

프랙탈을 이용한 소자 표면의 고찰

The Study on Surface of Devices Using Fractal.

홍경진,¹⁾ 김창원,²⁾ 조재철³⁾

(Hong Kyung-Jin, Kim Chang-Won, Cho Jae-Cheol)

Abstract

The structural properties of varistors surface studied by fractal phenomenon were investigated to verify the relations of electrical characteristics. The SEM photograph of varistors surface were changed by binary code and the grain shape of that were analyzed by fractal dimension. The void of varistors surface was found by fractal program. The relation between grain density and electrical properties depend on fractal dimension. The grain size in varistors surface was decreased by increasing of oxide antimony addition. The grain size of devices by oxide antimony addition were from 5 to 10[μm]. The fractal dimension and electrical properties of varistors 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. 서 론

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)

1) 2) 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부

(광주광역시 진월동 광주대학교,

E-mail : tronichkj@kwangju.ac.kr)

3) 초당대학교 전자공학과

(전라남도 무안군 초당대학교)

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 ZnO 바리스터 표면의 구조를 정량적으로 분석하기 위하여 ZnO 바리스터의 표면 구조를 SEM 사진으로 출력하였다. 출력된 SEM 사진은 프랙탈 차원을 구하기 위해 비트맵 파일로 변환시켰다. 비트맵 파일로 변환된 ZnO 바리스터 표면 사진은 프랙탈 프로그램을 이용하여 히스토그램으로 ZnO 바리스터 영상의 명암값을 추출하였다. 추출된 명암값에 의해 ZnO 바리스터의 영상을 이진화하여 1차 미분과 2차 미분하였다. 미분과 필터링에 의하여 윤곽선과 잡음 처리를 하고 프랙탈 프로그램으로 입자와 입계의 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 상사성을(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.

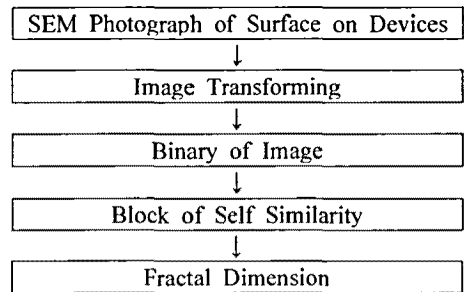
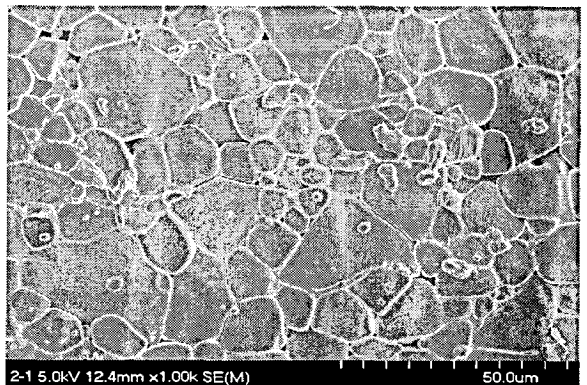


Fig.1. The processing of fractal dimension

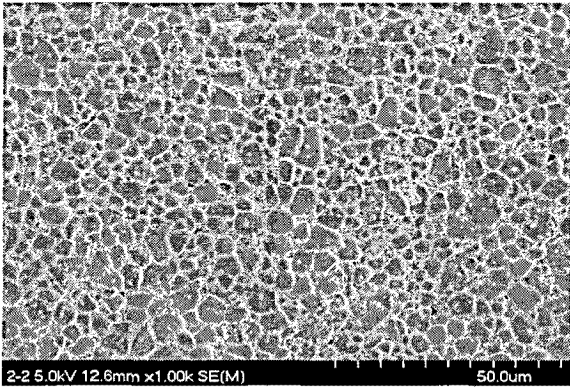
3. 결과 및 고찰

Fig. 2.는 ZnO 시료 표면의 SEM 사진이다. 산화 안티몬을 첨가하지 않은 소자의 표면은 스피넬 구조가 형성되지 않아 입자의 크기가 $20[\mu\text{m}]$ 정도로 크게 성장하였다. 그러나 산화 안티몬의 첨가량 증가에 의해 스피넬 구조가 생성되어 ZnO 입자의 성장은 억제되었으며 평균 입자크기는 $5\sim 10[\mu\text{m}]$ 정도로 감소하였다.

