

영상처리기법을 이용한 그린시트 측정알고리즘 개발

표창률¹, 양상모¹, 강성훈², 윤성민[#]

Development of Green-Sheet Measurement Algorithm by Image Processing Technique

C. R. Pyo, S. M. Yang, S. H. Kang and S. M. Yoon

Abstract

The purpose of this paper is the development of measurement algorithm for green-sheet based on the digital image processing technique. The Low Temperature Cofired Ceramic (LTCC) technology can be defined as a way to produce multilayer circuits with the help of single tapes, which are used to apply conductive, dielectric and / or resistive pastes on. These single green-sheets have to be laminated together and fired in one step all. Main functionality of the green-sheet film measurement algorithm is to measure the position and size of the punching hole in each single layer. The line scan camera coupled with motorized X-Y stage is used for developing the algorithm. In order to measure the entire film area using several scanning steps, the overlapping method is used. In the process of development of the algorithm based on the image processing and analysis, strong background technology and know-how have been accumulated

Key Words : LTCC(low temperature Co-fired ceramic), Green Sheet, Image Processing Algorithm, FOV(field of view), Line Scan Camera

1. 서론

LTCC(저온 동시소성 세라믹)은 고기능 및 고신뢰성의 회로 기판 및 복합 module을 구현할 수 있는 기술이다. 이동통신사장이 폭발적으로 확대됨에 따라 고주파 아날로그 회로의 소형화·저가 격화·고기능화를 실현해 내는 수단으로 LTCC substrate component module이 폭넓게 사용되고 있으며, 이러한 LTCC 제품들은 wireless interface를 중심으로 고부가가치 제품 위주의 방대한 수요를 창출할 것으로 예상된다.

기존 PCB의 단일 기판 방식인 것에 비해 LTCC 기판은 여러 층의 수직적인 회로를 구성하여 3차원적으로 모듈을 제작 함으로서 집적도를 높이고 크기를 최소화 할 수 있다.[1] 하지만, 이러한 LTCC의 구조적 특성 때문에 기판의 층마다 도전

성 물질을 채워야 하며, 이를 위해 비아홀(via-hole)을 가공해야 한다. 비아홀 가공은 세라믹의 소결 상태 전에 이루어 지므로 재료의 손상 방지를 위해 세라믹을 PET 시트 위에 테이프를 캐스팅하여 사용하는데 이를 그린 시트(green-sheet)라고 한다.

LTCC 기판 제작에 있어서 그린시트의 비아홀 위치 정밀도(positional accuracy)와 각 층 비아홀의 위치 정렬(alignment)이 무엇보다 중요하며 그린시트의 일부분에서 발생된 불량은 결국 제품불량과 직결된다. 따라서 그린시트의 전수검사가 필수적이지만 비아홀의 크기가 수십 μm ~ 수백 μm 크기이고 한 장의 그린시트 내에 수천 개의 비아홀이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 영상처리 기법을 이용하여 그린시트를 효과적으로 검사를 할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

1. 인덕대학 기계자동차공학

2. (주)마이크로이즈

교신저자: 아이엠텍, E-mail: broadysm@im-tech.com

2. 영상획득

측정 정밀도를 고려하여 고분해능의 라인스캔 카메라(line scan camera)를 사용하였다. 일반적으로 라인스캔카메라는 카메라 단독으로 영상을 획득할 수 없으며, 모션을 수반하여야 한다. 모션과 동기된 라인스캔카메라는 사용자가 원하는 영상을 획득할 수 있다. Fig.1은 라인스캔카메라인 Dalsa Piranha로 8k의 고해상도 라인스캔카메라이며, 8192*4096 크기의 영상 획득이 가능하다. 많은 데이터를 빠르게 처리하기 위해서 camera link 방식의 전송방식을 사용하고 있다.

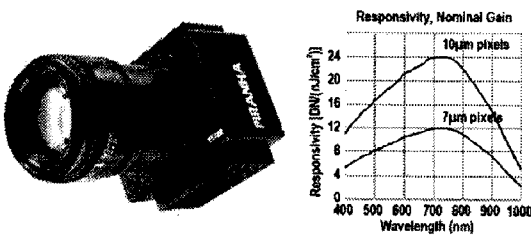


Fig. 1 Dalsa Piranha line scan camera & responsivity graph

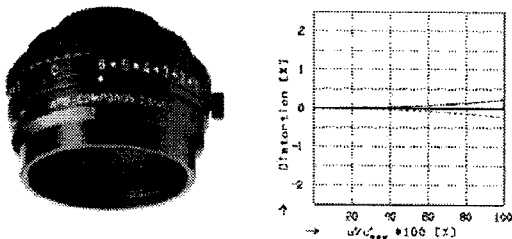


Fig. 2 Schneider MAKRO-SYMMAR 5.6/80 lens & distortion graph

측정 정밀도 향상을 위해서 Fig.2의 Schneider MAKRO-SYMMAR 5.6/80 배율 렌즈를 이용하였다. 배율렌즈를 이용하여 FOV(field of view)를 약 40mm로 조정하였다. 이렇게 함으로써 측정정밀도는 약 3.8 μ m/pixel가 가능하다.

