

Разработка и внедрение АПАК для поиска дефектов изделий микроэлектроники с помощью искусственного интеллекта

Часть 4. Проверка качества порошковых материалов и микроструктур поверхностей

Юрий РУБЦОВ,
генеральный директор –
главный конструктор,
АО «ЦКБ «Дейтон»
Юрий ЕВСТИФЕЕВ,
к.т.н., старший научный сотрудник,
профессор АО «ЦКБ «Дейтон»,
medved55@mail.ru

Дарья ДОРМИДОШИНА,
заместитель генерального директора,
АО «ЦКБ «Дейтон»
Артем КУЗНЕЦОВ,
техник, АО «ЦКБ «Дейтон»

В номерах ЭК2–4 за 2025 г. описаны методы и способы настройки изображений для видимого диапазона обнаружения дефектов, рассмотрены методы измерения, классификации и формирования базы данных (БД) дефектов с помощью автоматизированного программно-аппаратного комплекса (АПАК) для поиска дефектов изделий электронной техники (ИЭТ) с сохранением изображения дефекта в БД для дальнейшего применения, описано обнаружение дефектов полупроводниковых пластин в поляризованном свете. В этой части статьи описывается проверка качества порошковых материалов и микроструктур поверхностей.

Введение

Порошковые материалы (ПМ), используемые во всех отраслях промышленности, в продуктах питания и в микроэлектронике, позволяют:

- получить изделия и материалы высокой чистоты и заданного химического состава с такими физическими, химическими, механическими и технологическими свойствами, которые невозможно достигнуть традиционными методами;
- использовать отходы перерабатывающей промышленности, снизить расходы дорогостоящих металлов и трудоемкость изготовления изделий.

Для активно развивающейся порошковой индустрии актуально значение проверки качества порошковых материалов, анализ фракций и микроструктур твердотельных поверхностей, в том числе композитных материалов. Проверка качества ПМ играет существенную роль, обеспечивая качество финальной продукции.

Специалисты АО «ЦКБ «Дейтон» разработали автоматизированный программно-аппаратный комплекс для проверки качества порошковых материалов и микроструктур поверхностей с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ), который предназначен для анализа изображений материалов, и представляет собой интеграцию современных технологий по обработке изображений, созданных на базе математических методов.

При разработке АПАК были изучены и использованы лучшие приемы и методы функциональных аналогов, в том чис-

ле BendingStudio XT (Великобритания), разработки Radiant Vision Systems (США), SmartVision S. r.l. (Италия), Sensofar Metrology (Испания), CrysTBox (Чехия), NEXSYS ImageExpert (Россия), а также учтены потребности отечественных предприятий в автоматизации процессов исследования качества материалов.

Состав АПАК для оценки качества материалов

АПАК разработан для проверки наличия дефектов, основанной на методах обработки изображений, включая устранение фона, аппроксимацию границ, адаптацию к разным образцам материалов. Этот комплекс обеспечивает бесконтактный метод, гарантирующий отсутствие загрязнений или повреждений во время осмотра, эффективно выявляя визуальные искажения, отклонения поверхности и инородные предметы.

АПАК предварительно обрабатывает поверхности материалов с помощью компьютерного зрения (КЗ). Чтобы оптимизировать процесс и избежать необходимости обработки нейронной сетью всего изображения, что является ресурсоемким процессом и отнимает много времени, используется традиционная технология 2D/3D-зрения для выявления возможных дефектов на заданном участке поверхности, то есть для указания областей, требующих дальнейшего исследования. Выбранные области затем передаются в нейронную сеть, обученную на большом количестве образцов, которая обрабатывает изображение и присваивает ему оценку, определяющую соответствие установленным нормативам.