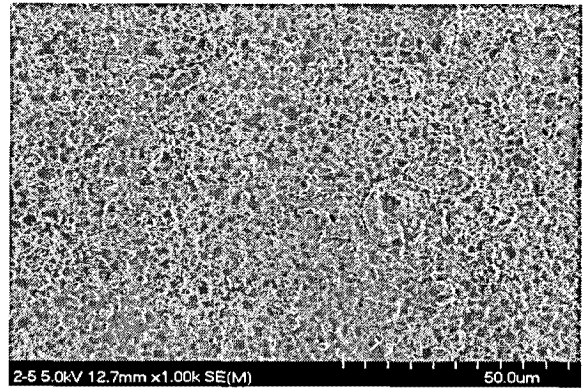
Fig. 3.은 ZnO 바리스터 표면을 2진화한 이미징이다. 산화 안티몬을 첨가하지 않은 소자는 검은색 부분인 입자의 영역이 많이 보였으나, 산화 안티몬



(a) not add to oxide antimony

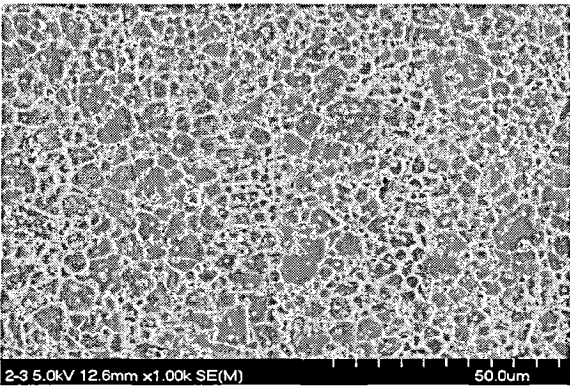


(b) add to oxide antimony with 0.5[mol%]

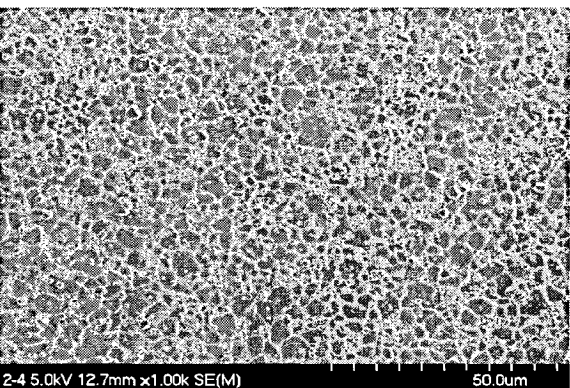


(e) add to oxide antimony with 4[mol%]

Fig. 2. SEM photograph according to oxide antimony.



(c) add to oxide antimony with 1[mol%]

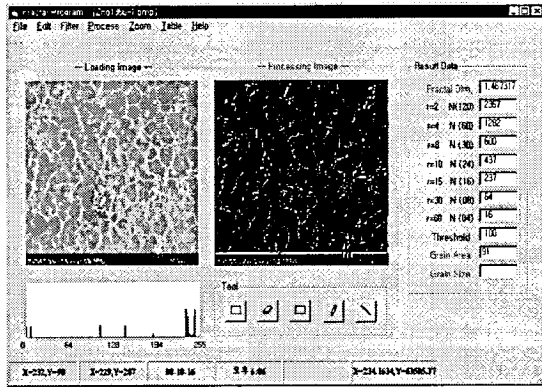


(d) add to oxide antimony with 2[mol%]

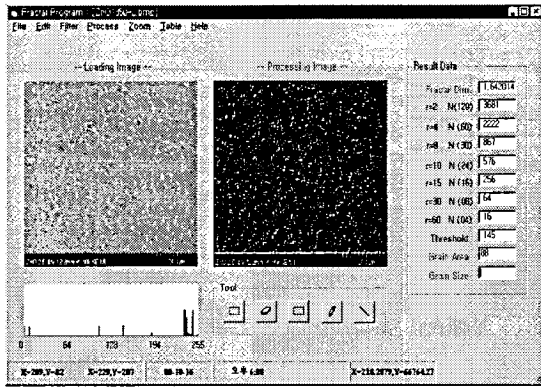
을 0.5, 1 및 2[mol%] 첨가한 소자는 흰색 부분인 스피넬 구조가 많이 형성되었다. 산화 안티몬의 첨가량 증가에 의해 입자의 형상은 SEM의 결과에서 고찰하였듯이 복잡하게 존재하였다. ZnO 바리스터 표면의 2진화 이미지에서 흰색으로 보여진 부분은 기공과 스피넬 입자가 같이 공존한 상태이다.

Fig. 4.는 산화 안티몬의 첨가에 따른 이미지의 패턴 거리 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. 4.에서 소자의 표면은 프랙탈 조건을 만족하여 패턴거리와 패턴수가 선형적으로 변하고 있다.

