ỨNG DỤNG CÁC THUẬT TOÁN FUZZY CHO PHÂN TÍCH WAFERMAP

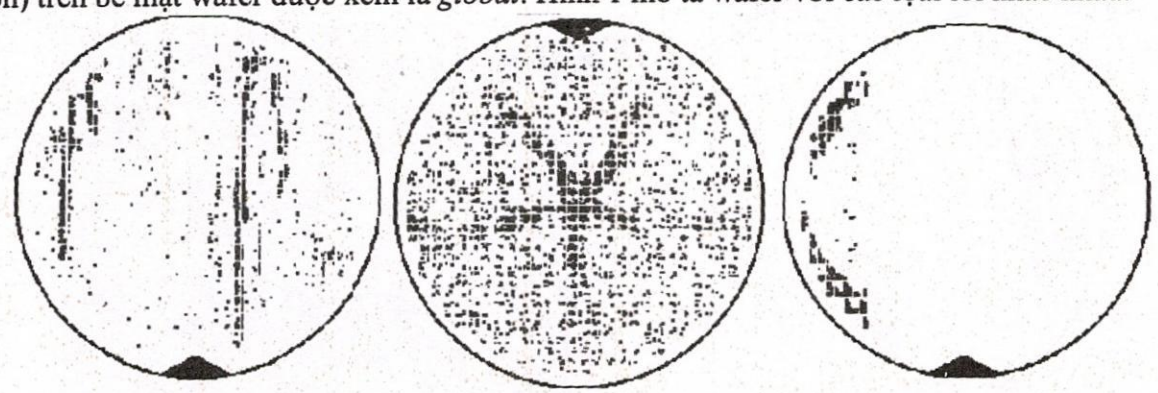
Ngô Quốc Việt, Đinh Tiến Sơn
Phân Viện Vật lý tại Tp. HCM
(Bài nhận ngày 07 tháng 11 năm 2003)

TÓM TẮT: *Xây dựng phương pháp và công cụ tự động phân tích lỗi cho wafer bán dẫn ngày càng trở nên cần thiết khi kích thước wafer tăng cùng với mật độ ngày càng lớn. Trong bài viết này, chúng tôi mô tả phương pháp ứng dụng Fuzzy k-NN kết hợp với Fuzzy Logic cho clustering, phân tích và chẩn đóan lỗi wafer bán dẫn. Chúng tôi cũng đưa ra các đặc trưng cơ bản của wafer phục vụ cho cài đặt thực tế phân tích và nhận dạng. Chúng tôi sử dụng trực tiếp dữ liệu đầu vào là electronic wafermap dạng số để làm nổi bật các đặc trưng trong quá trình phân tích.*

Từ khóa: fuzzy k-NN, defectcell, điểm lỗi, đối tượng lỗi, object-cluster, wafermap.

1. Giới thiệu

Việc nghiên cứu và áp dụng các phương pháp ComputerVision cho công nghệ Nano ngày càng trở nên phổ biến khi việc tự động hóa quy trình sản xuất các thiết bị bán dẫn tăng lên. Trong bài viết này chúng tôi đề cập đến một ứng dụng liên quan đến phân tích lỗi bề mặt wafer xuất hiện trong dây chuyền sản xuất. Đối với ứng dụng này, các người ta có thể sử dụng nhiều phương pháp như phân tích off-line ảnh độ phân giải cao mô tả từng lỗi cụ thể, hay dùng phân tích trực tuyến (in-line) các wafermap độ phân giải thấp. Phương pháp sử dụng ảnh độ phân giải cao khá tốn kém và mất nhiều thời gian. Trong khi đó, phương pháp phân tích in-line wafermap độ phân giải thấp tuy không phát hiện hòan tòan tất cả lỗi trên bề mặt wafer (đặc biệt khi mật độ cao), nhưng vẫn rất hữu ích vì đáp ứng nhanh, và trợ giúp xác định chiến lược quản lý hiệu xuất sản xuất. Chủ đề của bài viết này là đưa ra phương pháp lý thuyết và ứng dụng để phát hiện và phân loại pattern lỗi dựa trên sự phân tích wafermap độ phân giải thấp (khỏang 0.5 micromet/pixel) phục vụ phân tích tự động lỗi trong quy trình sản xuất linh kiện. Trong thực tế phân tích các wafermap thường có bốn loại lỗi: tổng quát-*global*, cong-*curvilinear*, không định hình-*amorphous*, và vi cấu trúc-*microstructure*. Mỗi loại thường gắn liền với kiểu hỏng hóc bề mặt wafer như: wafer có vệt bẩn hay vết xước được xem là *curvilinear* và thường do hỏng cơ khí; Các đối tượng lỗi phân bố dày đặc gần nhau thường do nguyên nhân hóa học và được xem là *amorphous*. Các đối tượng lỗi phân bố rời rạc và đều ngẫu nhiên (như rải đều trên các vòng tròn) trên bề mặt wafer được xem là *global*. Hình 1 mô tả wafer với các loại lỗi khác nhau.