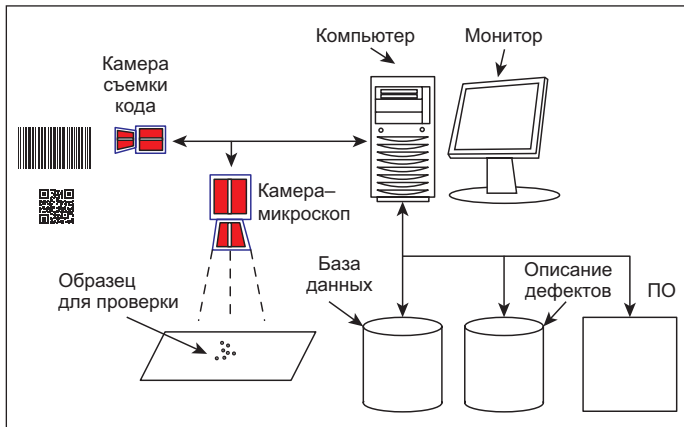


Рис. 1. Структурная схема АПАК

Разработанный АПАК имеет следующий состав:

- компьютер с монитором;
- программное обеспечение (ПО) с инструкциями по обработке информации;
- база данных;
- набор данных с описанием дефектов;
- камера-микроскоп;
- камера для съемки QR- и штрих-кодов.

Структурная схема АПАК представлена на рис. 1.

АПАК получает с помощью камеры-микроскопа информацию – изображение образцов для проверки качества. С помощью КЗ настраиваются параметры изображения. Подготовка изображений к количественному анализу и их математической обработке выполняется при помощи ПО, разработанного специалистами АО «ЦКБ «Дейтон». Камера-микроскоп обеспечивает съемку и передачу изображения поверхности материалов в видимом диапазоне с кратностью увеличения 2–1000 и разрешением от 3 Мп.

АПАК содержит программные инструкции КЗ для обработки полученной с камеры-микроскопа информации. Описание дефектов и информация, полученная с этой камеры, обрабатывается, сравнивается, определяется наличие или отсутствие дефектов, дается оценка качеству исследуемых материалов.

Партия проверяемых материалов идентифицируется с помощью ее номера, который вводится вручную или с помощью камеры ввода QR- (штрих-) кода, что определяется выбором пользователей АПАК.

АПАК показывает изображение образца материала на экране компьютера, позволяя выбирать поле зрения, настраивать параметры и сохранять требуемые кадры в виде файлов изображений для последующего анализа. Предусмотрена возможность изменять масштаб просмотра изображений.

Для настройки получаемой с камеры информации в АПАК используется функционал настройки изображений, который описан в [1]. Для определения соответствия реального масштаба получаемых изображений проводится калибровка АПАК. Процесс калибровки изображения описан в [2]. Масштаб устанавливается в системе сразу для всех загруженных изображений.

Описание дефектов материалов и ПО для их определения

Дефектом является каждое отдельное несоответствие исследуемых материалов требованиям, установленным нормативной документацией. Дефектами могут быть не только недопустимые нарушения поверхности для видимого диапазона их обнаружения, но и выход размера частиц материалов за пределы допуска, несоответствие степени шероховатости поверхности нормативам, наличие царапин и сколов на поверхности, содержание сторонних примесей и т. д. Как правило, структура материала не является идеально сплошной и представляет

собой основной материал, на поверхности которого распределены примеси, а также дефекты, различающиеся размерами, формой и расположением.

В структуре материала наблюдаются дислокации и вакансии (искажения и несовершенства кристаллической решетки материала). В микроструктуре – микротрещины и микропоры. В макроструктуре – трещины, раковины, расслоения, рыхлости и т. д.

В нормативной документации должны быть четко указаны предельные отклонения поверхности материалов от номинальных значений, при которых материал выполняет свои функции без изменения свойств.

Отклонение считается допустимым, если численное значение параметра дефекта не выходит за пределы, установленные нормативной документацией. Выход численного значения параметра дефекта за эти пределы означает, что материал имеет дефект.

ПО АПАК позволяет различать:

- критические отклонения, при наличии которых нельзя использовать материал по назначению, так как он не отвечает требованиям по применению;
- значительные отклонения, которые влияют на использование материалов по назначению, но не являются критическими;
- малозначительные отклонения, которые существенно не влияют на использование материалов.

