

- газовыделения и его использование для определения адгезии тонкоплёночных систем // Тезисы докладов: Межотраслевой научно-практический семинар с участием зарубежных специалистов «Вакуумная металлзация» 16-18 апреля 1996.- Харьков: ННУ ХФТИ, 1996.- С.103.
5. Цыбулёв П.Н., Сердюк Г.Н., Молчановский Н.А., Пархоменко В.Д. Влияние условий осаждения покрытий из нитрида титана на их состав и адгезию // УХЖ, 1996.- Т. 62. - №7.- С.16-20.
  6. Вакилов А.Н., Мамонова М.В., Прудников В.В. Адгезия металлов и полупроводников в рамках диэлектрического формализма // ФТТ, 1997.- Т.39.- №6. -С. 964-967.
  7. Слуцкая В.В. Тонкие плёнки в технике сверхвысоких частот.- Москва: Сов. радио, 1967.- 456 с.
  8. Проценко И.Е., Одноворец Л.В., Черноус А.М. Тензорезистивный эффект в тонких плёнках Cr, Ni, Cr/Ni и Ge // МФ и НТ, 1996.- Т.18.- №2.- С. 61-64.
  9. Гладких Н.Т., Крышталь А.П. Изменение параметра решетки в островковых вакуумных конденсатах Cu, Ag, Au // ВАНТ, 1998.- №2(3), 3(4).- С.57-66.

Надійшла до редколегії 12 лютого 1999 р.

УДК 65.011.56:539.27

## МАШИННАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СРЕЗОВ

*Т.А. Протасова, ассист.*

При исследовании микроструктуры материалов особое внимание уделяется таким кристаллографическим характеристикам кристаллической решетки, как тип и параметры решётки, а также фазовому и элементному составу исследуемого образца. Одним из методов получения этих характеристик является электронография.

В результате применения этого метода получают изображения, представляющие собой дифракционную картину. При анализе этих изображений, например электронограммы, представленной на рисунке 1, необходимо точно измерить диаметр и яркость линий, интенсивность которых несет информацию о фазовом составе и структуре материала.



Рисунок 1. Электронограмма ОЦК Cr

Существующая методика и техника анализа дифракционных картин не удовлетворяют во многих случаях исследователей ни точностью, ни качеством измерений. Улучшить эти показатели позволяет компьютер, снабженный телекамерой или сканером, тем более, что последние модели электронных микроскопов оснащены телекамерами, с помощью которых полученное изображение передается на экран монитора и в память компьютера. Однако в этом случае требуются и новые методы обработки и анализа изображений. Таким методом является метод срезов. Его

сущность состоит в том, что полученное в электронном микроскопе

изображение представляется в цифровой форме, в которой каждый уровень яркости определенным образом кодируется цифрами из некоторого алфавита  $A=\{0,1,2,\dots,n\}$ . Затем каждый уровень, закодированный определенной многозначной цифрой, представляется по телевизионным строкам в виде последовательности нулей и единиц, причем единица соответствует присутствию на изображении данного уровня яркости. Отсутствие единицы и появление нуля свидетельствует о том, что такой уровень отсутствует. В результате изображение представляется в виде  $m$  срезов по числу уровней яркости изображения. Включая и исключая эти срезы во вновь формируемом цифровом изображении электронограммы или изображении какого-либо другого объекта можно исключать или оставлять те или иные уровни яркости. В результате изображение можно фильтровать от помех, а также при необходимости контрастировать.

Применительно к электронограммам имеется возможность определять минимальный и максимальный уровень яркости колец электронограммы, а также ее распределение по толщине линии кольца, что дает важную информацию о структуре кристаллитов.

В более конкретной записи метод срезов можно представить в следующей последовательности шагов.

1 Преобразовывается аналоговый сигнал кольца в  $m$  закодированных уровней яркости.

2 Представляются полученные  $m$ -значные коды электронограммы в виде последовательностей нулей и единиц, определяющих наличие или отсутствие яркости данного уровня.

3 Составляется распределение уровней яркости по кольцу электронограммы.

4 На основе полученных в цифровой форме данных о яркости колец электронограммы определяется структура вещества.

Обычно для анализа электронограмм достаточно обработать единственную строку, проходящую через центр концентрических окружностей. В виде многозначной последовательности эта строка запишется, например, следующим образом: 2,2,2,4,5,6,1,1,1,6,5,4,2,2,2. Далее согласно алгоритму последовательности  $m$ -значных кодов запишем в виде  $m$  последовательностей двоичных кодов - срезов. Одним из способов их получения является разложение строки полутонового изображения по уровням и осуществляется технически путем сравнения  $m$  эталонных источников напряжения с уровнем сигнала строки. При этом в каждый момент времени на каждом компараторе может выработаться единица или нуль, соответствующий определенному уровню. В результате по всей строке вырабатываются единицы и нули, число которых определяется измерением уровня яркости по этой строке (табл.1).

