаны. Если размерность массива P равна $(M \times N)$ и равна размерности базового фрагмента маски, то размерность массива G будет $(4M-3) \times (4N-3)$.

Принципы визуализации гамма-излучения с помощью кодированных апертур достаточно подробно изложены в работе [1].

Первоначально системы с кодированными апертурами (СКА) разрабатывались для визуализации источников гамма – излучения на расстояниях, существенно превышающих размеры системы, в частности для астрофизических исследований или дистанционного обследования радиационно опасных объектов. В этом случае СКА работает в режиме телескопа в параллельных лучах и размер тени элемента маски практически совпадает с размером самого элемента. При применении СКА для получения изображений источников в режиме микроскопа возникают так называемые артефакты ближнего поля [4,5,6]. Одна из причин возникновения этих артефактов заключается в особенностях геометрии системы получения изображений – так называемом эффекте автоколлимации. Если информационный поток гамма квантов падает под углом к маске, то ослабление в закрытых элементах маски становится неравномерным из-за краевых эффектов, а некоторая часть гамма-квантов в открытых элементах поглощается краями поглощающих элементов и не достигает поверхности ПЧД. Вследствие такой коллимации возникает дополнительное искажение тени маски,

приводящее к искажению восстановленной картины пространственного распределения источников.

2. Цель работы

В данной работе методами программно – имитационного моделирования исследовалось влияние геометрических параметров СКА и кодирующей маски на формирование тенеграммы и матрицы счетности.

3. Описание модели и результаты исследования

С помощью программы GEANT4 [7] производилось моделирование процессов регистрации гамма – квантов излучаемых точечным источником энергией 40 кэВ.

Позиционно – чувствительный детектор компьютерной модели состоит из кристалла NaI(Tl) – диаметром 12.55 см, и толщиной 1 см, световода (стекло) – толщиной 14 мм, засыпки (MgO) – 1.15 мм, 19 ФЭУ, корпуса (Al) (рис. 1).

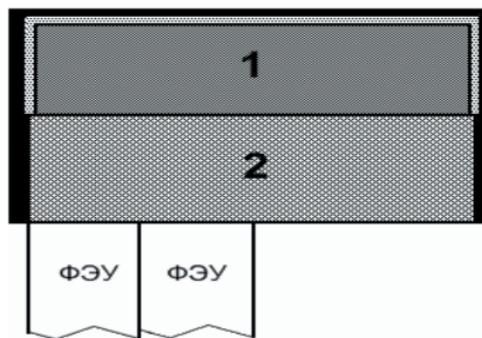


Рис. 1. Схема ПЧД: 1—кристалл NaI(Tl); 2—световод

Для кодирования информации об источнике в модели используется гексагональная кодирующая маска, с длиной большой диагонали 21 элемент. Базовый фрагмент маски показан на рис. 2. Элемент маски выполнен из свинца, толщина – 3 мм, сторона ≈ 4 мм (диаметр вписанной окружности – 7 мм).

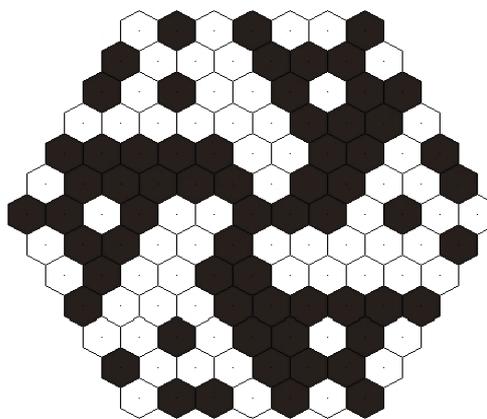


Рис. 2. Базовый фрагмент маски

Источники, находящиеся в различных плоскостях проецируются на ПЧД тень от маски, различного масштаба. Фокальной плоскостью в данном случае на-

зывается плоскость, источники которой проецируют базовый фрагмент маски на всю чувствительную поверхность ПЧД.