Hình 1 – Các wafermap thể hiện các lỗi curvilinear, amorphous.

Để phân tích đặc trưng và phân lớp, chúng tôi dùng kỹ thuật clustering fuzzy k-NN để phân tích một hay nhiều wafermap và nhóm thành các loại lỗi khác nhau. Đối với các vấn đề nhận dạng công nghiệp,thì những bộ nhận dạng không tham số như Parzen, hay kNN tỏ ra có ưu thế. Một phần vì khó xác định được các tham số thống kê cho sự đa dạng của các lớp. Ngòai ra bộ phân lớp cần phải làm việc được trong điều kiện học các lớp mới với số lượng nhỏ các mẫu học sao cho vẫn bảo đảm phân lớp chính xác. Các phương pháp như mạng Bayes, hay mạng Neural tỏ ra không thích hợp trong vận hành thực tế vì các lý do như số lượng mẫu không nhiều dẫn đến việc luyện mạng gặp khó khăn hoặc không đáp ứng thời gian nếu cần phải tích lũy đủ lớn mẫu học. Ngòai ra sự đa dạng của wafer phát sinh trong quá trình sản xuất cũng gây khó khăn khi sử dụng hai mô hình tính tóan trên.

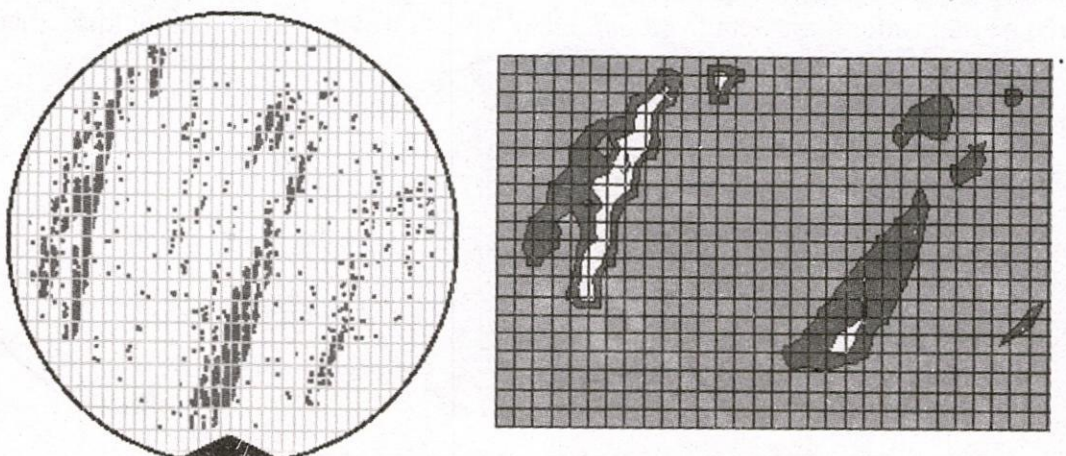
2. Phân tích đặc trưng và phân loại bằng kỹ thuật Fuzzy k-NN

Chúng tôi sử dụng trực tiếp dữ liệu wafermap phát sinh tự động trong quá trình sản xuất để trích đặc trưng và nhận dạng. Giai đọan tiền xử lý, chúng ta có thể lọc nhiễu nhằm loại bỏ các điểm lỗi hay tập các điểm lỗi "kề nhau" đủ nhỏ. Sau khi có được wafermap "không nhiễu", quy trình chẩn đóan lỗi được bắt đầu bằng clustering các "defectcell" (khái niệm có được do chia wafermap thành một lưới vuông thể hiện ma trận các "defectcell") thành các đối tượng lỗi (defect object). Mỗi defectcell trong một wafermap chứa số lượng điểm lỗi (defect point) xác định. Sau khi trích được các defect object của wafermap, bước kế tiếp chúng sẽ được phân tích để chẩn đóan được vấn đề tiềm tàng của wafer. Việc phân tích trên một hay nhiều wafermap chồng lên nhau cũng đều thực hiện qua hai giai đọan này. Tuy vậy khi phân tích nhiều wafer chồng lên nhau, chúng ta có thể phải xét thêm yêu tố độ cao trong mỗi defectcell. Trong bài viết này, chúng tôi không xét đến yếu tố độ cao khi phân tích wafermap. Mặc dù phương pháp clustering thông qua kỹ thuật k-NN [1] hòan tòan cổ điển, nhưng ở đây chúng tôi dùng khái niệm mờ cho cả hai công đọan là trích đặc trưng bằng cách nhóm các defectcell (chứa các defect point) để xây dựng các đối tượng lỗi trên mỗi wafermap, và nhận dạng wafemap dựa trên phân bố các đối tượng lỗi.