Поскольку критические и значительные отклонения считаются дефектами и браком, для их выявления контроль должен быть сплошным и в отдельных случаях – неоднократным. Малозначительные отклонения считаются дефектами, но не браком, но для некоторых материалов совокупности отклонений, каждое из которых является малозначительным, могут быть эквивалентными значительному или критическому отклонению.

Для измерения дефектов видимого диапазона разработаны средства, представленные внешним интерфейсом в разделе (вкладка «Пульт управления системой») «Измерение», что позволяет настроить идентификацию дефектов. Внешний интерфейс в разделе измерения дефектов с обозначением органов управления представлен в [2].

Представление полученных результатов подчиняется общей идеологии АПАК. Все промеры автоматически накапливаются в соответствующих базах данных. Для удобства пользователей какие-либо явные операции с файлами не выполняются. При необходимости начать промеры заново (при смене образца) достаточно нажать кнопку «Очистить» для активной базы данных. На вкладку «Расчет» выносятся расчетные параметры, отмеченные пользователем в окне настроек. Например, для расчета зернистости материалов и распределения их по группам автоматически строится гистограмма распределения в стандартном представлении (рис. 2).

При необходимости интерпретации результатов гистограмму можно перестроить в соответствии с требуемым количеством интервалов и значениями их диапазонов. В состав ПО включено несколько на-

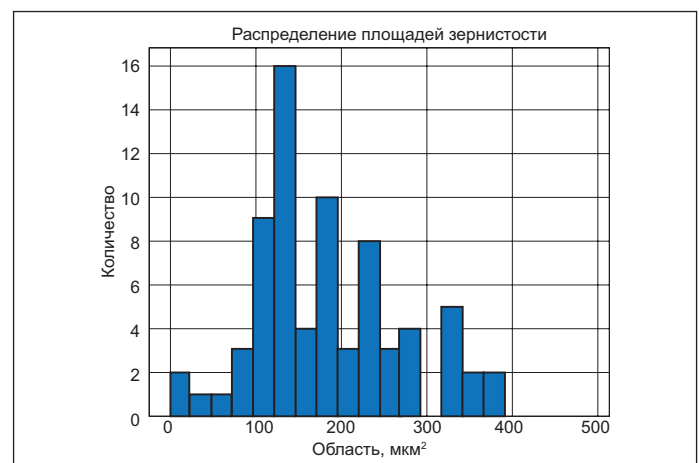


Рис. 2. Гистограмма распределения по площади

строек размерных групп, соответствующих стандартам по анализу качества структуры, инородных включений. Пользователь имеет возможность самостоятельно настроить размерные группы на основании требуемого стандарта и сохранить эти настройки для последующего использования.

Инструментарий ПО для определения дефектов материалов

Набор методов и фильтров, преобразованный в инструментальный ПО, существенно расширяет возможности АПАК и эффективно обеспечивает анализ поверхностей материалов. Цель применения методов и фильтров заключается в обработке первичного изображения, при которой результат оказывается более подходящим с точки зрения конкретного применения. Фильтры изображений работают путем выполнения математической операции над каждым пикселем с использованием окружающих его пикселей для получения результата. Например, фильтр нижних частот (ФНЧ) изменяет значение каждого пикселя в изображении на среднее значение пикселя и пикселей в его окружении.

Инструментарий ПО АПАК основан на использовании масок фильтра. Фильтры позволяют либо улучшить изображение, отсеив ненужные «шумы» и мелкие частицы, либо изменить его так, чтобы акцентировать на нем те или иные объекты, что позволяет сделать вывод о важности содержания изображений. В АПАК маска фильтра представляет собой двумерную систему, элементы которой симметрично окружают рабочую точку. Коэффициенты системы выбираются таким образом, чтобы обеспечить требуемое преобразование первичного изображения. Для демонстрации этого подхода двумерная система размерностью 3×3 для пикселя с координатами x и y показана на примере таблицы.