При регистрации потока излучения ПЧД координаты взаимодействия гамма – квантов и выделенная энергия записываются в массив счетов. Для формирования матрицы счетности необходимо провести интегрирование счетных данных в ячейках тенеграммы. Для этого вычисляется размер тени от элемента маски по формуле (3).

$$d = a \cdot \left(1 + \frac{f}{b}\right) = a \cdot m, \tag{3}$$

где: a - диагональ элемента (для упрощения берется диаметр вписанной окружности); f – расстояние ПЧД-маска, b – расстояние маска-источник; m – коэффициент увеличения.

Все элементы поля счетности, попавшие в границы одного гексагонального элемента подлежат суммированию, и на основе этого формируется матрица счетности.

Источник излучения находящийся в фокальной проецирует на поверхность ПЧД базовый фрагмент таким образом, что площадь его тени составляет 0.85 – 0.90 площади поверхности кристалла. Источники, находящиеся в удаленных плоскостях, проецируют больше элементов, чем в базовом фрагменте и поэтому интегрирование счетных данных проводится не по всей поверхности ПЧД. На рис. 3 показана тень от источника находящегося в фокальной плоскости.

Источники, что находятся ближе к ПЧД, чем фокальная плоскость, создают тень с меньшим количеством элементов, чем в базовом фрагменте. Таким образом, мы получаем недостаточно информации для восстановления распределения источников. Поэтому восстановление положений источников можно получить только на небольших удалениях от фокальной плоскости

На рис. 3а показана тень от маски и рассчитанные геометрически центры теней. Точечный источник на-

ходится над центральным элементом маски на расстоянии 30 см от неё, маска находится на расстоянии 8.1 см от ПЧД. Как видно из рисунка центры теней с достаточной точностью совпадают только для нескольких элементов. Это связано с тем, что при увеличении расстояния от источника до элемента проецируемая им тень на ПЧД изменяется – тень от закрытого элемента увеличивается, а от открытого уменьшается. Это наглядно демонстрирует рис. 4.

Исходя из рис. 4 и простых геометрических соображений, можно вычислить размеры отбрасываемой тени каждым элементом маски и внести соответствующие поправки к координатам.