Giai đọan clustering các điểm lỗi trên wafermap, chúng tôi sử dụng Fuzzy-Clustering trên các defectcell trong grid để phân nhóm các đối tượng lỗi. Sau đó, từ mỗi nhóm các defectcell "cùng mật độ", chúng ta xây dựng các đối tượng lỗi dựa trên sự liên thông của các thành phần defectcell. Khái niệm Fuzzy được sử dụng nhằm đáp ứng mật độ đa dạng trên các wafermap khác nhau. Độ đo của mỗi defectcell như sau

$D_{ik} = Sum(C^m_{ik})/Max(C_{ik})$; Trong đó C^m_{ik} là số điểm lỗi thuộc defectcell (i, k). (1)

Sử dụng độ đo trên làm vector một chiều đặc trưng cho defectcell. Chúng tôi sử dụng khỏang cách Euclid trên vector một chiều để đo khỏang các giữa hai defectcell. Hai defectcell được xem như cùng mật độ nếu sai biệt giữa chúng không vượt quá một ngưỡng cho trước (ví dụ không lớn hơn 7%). Tính chất mờ thể hiện ở chỗ phân khỏang mật độ của defectcell theo ba ngưỡng *"thấp"*, *"trung bình"*, và *"không xác định"* sau khi clustering theo mật độ của defectcell.



Hình 2 – Trích các đối tượng lỗi trong wafermap.

Đối với mỗi cluster, chúng tôi dùng tính chất mờ để xác định tập các defectcell đủ tiêu chuẩn để xây dựng các đối tượng lỗi như sau (kết quả như trong hình 2).

- Xếp hạng danh sách các cluster tăng dần theo giá trị của vector đặc trưng (bắt đầu từ 1).
- Các defectcell thuộc về cluster có hạng thấp được xem là mật độ thấp (ví dụ như cluster 1 trong danh sách cluster được sắp) sẽ không được xét khi tạo đối tượng lỗi.
- Duyệt đệ quy trên các defectcell "đủ tiêu chuẩn" trên từng cluster để tạo nên các object lỗi.

Giai đoạn kế tiếp sau khi đối tượng của wafermap đã được xác định, chúng sẽ được cluster tiếp tục nhằm xây dựng các tập hợp chứa những đối tượng "gần nhau". Giai đoạn cluster này quan trọng vì chúng ta có thể xác định được phân bố và hình dáng lỗi trên wafermap để làm cơ sở cho quá trình phân loại sau cùng.

Giai đoạn sau cùng, việc xác định wafermap thuộc lớp nào trong tập đã học có thể thực hiện

$$U(X)_i = \sum_{j=0}^{k-1} u_{ij}\left(\|X - Xj\|\right)$$

theo công thức sau:

Trong đó $U(X)_i$ là độ đo khoảng cách cần xác định giữa X (vector đặc trưng của wafermap đang xét) và lớp thứ i trong tập mẫu đã học. Uij là khoảng cách giữa hai lớp i và j được xác định trước trong quá trình học mẫu. X_j là vector đặc trưng của lớp thứ j. $\|X-X_j\|$ là khoảng cách giữa hai vector (có thể dùng khoảng cách Euclid). Giá trị k cho trước là số lớp gần nhất so với lớp thứ i đang xét. Trong trường hợp k=1, công thức trên trở thành việc so sánh X tuần tự qua tất cả các lớp đã học.

3. Sử dụng Fuzzy Logic để nhóm các đối tượng lỗi

Trong giai đoạn này, chúng tôi thực hiện tiếp việc nhóm các đối tượng lỗi với nhau thông qua các luật mờ thành các object-cluster dựa trên các đặc trưng mô tả trong bảng sau.