화상 데이터가 카메라의 광센서에 전달되는 과정에서 조명의 역할은 매우 중요하다.[2] 촬영하고자 하는 피사체의 특징 및 검사 목적, 입력 기기 등을 고려하여 선정된 적절한 종류의 광원을 알맞게 사용함으로써 원천적으로 처리에 용이한 화상 데이터를 입력 받는 것이야말로 이후 진행되는 처리 과정의 수고를 덜 수 있으며, 상대적으로 하드웨어 및 소프트웨어 환경에서 요구되는 고기능성에 대한 부담을 줄일 수 있다. 그린시트는 상대적으로 큰 면적에 크기가 작은 비아홀이

가공되어 있는 형상으로 광량이 풍부한 조명이 필요하다. 또한 카메라의 방식이 라인스캔카메라이므로 halogen을 광원으로 하는 fiber optics조명을 사용하였으며 light guide는 light line 방식을 사용하였다.

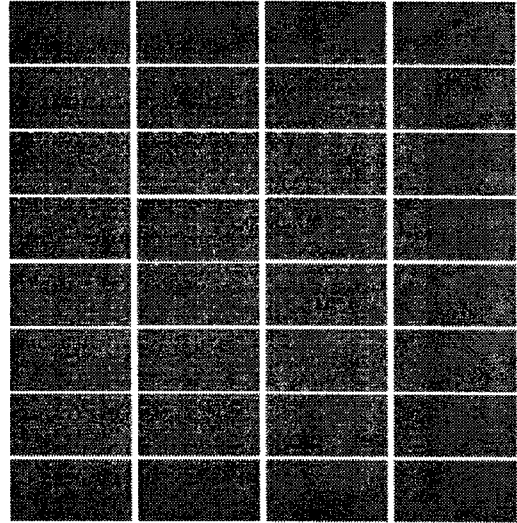


Fig. 3 Acquisition image

Fig.3과 Fig.4는 최종 획득한 영상이다. 모션과 카메라를 동기시켜 Fig.3과 같이 한 장의 그린시트를 32회로 일정 분할하여 영상을 획득하였다. 영상에서 비아홀의 패턴은 Fig.4와 같다.

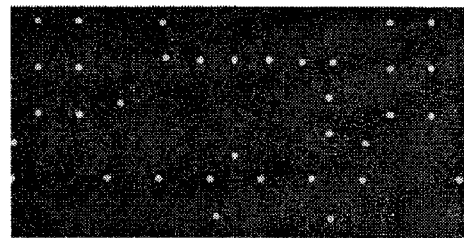


Fig. 4 Pattern of acquisition image

영상처리 기법을 이용한 측정에서 정밀한 측정을 하기 위한 요소는 하드웨어적인 구성상 높은 분해능은 기본이 되어야 한다. 하지만 같은 분해능으로 획득한 영상이라도 패턴 형상의 경계가 불분명하다면 측정에 오차가 발생할 수 있다. 영상처리 기법에서 경계를 추출하기 위한 많은 방법들이 있지만 오차가 존재하며, 기본적으로 영상의 경계가 분명하다면 측정의 정밀도를 보장받을 수 있다. 패턴의 경계는 에지(edge)의 기울기로 확인할 수 있다. Fig.5는 획득된 영상의 에지의 기울기를 3차원 형상화 한 그림이다.