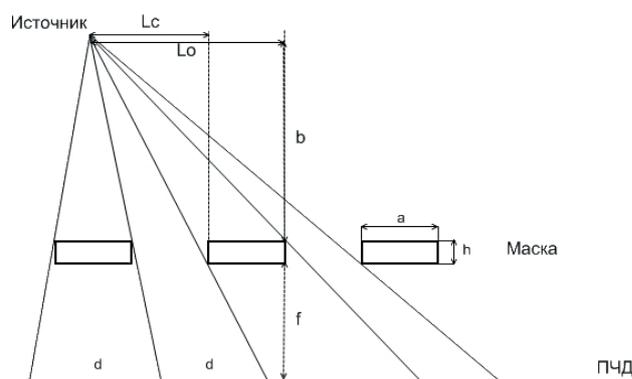


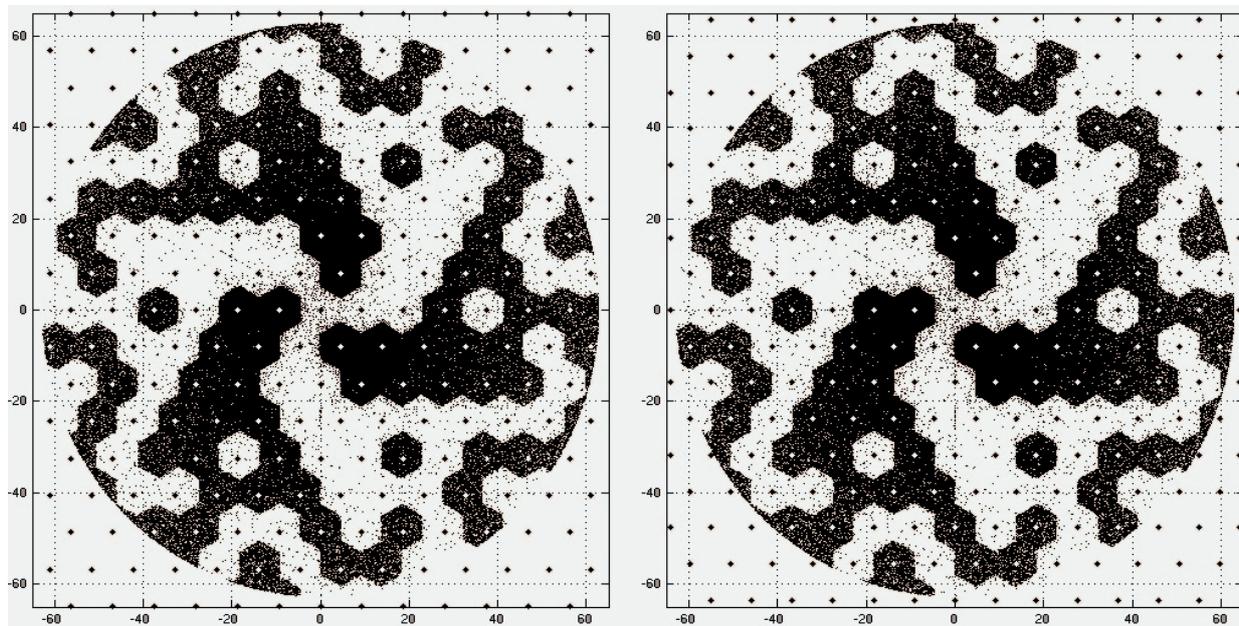
Рис. 4. Схема формирования тени

Так для открытого элемента размер тени на ПЧД будет:

$$d = \left(a - \frac{L_o \cdot h}{b}\right) \cdot m. \tag{4}$$

А для закрытого:

$$d = \left(a + \frac{L_c \cdot h}{b+n}\right) \cdot m. \tag{5}$$



а)

б)

Рис. 3. а) тенеграмма и координаты центров без поправки; б) тенеграмма и координаты центров с учетом поправки

Если применить эти поправки и пересчитать координаты центров теней, то получится следующая картина – рис. 3б.

В табл. 1 приведены размеры теней (d), отбрасываемых открытыми и закрытыми элементами большой

Для удобства отображения двумерная матрица счетности преобразована в вектор. По оси абсцисс отложены элементы матрицы счетности, которые расположены по порядку (от верхнего левого, до нижнего правого).

Таблица 1

Влияние коэффициента увеличения (m) на величину смещения тени (L)

Коэффициент увеличения	Тип элемента: 0 – закрытый, 1 - открытый													
		0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
m0=1.37	d,мм	10.2	10.0	9.3	9.8	9.5	9.6	9.7	9.7	9.8	9.4	10.0	9.2	9.1
	L,мм	1.7	1.6	1.5	L < 1								1.5	1.6
m1=1.27	d,мм	9.4	9.3	8.5	9.1	8.8	8.8	8.9	8.9	9.0	8.7	9.2	8.5	8.4
	L,мм	1.5	1.3	1.1	L < 1								1.2	1.3
m2=1.19	d,мм	8.5	8.4	7.8	8.3	7.9	8.0	8.0	8.1	8.2	7.8	8.4	7.7	7.6
	L,мм	0.7	0.7	0.5	L < 0.5								0.5	0.6