Distance	Khoảng cách nhỏ nhất giữa hai đối tượng tính từ hai diểm gần nhất giữa hai đối tượng.
Elongation	Dựa trên ellipse nhỏ nhất bao quanh đối tượng. Giá trị được tính theo công thức. $$Elongation = \frac{MajorRadius - MinorRadius}{MajorRadius + MinorRadius}$$
Area	Diện tích đối tượng tính theo số lượng defectcell.
Orientation	Xác định sự tương tự về hướng (tính theo radian của cạnh nối hai điểm xa nhau nhất của đối tượng) giữa hai đối tượng, kết hợp với hướng đường nối tâm hai đối tượng theo công thức sau $$Orientation = \left\|\cos(O(I) - O(J))\right\|\cos(O(I) - O(L))\left\|\cos(O(L) - O(J))\right\|$$ Trong đó: O(I), O(J) là hướng của hai đối tượng I và J. O(L) là hướng của đường nối tâm hai đối tượng.
Linkage	Thông số xác định hai đối tượng "gần nhau" dựa vào bốn tính chất trên và các luật dẫn trong bảng 2.

Bảng 1- Các tham số dùng xác định tính "liên kết" giữa hai đối tượng lỗi I và J.

Các giá trị mờ bao gồm EXTRALOW, LOW, MEDIUM, HIGH. Các hàm thuộc được mô tả trong hình 3 dưới đây. Chúng tôi sử dụng bộ luật mô tả trong bảng 2 để xác định hai đối tượng lỗi I và J cho trước có thể cùng một object-cluster hay không. Chúng ta chỉ xét hai

đối tượng khi độ liên kết của chúng HIGH để có thể cho vào cùng một object-cluster. Giai đoạn này thực hiện đệ quy trên các đối tượng lỗi có trong wafermap để tạo nên các object-cluser. Chúng tôi sử dụng phương pháp max-min trong suy luận các mệnh đề logic mờ này.

1. If Distance EXTRALOW then Linkage HIGH
2. If Distance LOW and Area(I) HIGH and Area(J) HIGH and Orientation NOT LOW then Linkage HIGH
3. If Distance LOW and (Area(I) LOW or Area(J) LOW) then Linkage HIGH
4. If Distance MEDIUM and Area(I) HIGH and Area(J) HIGH and Elongation (I) HIGH and Elongation(J) HIGH and Orientation HIGH then Linkage HIGH
5. If Distance MEDIUM and Area(I) MEDIUM and Area(J) MEDIUM and Elongation(I) NOT LOW and Elongation(J) NOT LOW and Orientation HIGH then Linkage HIGH
6. If Distance LOW and Area(I) NOT LOW and Area(J) NOT LOW and Elongation(I) LOW and Elongation(J) LOW then Linkage HIGH

Bảng 2 – Các luật mờ xác định quan hệ giữa hai đối tượng lỗi I và J

Các hàm thuộc của các tập mờ thể hiện cho giá trị *Distance*

$$U_{extralow}(x)=\begin{cases}1 & x\le 3\\ 0 & x\ge 5\\ (5-x)/2 & x\in[3,5]\end{cases}\qquad U_{low}(x)=\begin{cases}0 & x\le 3\cup x\ge 15\\ 1 & x\ge 5\cap x\le 10\\ (x-3)/2 & x\in[3,5]\\ (15-x)/5 & x\in[10,15]\end{cases}$$

$$U_{medium}(x)=\begin{cases}0 & x\le 10\\ 1 & x\in[15,20]\\ (x-10)/5 & x\in[10,15]\\ (50-x)/30 & x\ge 20\end{cases}\qquad U_{high}(x)=\begin{cases}0 & x\le 20\\ (x-20)/30 & x\ge 20\end{cases}$$

Các hàm thuộc của các tập mờ thể hiện cho giá trị *Area*

$$U_{low}(x)=\begin{cases}(20-x)/20 & x\le 20\\ 0 & x>20\end{cases}\quad U_{medium}(x)=\begin{cases}x/20 & x\le 20\\ (200-x)/180 & x>20\end{cases}\quad U_{high}(x)=\begin{cases}0 & x\le 20\\ (x-20)/180 & x>20\end{cases}$$