Если величины $w_1, w_2, \dots, w_9$ представляют собой коэффициенты, маски пикселя (x, y) и его восьми соседей, то алгоритм можно представить как выполнение следующей операции в окрестности 3×3 точки x, y (1):

$$h[w(x, y)] = w_1(x-1, y-1) + w_2(x, y-1) + w_3(x+1, y-1) + w_4(x-1, y) + w_5(x, y) + w_6(x+1, y) + w_7(x-1, y+1) + w_8(x, y+1) + w_9(x+1, y+1) \quad (1)$$

Результаты исследований показали важность величины и формы двумерной системы. При малой величине (оптимально 3×3) фильтры обрабатывают мелкие объекты; большая величина двумерной системы влияет на крупные объекты, высокие и узкие двумерной системы – на вертикальные, а короткие и широкие – на горизонтальные [3].

ПО перемещается по каждому пикселю изображения, выполняя ту же математическую операцию и используя окружающие пиксели в его окрестностях, чтобы определить новое значение целевого пикселя.

Инструментарий ПО сгруппирован в соответствии с функциональностью. Вкладка «Качественные фильтры» показана на рис. 3 и применяется в АПАК к исходным изображениям.

Рассмотрим по порядку эти фильтры.

1. Низкочастотный фильтр (ФНЧ), который ослабляет высокочастотные компоненты и усиливает роль низкочастотных. Частота его применения к изображениям отражает количество имеющих в них деталей. Резкие перепады яркости, помехи и шумы являются примером высокочастотных элементов в изображении.

Таблица. Двумерная система размерностью 3×3

$x-1, y-1$	$x, y-1$	$x+1, y-1$
$x-1, y$	x, y	$x+1, y$
$x-1, y+1$	$x, y+1$	$x+1, y+1$

ФНЧ выделяет слабые детали, которые были затуманены шумом. При обработке изображений ФНЧ служит для удаления шума, снижения разрешения (без уменьшения размера изображения) или приглушения деталей за один этап процедуры. В более сложных процедурах обработки изображений отфильтрованное ФНЧ-изображение можно использовать для возврата оттенков и цвета результирующему изображению после того, как другие процедуры обработки удалили их в процессе улучшения деталей.

В процессах разработки АПАК исследованы стандартные формы ФНЧ: идеальный, Баттерворта и гауссов [4].

Идеальным считается фильтр, который отсекает все ВЧ-компоненты преобразования Фурье, находящиеся на расстоянии, которое превышает указанное расстояние D от начала координат преобразования. Передаточная функция идеального ФНЧ определяется следующим образом (2):

$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & \text{если } D(u, v) \leq M \\ 0, & \text{если } D(u, v) > M \end{cases} \quad (2)$$

где $D(u, v)$ – расстояние точки (u, v) до центра их частоты M .

Передаточная функция ФНЧ Баттерворта позволяет удалить ВЧ-шум с минимальной потерей компонентов сигнала в указанной полосе пропускания с порядком n (3):

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)}{M} \right]^{2n}} \quad (3)$$

Порядок ФНЧ Баттерворта n определяет ослабление в полосе задержания. Чем выше порядок фильтра, тем сложнее он в реализации. В отличие от идеального ФНЧ, при использовании ФНЧ Баттерворта плавно уменьшается степень размывания с увеличением частоты среза. При использовании низких порядков фильтра шум на результирующем изображении не заметен (так как фильтру свойственен гладкий переход между низкими и высокими частотами).

Гауссов ФНЧ определяется как (4):

$$H(u, v) = e^{-D^2(u, v)/2M^2} \quad (4)$$

Как и в случае с ФНЧ Баттерворта, при увеличении частоты среза гауссова ФНЧ происходит плавное уменьшение степени размывания, поэтому шум на результирующем изображении незаметен. Гауссов ФНЧ имеет ненулевое ядро бесконечного размера. Однако ядро фильтра очень быстро убывает к нулю при удалении от маски пикселя (x, y) , и потому на практике можно ограничиться двумерной системой размерностью 3×3 .