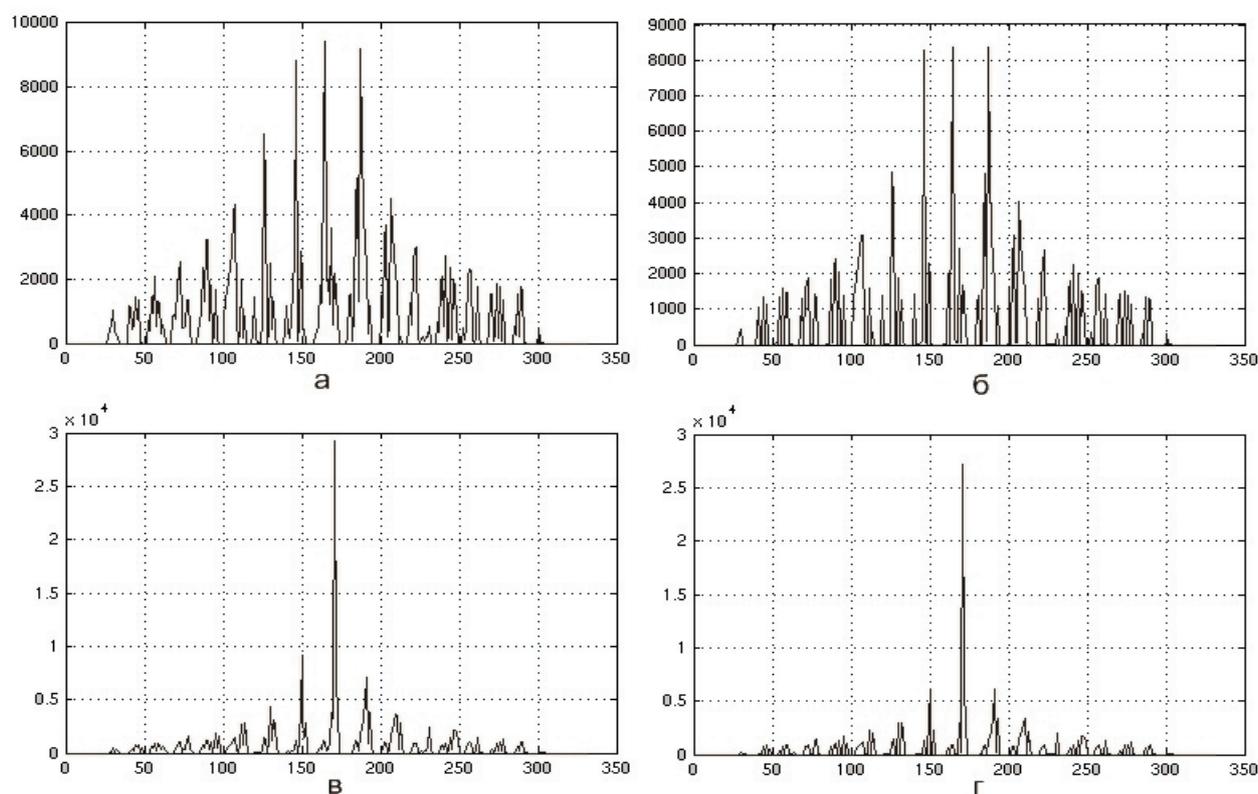


Рис. 5. Количество гамма-квантов, зарегистрированных в ячейках тенеграммы: а, б – для источника, расположенного по центру; в, г – для смещенного источника

диагонали базового фрагмента маски, для различных коэффициентов увеличения m_0 , m_1 , и m_2 , таких, что $m_2 < m_1 < m_0$, и величины смещения центров этих теней (L).

Вычисление координат центров теней влияет на формирование матрицы счетности – если координаты смещены, то будут использованы недостоверные данные и картина восстановленного изображения в лучшем случае будет сильно зашумлена.

На рис. 5 показано количество гамма – квантов зарегистрированных в каждой ячейке тенеграммы для случаев, когда источник излучения расположен по центру (5а – без поправки, 5б – с поправкой), и когда источник смещен на 35 мм (5в – без поправки, 5г – с поправкой).

Выводы

Проведенные исследования показали, что использование СКА в режиме микроскопа для визуализации распределения источников гамма излучения в ближнем поле зрения сопряжено со значительными искажениями, приводящими к неоднородностям тенеграммы маски на ПЧД. Предложенная методика применения поправок для определения центров теней на поверхности ПЧД в совокупности с интегрированием счетных данных не по всей площади тени от элемента позволит уменьшить эффект автоколлимации и, как следствие уменьшить артефакты ближнего поля. Таким образом, можно получить более достоверную информацию для последующего формирования матрицы счетности и менее зашумленную картину восстановленного изображения.