Các hàm thuộc của các tập mờ thể hiện cho giá trị *Elongation*

$$U_{low}(x)=\begin{cases}(0.2-x)/0.2 & x\le 0.2\\ 0 & x>0.2\end{cases}\quad U_{medium}(x)=\begin{cases}x/0.2 & x\le 0.2\\ (1-x)/0.8 & x>0.2\end{cases}\quad U_{high}(x)=\begin{cases}0 & x\le 0.2\\ (x-0.2)/0.8 & x>0.2\end{cases}$$

$$U_{low}(x)=\begin{cases}1 & x\le 0.25\\ (0.5-x)/0.25 & x\in[0.25,0.5]\\ 0 & x\ge 0.5\end{cases}\qquad U_{medium}(x)=\begin{cases}0 & x\le 0.25\cup x\ge 0.75\\ (x-0.25)/0.25 & x\in[0.25,0.5]\\ (0.75-x)/0.25 & x\in[0.5,0.75]\end{cases}$$

$$U_{high}(X)=\begin{cases}0 & x\le 0.5\\ (x-0.5)/0.25 & x\in[0.5,0.75]\\ 1 & x\ge 0.75\end{cases}$$

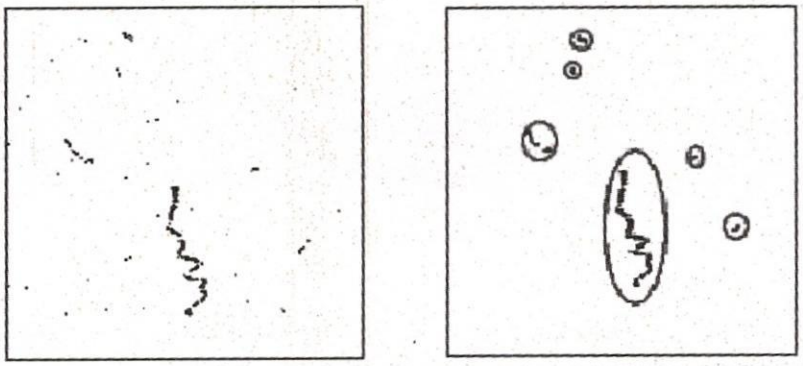
Các hàm thuộc của các tập mờ thể hiện cho giá trị *Orientation*

Các hàm thuộc của các tập mờ thể hiện giá trị output Linkage

$$U_{low}(x)=\begin{cases}(0.5-x)/0.5 & x\le 0.5\\ 0 & x>0.5\end{cases}\quad U_{medium}(x)=\begin{cases}x/0.5 & x\le 0.5\\ (1-x)/0.5 & x>0.5\end{cases}\quad U_{high}(x)=\begin{cases}0 & x\le 0.5\\ (x-0.5)/0.5 & x>0.5\end{cases}$$

Hình 3 - Hàm thuộc của các tập mờ cho giá trị *Distance, Area, Elongation, Orientation, Linkage.*

Các phép tóan phủ định, hợp, giao trên các mệnh đề mờ được thực hiện thông qua các phần bù chuẩn, hợp và giao chuẩn. Trong cài đặt, chúng tôi đặt ngưỡng khử mờ cho giá trị *Linkage* là 0.75 để xác định xem hai đối tượng lỗi đang xét được liên kết hay không. Hình 4 mô tả một kết quả khi áp dụng thuật tóan trên khi tạo các object-cluster.



Hình 4- Thể hiện wafermap trước và sau khi tạo các object-cluster

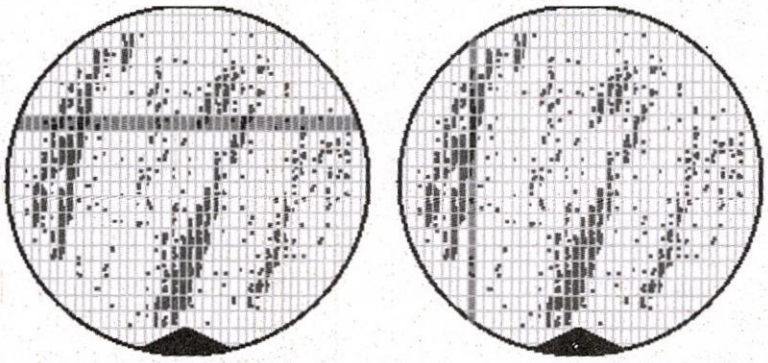
4. Các đặc trưng wafermap

Chúng tôi xét các yếu tố để làm nền tảng cho vector đặc trưng bao gồm: mật độ điểm lỗi phân bố trên các khu vực khác nhau của wafermap; kích thước, vị trí, hình dáng và phân bố các đối tượng lỗi; sự liên kết giữa các đối tượng lỗi.

