

프랙탈 차원에 의한 소자 표면의 특성

홍경진, 민용기 조재철*
광주대학교, 초당대학교

The Properties of Devices Surface by Fractal Dimension

Hong Kyung-Jin, Min Yong-Ki, Cho Jae-Cheol*
Gwangju Univ, Chodang Univ

Abstract The surface properties of electrical devices studied by fractal phenomenon were investigated. The SEM photographs of devices surface were changed by binary code and it were analyzed by fractal dimension. The void of devices surface was found by fractal program. The relation between grain density and electrical properties are able to expect to fractal dimension. The grain size in varistors surface was decreased by increasing of oxide antimony addition. The fractal dimension and electrical properties of devices surface was related to between grain boundary and grain density. The grain size was decreased by increasing of fractal dimensions.

Key Words : fractal phenomenon(프랙탈 현상), binary code(이진화), grain density(입자밀도), fractal dimension(프랙탈차원)

1. 서론

전기·전자 소자의 표면에 대한 구조적 특성 연구는 SEM, TEM 및 AFM 등을 이용하여 연구되고 있다.(1,2) 이와 같은 방법 중에서도 가장 일반적인 소자 표면의 구조 특성은 전자주사 현미경을 이용하여 입자의 크기와 입계 특성을 고찰하는 방법이다. 그러나 전자 주사 현미경을 이용하여 소자의 표면을 고찰하는 경우 입자 크기와 입계에 대한 측정자의 오차가 크다.(3,4) 입자와 입계의 특성을 정량적으로 분석하고 소자의 구조적 분석에 신뢰성을 부여할 필요성이 있다.

프랙탈(fractal)은 Mandelbrot에 의해 자기 유사성을 이용하여 지형의 고찰에 이용되었다. 프랙탈의 응용은 영상을 고정크기 또는 가변 크기의 블록으로 분할한다. 분할된 영역은 영상에서 가장 유사한 블록을 찾아 블록 영역을 원래의 영상과 가장 잘 근사화 시키는 것이다.(5)

반복적 축소 매핑을 이용하는 프랙탈 부호기는 Barnsley에 의해 제안되었으며 Jacquin에 의해 프랙탈을 영상에 적용하는 최초의 연구가 시도되었다.

또한 Monro, Oien, Fisher 등은 반복적 축소 매핑에 의해 블록 영역을 분할하는 경우 많은 시간이 소요되는 단점을 개선하려는 방향으로 연구를 시도하였다.(6)

본 연구에서는 바리스터 표면의 입자와 입계의 구조적 특성을 정량적으로 분석하기 위하여 프랙탈 현상을 이용하여 ZnO 바리스터 소자 표면의 입자 밀도와 형상 및 기공의 밀도 등 구조 분석을 하였다. 프랙탈 현상으로 정량화된 바리스터 표면의 미세 구조에 관하여 검토하고자 한다.

2. 실험 및 방법

프랙탈 프로그램에 의한 소자 표면의 구조를 정량적으로 분석하기 위하여 소자의 표면 구조를 SEM 사진으로 출력하였다. 출력된 SEM 사진은 프랙탈

차원을 구하기 위해 비트맵 파일로 변환시켰다. 비트맵 파일로 변환된 소자 표면 사진은 프랙탈 프로그램을 이용하여 히스토그램으로 명암값을 추출하였다. 추출된 명암값에 의해 이진화하여 1차 미분과 2차 미분하였다. 미분과 필터링에 의하여 윤곽선과 잡음 처리를 하고 프랙탈 프로그램으로 입자와 입체의 구조적 특성을 정량적으로 분석하였다.

영상처리에서 윤곽(edge)은 물체의 외각을 나타내는 선으로 정의된다. 영상의 많은 부분들은 대상물의 윤곽을 선으로 표현하기 때문에 윤곽선은 중요하다. 1차 미분에 의한 영상 처리 윤곽은 농담치가 급격히 변하는 부분이기 때문에 함수의 변화값을 취하는 미분 연산이 윤곽선의 추출에 사용된다.

1차 미분(gradient)의 연산자는 수평방향과 수직방향으로 하였다. 2차 미분은 1차 미분을 다시 한번 하여 윤곽의 강도만 (방향은 구하지 않음)을 검출하였다. 이상적인 에지의 검출기는 에지의 중심에 위치한 임의의 에지만을 검출할 수 있어야 하므로 2차 미분의 장점은 검출된 에지의 윤곽선들이 폐곡선을 이룬다는 것이다. 그러므로 2차 미분은 입자의 형상을 구할 수 있다. 얻어진 이미지를 2진화하여 블록화 하였으며, 자기 유사성(self similarity) 갖는 블록의 정의역을 패턴거리(r)와 입방체의 수($N(r)$)로 정량화 하였다. 정량화된 데이터는 최소 자승 오차법에 의해 오차를 최소화하여 프랙탈 차원을 구하였다. Fig. 1.은 소자 표면의 이미지를 프랙탈 차원으로 정량화하기 위한 공정도이다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2.는 시료 표면의 SEM 사진이다.

경계값 처리는 입력 영상의 각 화소에 대해서 명도가 있는 일정값 이상을 갖는 경우 출력 영상의 화소값을 1로 하고 그 이외의 경우를 0으로 하였다.

경계값 처리식은 다음과 같다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) \geq t \\ 0 & f(x,y) < t \end{cases}$$

$f(x,y)$, $g(x,y)$ 는 각각 영상처리 후의 (x,y) 에 있는 화소의 농담값이며 t 는 경계값이다. 각 영상의 명암값 정보를 얻는 방법으로서 히스토그램(histogram)을 이용하여 경계값을 구하였다.