Литература

1. Fenimore E.E. Coded Aperture Imaging with Uniformly Redundant Arrays [текст] / Fenimore E.E. Cannon T.M. // Applied Optics, 1978, v.17, No.3, pp.337-347.
2. Proctor R.J. The Design of Optimum Coded Mask X-Ray Telescopes [текст] / Proctor R.J., Skinner G.K., Willmore A.P. // Monthly Notes of Royal Astronomical Society, 1979, v.187, pp. 663-643.
3. Gottesman S. R. New family of binary arrays for coded aperture imaging [текст] / S. R. Gottesman, E. E. Fenimore // Applied Optics, 1989. - Vol. 28, No. 20. - pp. 4344-4352.
4. T.M. Cannon Tomographical Imaging Using Uniformly Redundant Arrays [текст] / T.M. Cannon, E.E. Fenimore // Applied Optics, 1979, v. 18, No.7, p.1052-1057.
5. R.Accorsi. Deaign of Near-Field Coded Aperture Cameras for High-Resolution Medical and Industrial Gamma-Ray Imaging [текст] // Massachusetts Institute of Technology. Ph.D. Thesis. July, 31, 2001.
6. Coded Aperture Imaging with Application to Fast Neutron Analysis and to Nuclear Medicine Imaging: Technique with Applicability to Supply Reduction and to Demand Reduction [текст]: 2001 ONDCP Technology Symposium. June 25-28, San Diego, California: R.Accorsi, F.Gasparini, R.C.Lanza.
7. Geant4: a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter [электронный ресурс]. - Electronic text data. Geneva: Switzerland, 2009. - Mode of the access: <http://geant4.cern.ch>.

У статті вирішується завдання дослідження програмно-аналітичної моделі детектору прихованих порожнин, розробленої для моделювання різних геометрій перешкод та закладок з ціллю оцінки можливості використання зареєстрованої швидкості рахунку для детектування наявності закладок, та їх ідентифікації

Ключові слова: детектор прихованих порожнин, моделювання, ідентифікація

В статье решается задача исследования программно-аналитической модели детектора скрытых пустот, разработанной для моделирования разных геометрий преград и закладок с целью оценки возможности использования регистрируемой скорости счета для определения наличия закладок и их идентификации

Ключевые слова: детектор скрытых пустот, моделирование, идентификация

In the article the study of software simulation of hidden cavities' detector is performed. The model is designed to simulate the detector response for different geometries of obstacles and types of objects behind these obstacles, with the goal of determining the possibility of detection and identification of objects using the registered count rate only

Keywords: hidden cavities' detector, simulation, identification

УДК 539.12.07

ОБНАРУЖЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ СКРЫТЫХ ПРЕДМЕТОВ ПО СКОРОСТИ СЧЕТА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМ ДЕТЕКТОРОМ

Е. Г. Ярощук

Младший научный сотрудник*

Контактный тел.: 093-360-76-60

E-mail: zfx90@mail.ru

Е. А. Краснощек

Младший научный сотрудник*

Контактный тел.: 066-986-84-43

E-mail: official@iskra.lugansk.ua

А. В. Калюжный

Заведующий лабораторией*

Контактный тел.: 095-344-80-32

E-mail: kalyuchiy@yandex.ru

П. Ю. Войлов

Заведующий лабораторией*

Контактный тел.: 066-770-98-44

E-mail: br_rkka@vi-ewizard.com

*Научно - исследовательский и проектно - конструкторский институт «Искра»

ул. Звейненка, 145с, г. Луганск, 91033

Введение

При проведении досмотрового контроля транспортных средств, для быстрого обнаружения не-

санкционированных вложений внутри естественных (технологических) и искусственных полостей транспортных средств, государственными силовыми структурами все чаще применяются портативные