Полученные положительные результаты проведенных экспериментов ФНЧ и результаты других исследователей [5] реализованы в АПАК.

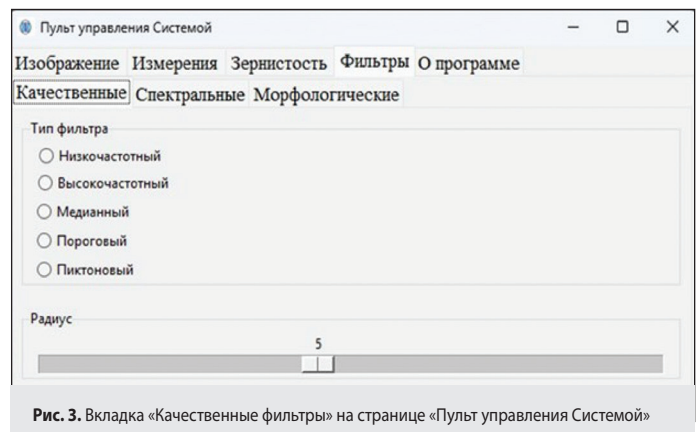


Рис. 3. Вкладка «Качественные фильтры» на странице «Пульт управления Системой»

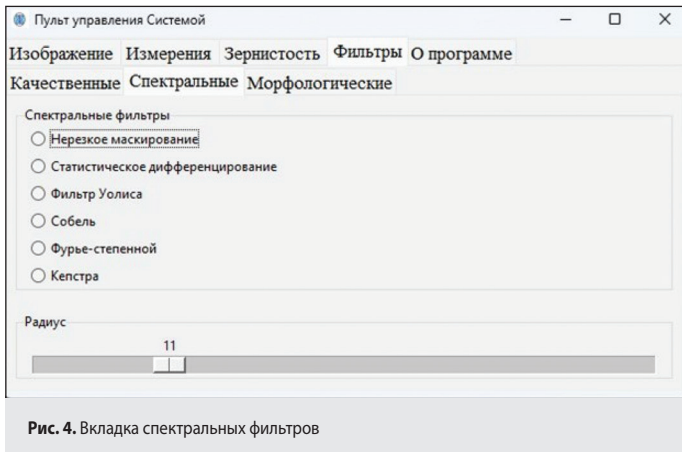


Рис. 4. Вкладка спектральных фильтров

2. Высокочастотный фильтр (ФВЧ) применяется для выделения таких деталей как контуры, границы или для повышения резкости изображения. Каждый скачок яркости и каждый контур представляют собой интенсивные детали, связанные с повышенными частотами. В результате действия ФВЧ подавляются медленные изменения яркости на изображении в пространственной области. В этом случае в итоге получается изображение, на котором яркость всех объектов уменьшена, а детали усилены. Передаточную функцию ФВЧ можно получить из заданного низкочастотного фильтра при помощи соотношения (5):

$$H_{\text{ФВЧ}}(u, v) = 1 - H(u, v). \quad (5)$$

Это значит, что ослабляемые низкочастотным фильтром частоты пропускаются ВЧ-фильтром, и наоборот. При этом ФВЧ обладают теми же свойствами в отношении шума, что и ФНЧ [6].

3. Медианный фильтр (МФ) реализует нелинейную процедуру подавления шумов. МФ представляет собой скользящее по полю изображения окно двумерной системы, элементы которой симметрично окружают рабочую точку (см. рис. 4), охватывающее нечетное число отсчетов. Значение рабочей точки (x, y) заменяется медианой всех элементов изображения в окне двумерной системы. Медианой дискретной последовательности называется средний по порядку член ряда, получающегося при упорядочении исходной последовательности. Номер медианного элемента вычисляется по формуле (6):

$$n = \frac{N + 1}{2}, \quad (6)$$

где N – число пикселей, участвующих в расчете.