Fig. 4.는 이미지의 패턴거리 r 과 이미지의 패턴수

$N(r)$ 의 관계이다. D 차원의 공간에 있는 패턴의 주변거리 r 과 패턴을 D 차원의 입방체로 덮을 때 필요한 입방체의 최소수 $N(r)$ 이라하면 $N(r) \propto r^{-D}$ 이된다.

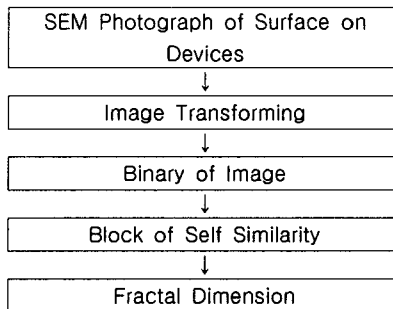
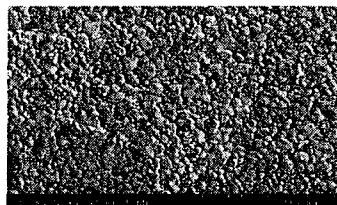
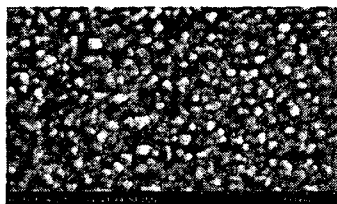


Fig.1. The processing of fractal dimension.



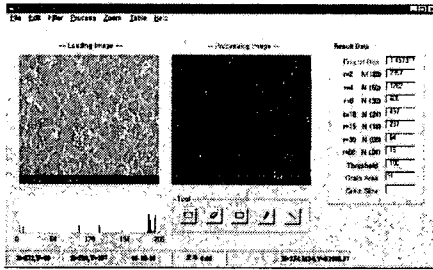
(a) Bulk surface of ZnO Varistor.



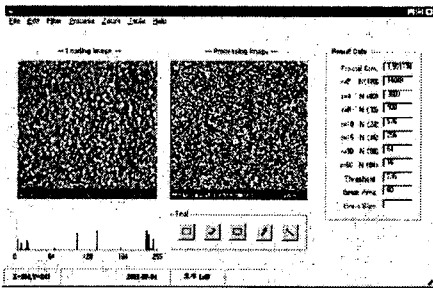
(b) Thin flim surface of Barium Acetate Titanium.

.Fig. 2. SEM photograph of ZnO varistor.

Fig. 3.은 후막과 박막의 표면을 2진화한 이미지이다. 표면의 2진화 이미지에서 흰색으로 보여지는 부분은 기공이다. 영상신호를 처리하기 위하여 표본화와 양자화시킨 이진화(binary code) 이미지는 그레이 영상의 경계값(Threshold)을 이용하여 흑(0)과 백(1)의 두가지 색으로 나타내었다.



(a) Bulk surface of ZnO Varistor.



(b) Thin film surface of Barium Acetate Titanium
Fig. 3. The binary image and fractal processing of ZnO varistors.

그림 3은 박막 커패시터의 프랙탈 차원과 기공율을 측정하기 위하여 표면 이미지를 로버슨법으로 윤곽을 추출한 것이다. 박막 시료에서 프랙탈 차원은 1.9953 ~ 1.9959로서 2에 근접하였다. 프랙탈 차원이 2에 근접한다는 것은 BST 용액이 2차원의 기판 표면에 조밀하게 증착되었음을 의미한다.(7)~(8) 또한 후막 시료인 ZnO 바리스터에서 tvmforxfk 차원은 1.4 정도이었다. 이는 열처리 공정 중에서 입자간 충분한 열화학적 반응이 발생하지 않았다고 사료된다. 열화학적 반응이 충분히 이루어진 후막은 프랙탈 차원이 약 1.7이상을 나타낸다.

4. 결론

소자 표면의 입자와 입계의 구조적 특성을 정량적으로 분석하기 위하여 프랙탈 현상을 이용하여 입자 밀도와 형상 및 기공의 밀도 등 구조 분석을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 소자 표면의 증착이 균일하게 이루어지면 소자의 표면은 프랙탈 조건을 만족하여 패턴거리와 패턴수가 선형적이었다. 프랙탈 차원이 높을수록 기공의 존재는 낮았다.

참고 문헌

1. C. W. Nan etc, "Effect of Variations in Grain Size And Grain Boundary Barrier Heights on The Current-Voltage Characteristics of ZnO Varistors," J. Am. Ceram. Soc., Vol.79, No.12, pp.3185-3192, 1996.
2. M. Inada, "Formation Mechanism of Nonohmic Zinc Oxide Ceramics," Jpn. J. Appl. Phys., 19[3], pp.409-419, 1980.
3. E. Olsson, L. K. L. Falk, G. L. Dunlop and R. Osterlund, "The Microstructure of A ZnO Varistors Material," J. Mater. Sci., 20, pp.4091-4095, 1985.
4. Junzo Tanaka, "Grain Boundary of Functional Inorganic Material", JJSPPM, Vol.45, No.12, pp.1178-1185, 1998
5. 高安秀樹 & 高安美佐子, フラクタルって何だろう,ダイヤモンド社,東京,p. . 1990
6. 이문호 & 염재훈, 영상신호처리, 대영사, 1998
7. 高安秀樹, 프랙탈, 朝倉書店, 東京, 1986
8. Shintaro Yamamichi et al., "Impact of Time Dependent Dielectric Breakdown and Stress Induced Leakage Current on the Reliability of (Ba, Sr)TiO₃ Thin Films Capacitors for Gbit-scale DRAMS", pp.261-264, 1997.
9. M. De Keijser, G. J. Dormans, P. j. Van Veldhoven, and P.K. Larsen, "Intergrated Ferroelectrics". p.131, 1993.