4.1. Độ đo các đặc trưng dựa trên mật độ điểm lỗi

Các đặc trưng ở đây cùng với sự phân bố các đối tượng lỗi sẽ được dùng như các thành phần trong vector đặc trưng của wafermap. Giả sử chúng ta chia wafermap thành ma trận NxN. Xét mật độ điểm lỗi trên các khu vực khác nhau, bao gồm:

- **Phân bố các điểm lỗi trên các hàng và cột**. Với mỗi hàng và cột trong ma trận vuông NxN của wafermap, chúng ta đếm số điểm lỗi trên trên đó (xem hình 5). Trong thực tế ứng dụng chúng tôi cho giá trị N trong khoảng từ 10 đến 20.



Hình 5- Mật độ điểm lỗi phân bố trên các hàng và cột.

Các độ đo về các đặc trưng đều được quy về giá trị tỉ lệ phần trăm giữa số điểm lỗi trong hàng/cột và tổng số điểm lỗi trên wafermap. Ví dụ độ đo cho đặc trưng cho phân bộ lỗi trên hàng thứ i của wafermap như sau.

$Dr_i = Sum(C^m_i)/\sum C_{rk}$; Trong đó C^m_i là số điểm lỗi thuộc hàng thứ i. (2)

Việc xác định các độ đo trên cột, vành, cũng thực hiện theo khái niệm của công thức trên.

- **Phân bố các điểm lỗi trên các vành**. Chúng tôi chia wafermap thành N (có thể từ 10-20) vành và đếm số điểm lỗi trên mỗi vành như hình 6. Các đặc trưng trong trường hợp này giúp việc xác định phân bố mật độ trên vành luôn đúng trong trường hợp ảnh quay.

Hình 6- Mật độ điểm lỗi phân bố trên các vành.

4.2. Độ đo các đặc trưng dựa trên tính chất các đối tượng lỗi và object-cluster.

Các độ đo này quan trọng vì chúng xác định tốt tính chất của các đối tượng hay nhóm đối tượng lỗi trên wafermap. Chúng tôi sử dụng các giá trị định lượng như chu vi, diện tích, độ giãn, tính liên kết, hướng và tỉ lệ giữa chúng để xác định các tính chất wafermap kết hợp với các thông số mât độ ở trên v.v. Dưới đây chúng tôi đưa ra một số yếu tố cơ bản đã được cài đặt trong thực tế. Ngòai các yếu tố này, chúng ta có thể áp dụng một số lý thuyết về nhận dạng đối tượng. Tuy nhiên, vì mục tiêu là chẩn đóan loại lỗi nên chủ đề "nhận dạng đối tượng" không được đề cập trong bài viết.

- Số lượng các đối tượng lỗi: giá trị này có được nhờ clustering các defectcell để lấy các đối tượng lỗi.
- Số lượng object-cluster: giá trị này có được thông qua quá trình clustering những đối tượng lỗi sử dụng các luật suy diễn mờ ở trên.
- Diện tích: Tổng diện tích các đối tượng lỗi; Diện tích trung bình của các đối tượng lỗi; Diện tích trung bình của object-cluster;
- Độ dài: Tổng độ dài các đối tượng lỗi; Độ dài trung bình của các đối tượng lỗi; Độ dài trung bình của các object-cluster.
- Độ hẹp: xác định Elongation trung bình của các đối tượng lỗi.
- Xác định độ lệch giữa các object-cluster giữa hai wafermap theo hàm sau: đặc trưng này đo sự khác biệt đến mức chi tiết (so khớp object-cluster giữa hai wafermap). Như vậy tập $\{Sc_i, Rc_i, Lc_i, Ec_i, Ac_i\}$ là đặc trưng cho các object-cluster trong các wafermẫu.

$$F_{objcluster} = \sum \left(W_s|Sc_i - sc_i| + W_r|Rc_i - rc_i| + W_l|Lc_i - lc_i| + W_e|Ec_i - ec_i| + W_a|Ac_i - ac_i| \right)$$