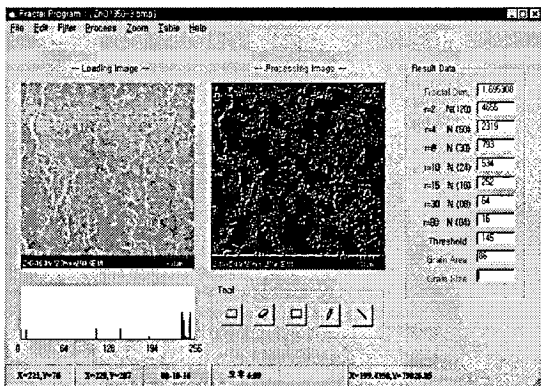
Fig. 5.는 산화 안티몬의 첨가에 따른 소자의 프랙탈 차원이다. 산화 안티몬을 첨가하지 않은 소자는 검은색 부분이 입자의 영역으로 스피넬 상이 형성되지 않았다. 그러나 산화 안티몬을 0.5, 1 및 2[mol%] 첨가한 소자는 흰색 부분의 스피넬 구조와 입계가 많이 형성되었다. 산화 안티몬의 첨가량 증가에 의해 입자의 형상은 스피넬 구조로 인해 ZnO 입자 크기를 억제하여 두께 1[mm]내에서 입자 층수가 늘어날 것으로 생각된다.



(a) not add to oxide antimony



(b) add to oxide antimony with 0.5[mol%]



(c) add to oxide antimony with 1[mol%]

Fig. 3. The binary image and fractal processing of ZnO varistors.

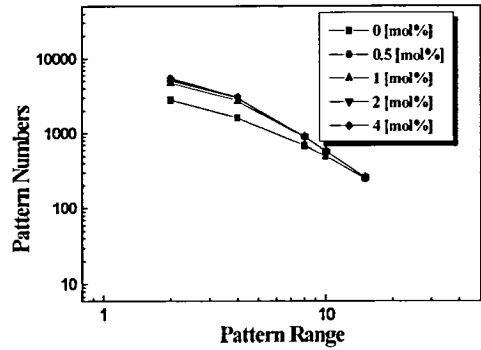


Fig. 4. The relation between pattern range and numbers on devices.

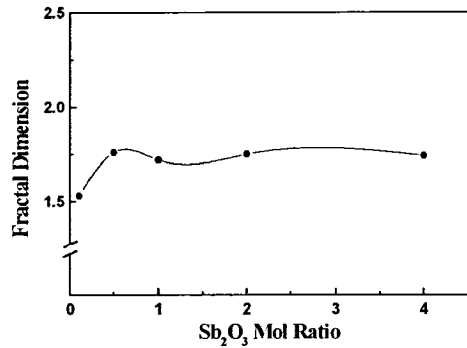


Fig. 5. The fractal dimension of devices.

소자의 프랙탈 차원은 각각 1.53, 1.76, 1.72, 1.73 및 1.73이었다. 산화 안티몬의 첨가에 의해 소자의 프랙탈 차원은 증가와 감소가 불규칙하게 나타났으나 산화 안티몬을 0.5[mol%] 첨가한 소자의 프랙탈 차원이 가장 높아 스피넬상과 입계의 형성이 복잡하였다.

소자의 입자와 입계의 관계를 측정된 결과, 입자가 차지하는 부분은 산화 안티몬의 첨가량 증가에 의해 각각 92, 84, 86, 85 및 85[%]이며 입계와 기공은 각각 8, 16, 14, 15 및 15[%]로 존재하여 산화 안티몬의 첨가에 의해 스피넬 구조를 갖으면서 복잡한 형상의 입자가 형성되었다.

4. 결 론

참 고 문 헌

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.

소자의 표면은 프랙탈 조건을 만족하여 패턴거리와 패턴수가 선형적이었다. 입자의 영역은 산화 안티몬을 0.5, 1 및 2[mol%] 첨가한 소자에서 각각 90, 84 및 86[%]이었다.

소자의 프랙탈 차원은 각각 1.53, 1.76, 1.72, 1.73 및 1.73이었다. 산화 안티몬을 0.5[mol%] 첨가한 소자의 프랙탈 차원이 가장 높아 스피넬상과 입계의 형성이 복잡하였다.

소자의 입자와 입계는 산화 안티몬의 첨가량 증가에 의해 각각 92, 84, 86, 85 및 85[%]이며 입계와 기공은 각각 8, 16, 14, 15 및 15[%]로 정량화 하였으며 산화 안티몬의 첨가에 의해 스피넬 구조를 갖으면서 복잡한 형상의 입자가 형성되었다.

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 & 임재훈, 영상신호처리, 대영사, 1998
7. 高安秀樹, フラクタル, 朝倉書店, 東京, 1986