Таблица 1

Номер уровня	Двоичная последовательность
6	0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0
5	0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0
4	0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
3	0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
2	1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1
1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Площадь, занятая единицами, задает форму распределения уровней освещенности в кольцах электронограммы. В результате полученное распределение единиц освещенности является цифровым изображением аналогового изображения, которое дает возможность обрабатывать полученные результаты в цифровой форме на ЭВМ. Например, для анализа плотности распределения яркости необходимо определить площадь фигуры. На основе метода срезов эта проблема решается достаточно просто. Так как общее количество точек известно, подсчитывается только количество единиц. Отношение количества единиц к общему количеству точек и дает нам искомую площадь фигуры. Аналогично, посредством подсчета количества единиц, определяется расстояние между пиками, т.е. контрольными точками. Можно определить и другие характеристики, используя различные программные продукты.

Точность предложенного метода по сравнению с применяемыми в настоящее время достаточно высокая и обусловлена следующими недостатками существующей методики:

- при анализе фотографий в настоящее время вносится погрешность в первую очередь качеством фотопленки и фотобумаги;
- играет значительную роль точность работы оператора при отыскании им центра concentрических окружностей;
- при ручном анализе интенсивность линий определяется визуально, при чем выделяется только пять градаций: очень сильная, сильная, средняя, слабая, очень слабая;
- точность измерения диаметра колец тоже невысокая - 0,1 мм.

Предложенный метод разложения аналогового изображения в дискретное позволяет: во-первых, выделять не пять, а более градаций яркости; во-вторых, с большей точностью производить измерения диаметров; в-третьих, не тратить время на проявление и обработку фотографий.

Однако при машинном анализе изображений возникает проблема хранения данных изображений в ЭВМ, так как картинки в отличие от текста занимают значительный объем памяти. Поэтому целесообразно производить сжатие хранимых изображений [1]. Для достижения значительных коэффициентов сжатия целесообразно хранить матрицу, представленную в таблице 2. Эта таблица изоморфна таблице 1 и получается из нее по следующему правилу: если единица в столбце встречается первый раз (считая сверху), то она записывается, если второй - теряется.

Таблица 2

Номер уровня	Двоичная последовательность
6	0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0
5	0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
4	0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
3	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1
1	0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0

Особенность таблицы 2 состоит в том, что в ней значительно меньше единиц. К полученным двоичным последовательностям целесообразно применить нумерационное кодирование, т.е. хранить номер, соответствующий данной двоичной последовательности. Как правило, для

хранения номера необходимо на 3-4 разряда меньше, чем для хранения исходной двоичной последовательности.

Кроме того, метод срезов позволяет выполнять и другие операции, например, перед анализом некоторые изображения необходимо контрастировать либо очистить от помех, т.е. может быть произведена фильтрация изображения как от помех, так и от несущественной информации [2].

В совокупности эти методы позволяют повысить быстродействие анализа, надежность контроля и снизить аппаратные затраты на реализацию специализированных систем контроля.

## SUMMARY

*The new methods of computer processing of electron graphic is proposed in the paper. The considerable information to a researcher are the margin and brightness of diffraction picture lines. On the basis of the developed method of cuts an image is represented as digital code, which is analyzed then. Due to the method the speed of image processing increase by several times.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасова Т.А. Сжатие телевизионных изображений методом слоев // Вестник Сумского госуниверситета. - 1996. - №2(6). - С.76-80.
2. Борисенко А.А., Протасова Т.А. Фильтрация телевизионных изображений в физическом эксперименте // Вестник Сумского госуниверситета. - 1997. - №1(7). - С.174-176.

*Поступила в редколлегию 18 октября 1999 г.*

УДК 539.27:65.011.56

## АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНОГРАММ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНСТРУИРУЕМЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ОКОН

*Ю.А.Зубань, асп.*

Использование телекамеры в сочетании с ЭВМ дает принципиально новые возможности в области обработки и анализа изображения, минуя процесс фотографирования, что особенно ценно при анализе быстроизменяющихся процессов.

Это особенно важно в физических исследованиях и экспериментах, например, электронографии, где требуется производить измерения размеров и яркостей изображений, получаемых на электронном микроскопе.

В этом случае в электронный микроскоп встраивается телекамера, и затем производится предварительная обработка информации на специальном устройстве. После чего полученную информацию необходимо ввести в ЭВМ для окончательного анализа.

Особенностью получаемых в ряде случаев изображений является то, что их заранее можно отнести к определенному классу и на основании этого получить результат, например, при электронографии структуру и состав кристаллов исследуемого материала. Правда, на сегодняшний день существует другой более простой способ получения тех же результатов - фотографирование на светочувствительные пластины и далее получение фотографий, с которых с помощью специального прибора микрофотометра изображение разворачивается и преобразуется в последовательность