Trong đó W_s là trọng số cho độ đo diện tích, W_e trọng số độ hẹp, W_r trọng số khỏang cách object-cluster đến tâm wafermap, và W_a là trọng số cho độ đo của tâm object-cluster đến tâm wafermap. Sc_i và sc_i lần lượt là diện tích của object-cluster trong wafer mẫu và object-cluster tương ứng của wafer cần kiểm tra. Lc_i và lc_i là độ đo về chu vi/độ dài. Ec_i, ec_i độ hẹp của hai object-cluster đang xét. Tương tự Rc_i, rc_i độ đo khỏang cách/bán kính ; Ac_i, ac_i là hai giá trị góc (tính từ tâm object-cluster đến tâm wafermap) của hai object-cluster đang xét. Các trọng số không hòan tòan cố định mà dựa vào kích thước cũng như mật độ của object-cluster đang xét so với cả wafermap. Khái niệm object-cluster "tương ứng" giữa hai wafermap có thể xét theo một trong hai yếu tố là vị trí (nếu cần xét yếu tố này thì xét chúng ở trong cùng góc phần tư hay không), hay sắp xếp các object-cluster theo diện tích/chu vi tăng hay giảm, sau đó so sánh đôi một với nhau. Thông thường vị trí của các object-cluster chỉ đóng vai trò thấp, nên trong thực tế các độ đo góc và khỏang cách có thể nhỏ hơn so với ba độ đo còn lại.

- Xác định độ lệch giữa các defect-object "tương ứng" giữa hai wafermap theo hàm $F_{defectobj}$. Hàm này hòan tòan tương tự như hàm $F_{objcluster}$ giữa các object-cluster, nhưng

các giá trị thành phần là của defect-object thay vì object-cluster. Tương tự tập các đặc trưng cho các đối tượng lỗi của mafer mẫu là $\{So_i, Ro_i, Lo_i, Eo_i, Ao_i\}$.

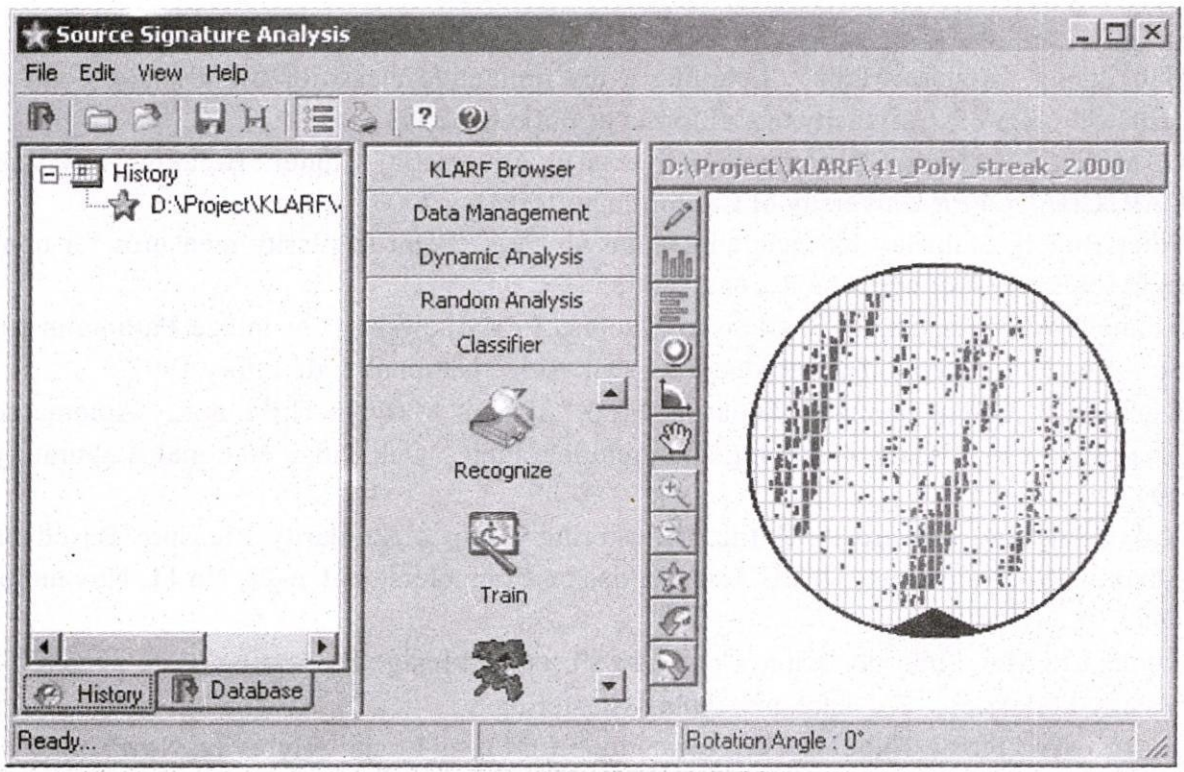
- Xác định độ lệch về sự phân bố các defect-object trên các vành theo hàm sau

$$Fringobj = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{k} \left(w_i^s \left| S_{rk}^i - s_{rk}^i \right| + w_i^r \left| R_{rk}^i - r_{rk}^i \right| + w_i^l \left| L_{rk}^i - L_{rk}^i \right| + w_i^e \left| E_{rk}^i - e_{rk}^i \right| + w_i^e \left| A_{rk}^i - a_{rk}^i \right| \right)$$