МФ определяется следующим образом (7):

$$B(x, y) = \text{med}\{M(x, y)\}, \quad (7)$$

то есть результатом фильтрации является медианное значение пикселей окрестности, форма которой определяется маской фильтра. МФ способна эффективно удалять из изображения помехи, независимо воздействующие на отдельные пиксели. Например, такими помехами являются «битые» пиксели на изображении, «снеговой» шум, когда часть пикселей заменяется пикселями с максимальной интенсивностью, и т.д. Преимущество МФ заключается в том, что «горячий» пиксель на темном фоне будет заменен темным, а не «размазан» по окрестности [7].

МФ используется в АПАК для подавления аддитивного и импульсного шумов на изображении. Характерной особенностью МФ является сохранение перепадов яркости (контуров) изображения. При этом, если перепады яркости велики, то результаты использования МФ лучше применения описанных выше фильтров. Особенно эффективным МФ является в случае импульсного шума.

4. Пороговый фильтр (ПФ), который задается следующим образом (8):

$$B(x, y) = \begin{cases} A(x, y), & A(x, y) - m_n \leq p \\ m_n, & A(x, y) - m_n > p \end{cases}. \quad (8)$$

Величина p является порогом фильтрации. Если величина центральной точки ПФ превышает среднее значение отсчетов m_n в ее M -окрестности на величину порога, то она заменяется средним значением. Значение порога является константой, так как оно функционально зависит от величины центральной точки [8].

- В ПФ АПАК порог определяет предельную интенсивность, ниже которой значение анализируемой точки не меняется на размытое.
5. Пиктоновый фильтр (ПФ), который определен в национальном стандарте [9], меняет цвет пикселя на цвет с наиболее вероятным значением интенсивности в пределах заданного радиуса. ПФ используется для устранения дефектов растрового изображения (поры в волокнах, включения в матрице и т.д.).

Для усиления слабых деталей композиции используются спектральные фильтры нерезкого маскирования, статистического дифференцирования, Уоллиса, Собеля, Фурье-степенной и кепстра.

Спектральные фильтры представлены во вкладке «Фильтры» (рис. 4). К этим фильтрам относятся следующие.

1. Фильтр нерезкого маскирования обрабатывает изображение, повышая четкость за счет усиления контраста мелких деталей при неизменном общем контрасте. Сначала АПАК получает маску: копирует оригинальное изображение, применяет размытие к полученной копии. Затем АПАК сравнивает маску с оригинальным изображением. Если отличия в точке изображения превышают определенный порог, маска вычитается из исходного изображения. В пикселях, параметры которых совпадают с маской, изменений не происходит. Порог необходим для того, чтобы избежать усиления нежелательных деталей [10].
2. Фильтр статистического дифференцирования выделяет области, содержащие резкие переходы по яркости или цветности, и подавляет области с примерно однородной интенсивностью и цветностью.
3. Фильтр Уоллиса (Wallis, WF) улучшает детализацию за счет контрастности [11]. Результат обработки изображения f можно представить следующим образом (9):

$$WF_v(x, y) = \alpha [f(x, y) - m_f] + \beta, \quad (9)$$

где (x, y) – координата пикселя; α и β – параметры; m_f – локальное среднее значение текущего окна размером v . При вычислении WF исходное изображение f сначала делится на неперекрывающиеся окна с одинаковым размером v , вычисляется значение m_f каждого окна, а затем рассчитывается величина WF. Этот фильтр позволяет улучшить детализацию изображения посредством регулировки контрастности каждого малого окна. Изображение можно адаптивно улучшить в соответствии с его назначением.

4. Фильтр Собеля основан на приближении значений градиента яркости изображения. Он вычисляет градиент яркости в каждой точке на изображении, находя величину изменения яркости и ее направление. Результат отражает изменения яркости изображения в каждой точке, то есть вероятность нахождения точки на границе, а также ориентацию.