Trong đó N là số vành tương tự như phần xác định đặc trưng về mật độ, k là số đối tượng lỗi (được sắp xếp giảm theo diện tích) có trên vành thứ i đang xét. Sr_k^i, sr_k^i lần lượt diện tích của hai đối tượng thứ k trên vành thứ i đang xét. Tương tư như các giá trị R, E và S. Tập các đặc trưng cho trong trường hợp này là $\{Sr_k^i, Rr_k^i, Lr_k^i\ Er_k^i, Ar_k^i\}$, i=[0, N-1] , k là số đối tượng có trên vành thứ i.

5. Kết quả thử nghiệm

Chúng tôi đã cài đặt các thuật tóan cũng như khai thác đặc trưng như phân tích ở trên vào chương trình Source Signature Analysis có giao diện như hình 7 trên nền .NET. Chương trình đã thử nghiệm trên 1000 wafermap với không cần nhiều mẫu học cũng luôn cho kết quả tốt. Ngòai ra chương trình đã được đưa vào ứng dụng trong một số công ty chuyên sản xuất linh kiện bán dẫn trên thế giới và có kết quả tốt về độ chính xác cũng như tốc độ chẩn đóan.



Hình 7- Giao diện chương trình phân tích và chẩn đóan lỗi wafermap

6. Kết luận và định hướng phát triển.

Phân tích dữ liệu đặc trưng không gian của wafermap giúp ích nhiều cho chẩn đóan và hiệu chỉnh các vấn đề phát sinh trong sản xuất bán dẫn. Bài viết này mô tả cả phương pháp phân tích và các đặc trưng wafermap trong cài đặt thực tế. Các đặc trưng và phương pháp phân tích đã được kiểm nghiệm trong module phân lớp và cho kết quả tốt. Trong giai đọan kế tiếp chúng tôi cố gắng tiếp cận phân tích trực tuyến với các ảnh độ phân giải cao SEM có xét đến biến đổi theo thời gian cũng như phân tích và xây dựng các ảnh 3D phục vụ cho rất nhiều bài tóan computer vision trong công nghệ nano.

USING FUZZY ALGORITHMS TO ANALYZE WAFERMAP IN SEMICONDUCTOR PRODUCING INDUSTRY

Ngo Quoc Viet, Dinh Tien Son

ABSTRACT: Research and develop method and automatic tools to analyze defect of electronic wafer has become increasingly important when size and density of wafer become large. In this paper, we describe a method of using Fuzzy k-NN together with Fuzzy Logic to in-line cluster, analyze and inspect errors of low-resolution wafermap. We also describe basic characteristics of wafermap and fuzzy logic functions which are applied in the program to analyze and recognize defect objects. We use defect data in digital form generated directly during progress of producing semi-conductor.

Keywords: fuzzy k-NN, defect cell, defect point, defect object, object-cluster, wafermap.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hao Zhang, Jitendra Malik, "Learning a discriminative classifier using shape context distances", CVPR University of California at Berkeley 2003.
2. G. Mori & J. Malik, "Recognizing Objects in Adversarial Clutter: Breaking a Visual CAPTCHA" *CVPR* University of California at Berkeley 2003.
3. Peter Rogelj, Stanislav Kovacic and James C. Gee, "Point similarity measures for non-rigid registration of multi-modal data". 2003
4. Kenneth W.Tobin, Shaun S. Gleason, Thomas P. Karnowski, "An Image Paradigim for SemiConductor Defect Data Reduction", Oak Ridge National Laboratory 1997.
5. Kenneth W.Tobin, Shaun S. Gleason, Fred Lakhani, Marylyn H.Bennett, "Automated Analysis for rapid defect sourcing and yield learning", Oak Ridge National Laboratory 1997.
6. R.A Jarvis and Edward A. Patric. "Clustering Using a Similarity Measure Based on Shared Near Neighbors". IEEE Transactions on Computers, Vol. c-22, No.11, November 1973.
7. Luong Chi Mai, "Introduction to Computer Vision and Image Processing".
8. Vasiliy Malakhov, "K-Nearest Neighbor Clustering".
9. Bart Kosko "Fuzzy Thinking The New Science of Fuzzy Logic", Hyperion NewYork.