Этот фильтр используется для обрисовки объектов, как показано для частиц тантала на рис. 5а и алюминия на рис. 5б.

5. Фильтр Фурье-степенной (ФФС) позволяет воздействовать непосредственно на частотный спектр. Он основан на манипуляции определенными частотными компонентами сигнала. ФФС работает, выполняя преобразование Фурье-сигнала, ослабляя или усиливая определенные частоты, и выполняет обратное преобразование результата.
6. Фильтр кепстра, обратный преобразованию Фурье от логарифма спектра мощности сигнала. Морфологические фильтры применя-

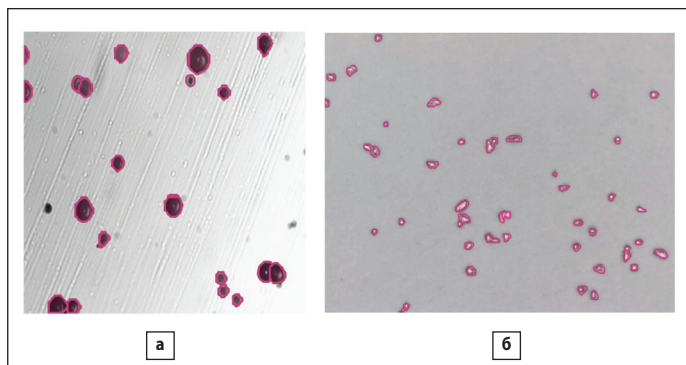


Рис. 5. Обработанные с помощью фильтра Собеля порошки: а) тантала; б) алюминия

ются к бинаризованным или сегментированным изображениям, воздействуя на геометрию объектов.

Вкладка АПАК для морфологических фильтров представлена на рис. 6.

Фильтры эрозии и дилатации модифицированы и основаны на механизме попеременной 4- и 8-связности, что позволяет точнее описывать равномерное расширение на изображениях.

Фильтры «Вскрытие» и «Замыкание» основаны на попеременном применении эрозии–дилатации и дилатации–эрозии, соответственно, и применяются для разделения или соединения в одно целое близко расположенных объектов.

Фильтр «Скелетизация» применяется для выявления тонкой структуры объектов и является полезным при анализе зернистой структуры. Фильтры «Соединение» и «Отсечение» применяются для соединения свободных частей объектов с телом объекта и для их устранения, соответственно. Эти фильтры также полезны при восстановлении зернистой структуры.

Фильтр «Разделение» позволяет автоматически устранять перешейки слипшихся частиц, но такой метод эффективен в случаях, когда задаваемый радиус перешейка меньше объектов; в противном случае делиться могут тела самих объектов.

Опция «Удаление граничных объектов» используется при анализе распределений, поскольку учет неполных частиц вносит погрешность.

Выводы

В статье были освещены новейшие методы КЗ для анализа поверхности материалов. Мы кратко рассмотрели методы, составляющие основу работы АПАК, охарактеризовали основные задачи анализа

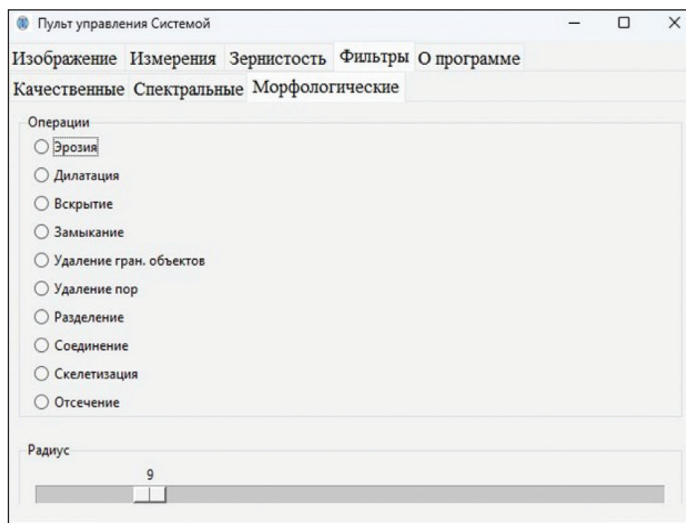


Рис. 6. Вкладка для морфологических фильтров

изображений, которые могут выполняться с помощью инструментов АПАК, подчеркнули сильные и слабые стороны существующих методов. Кроме того, были освещены некоторые приложения, которые были исследованы нами в качестве аналогов. Несмотря на развивающиеся возможности КЗ для оценки качества материалов, эти технологии все еще находятся на ранней стадии и имеют большой потенциал для обеспечения качества. Наличие больших наборов обучающих данных имеет решающее значение для успеха применения методов КЗ в материаловедении.

Другие проблемы связаны с наличием зашумленных необработанных и немаркированных данных, а также несбалансированных наборов данных. Были предложены некоторые варианты для решения этих проблем. Наконец, мы определили два основных направления для будущих исследований применения методов КЗ в материаловедении:

- во-первых, разработка новых методов для выявления дефектов материалов, которое гарантирует, что выходные данные интерпретируются нормативными документами;
- во-вторых, наш анализ множества фильтров доказал необходимость развития технологии предварительного анализа изображения и подбора оптимального числа фильтров для оценки качества материалов.

Литература

1. Дарья Дормидошина, Юрий Евстифеев, Юрий Рубцов. Разработка и внедрение АПАК для поиска дефектов изделий микроэлектроники с помощью искусственного интеллекта. Часть 1. Технические средства настройки изображений для видимого диапазона обнаружения дефектов // Электронные компоненты. 2025. № 2.
2. Дарья Дормидошина, Юрий Евстифеев, Юрий Рубцов. Разработка и внедрение АПАК для поиска дефектов изделий микроэлектроники с помощью искусственного интеллекта. Часть 2. Измерение обнаруженных дефектов в видимом диапазоне // Электронные компоненты. 2025. № 3.
3. Aziz Makandar, Bhagirathi Halalli. Image Enhancement Techniques using High-pass and Low-pass Filters. Department of Computer Science. Karnataka State Women's University. Vijayapur. India. 2015.
4. Roopashree S., Sachin Saini, Rohan Ranjan Singh. Enhancement and Pre-Processing of Images Using Filtering. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). 2012.
5. Sabrina Perfetto, John Wilder, Dirk B Walther. Effects of Spatial Frequency Filtering Choices on the Perception of Filtered Images. Samsung Artificial Intelligence Center Toronto. Canada. 2020.
6. Onyedima E. G., Onyenwe I. E. Image Restoration: A Comparative Analysis of Image De noising Using Different Spatial Filtering Techniques. Department of Computer Science. Nnamdi Azikiwe University. Awka. Anambra State. Nigeria. 2023.
7. Claudia Gorynski, Max Frei, Frank Einar Kruis, Markus Winterer. Show More Machine Learning Based Quantitative Characterization of Microstructures. Department of Mechanical Engineering and Center for Nanointegration. Duisburg-Essen (CENIDE). University of Duisburg-Essen. Duisburg. Germany. 2023.
8. Jianhong Zhao, Huamin Yang, Yi Sui. Computer Vision Based Automatic Evaluation Method of Y2O3 Steel Coating Performance with SEM Image. School of Computer Science and Technology. Changchun University of Science and Technology. China. 2025.
9. ГОСТ Р 57858–2017 Композиты полимерные. Метод определения объемной доли волокон и характера распределения волокон в полимерной матрице. Официальное издание. М. Стандартинформ. 2017.
10. Khaled Alrfou, Tian Zhao, Amir Kordijaz. Deep Learning Methods for Microstructural Image Analysis: The State-of-the-Art and Future Perspectives. University of Wisconsin Milwaukee. Department of Computer Science. Milwaukee. USA. 2024.
11. Dongjie Tan. Image Enhancement Based on Adaptive Median Filter and Wallis Filter. 4th National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering. 2015.