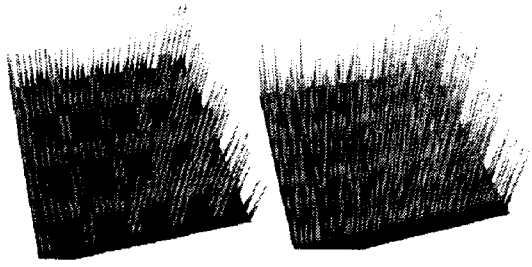


Fig. 5 3D Edge gradient image of acquisition image

3. 그린시트용 측정 알고리즘

앞에서 언급한 바와 같이 그린시트는 대면적에 약 수천 개의 hole이 가공되어 있다. 모든 hole을 하나씩 측정하는 것은 매우 비효율적이며 검사시간의 증가를 야기시킨다. 따라서 본 연구에서는 효율적이고 정밀한 측정을 위해서 몇 가지 영상처리 기법을 응용하였다. 가장 먼저 영상에서 객체들이 가지고 있는 형태(morphology)를 바탕으로 하는 기법을 이용하였다. 디지털 영상처리에서 형태학은 $m \times m$ 의 구조요소(structure element)를 이용하여 적용된다. 구조요소의 모양 및 크기에 따라 결과 영상의 차이가 발생하게 된다. Fig. 6은 대표적인 형태학 구조요소를 보여주고 있으며, Fig. 7은 각각의 구조요소가 가지고 있는 값에 따라서 형태학이 적용되는 과정을 도식적으로 나타낸 것이다.

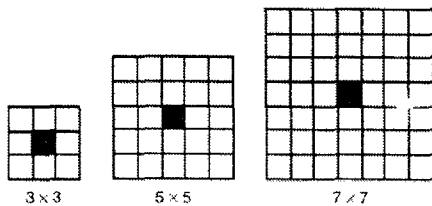


Fig. 6 Size of structure element

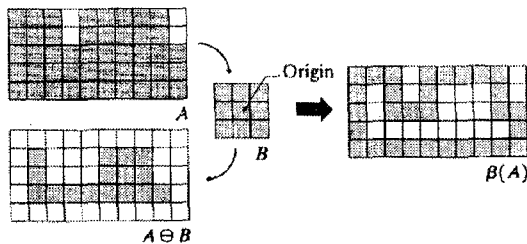


Fig. 7 Boundary detecting by morphology

이러한 형태학 기법을 통하여 영상 내에서 밝은 픽셀이나 어두운 픽셀들로 구성된 영역을 검출하게 된다. 이 영역을 blob이라 하며 검출된 blob은 카운트(count) 또는 blob의 면적 등 여러 가

지 정보를 가지게 된다. 형태학을 기본으로 hole이 이루는 에지를 검출하여 측정하게 된다.[3~4] 에지 부근의 강도(intensity) 변화가 가장 크기 때문에 미분 연산자를 이용하여 에지를 검출하였다.

그린시트는 언급한 형태학과 에지 검출을 기본으로 측정을 하게 된다. 그러나 측정 효율성 증대를 위해서 몇 가지 추가적인 영상처리 방법을 응용하였다. 그 방법으로 일정한 패턴을 가지고 있는 시트의 경우 검사하였다. 응용된 패턴매치 기법은 영상의 각 픽셀이 가지고 있는 상관성을 이용한 정규상관계수(NCC: Normalized Cross Correlation)를 사용하였다. 우리는 여기서 이를 크기 $M \times N$ 의 영상 $f(x, y)$ 내에 있는 크기 $J \times K$ 의 부 영상 $w(x, y)$ 의 정합들을 찾는 근간으로 생각하고자 한다. 여기서 $J \leq M$ 이고, $K \leq N$ 이라 가정한다. 가장 간단한 형태로, $f(x, y)$ 와 $w(x, y)$ 사이의 상관은 다음과 같이 정의된다.

$$C(x, y) = \sum_s \sum_t f(s, t)w(x+s, y+t) \quad (1)$$

여기서 $x = 0, 1, 2, \dots, M-1, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 이고, 합 연산은 w 와 f 가 겹치는 영상 영역에서 이루어진다.

Fig.8(a)는 에지 검출 영상처리 기법을 사용하여 비아홀의 직경 및 패턴간 피치를 측정하는 영상이고 Fig.8(b)는 형태학적 알고리즘을 이용하여 비아홀의 면적을 측정하는 그림이다.

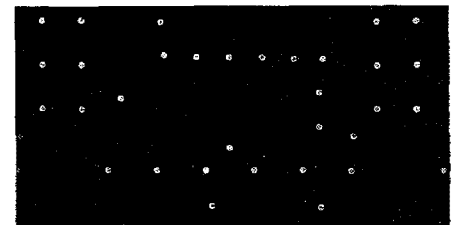


Fig. 8(a) Measurement image by edge detecting

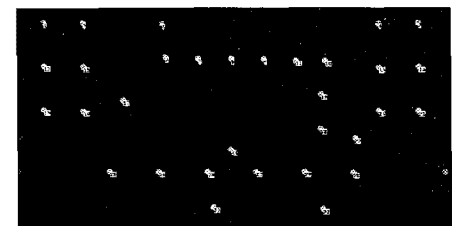


Fig. 8(b) Measurement image by morphology

4. 측정 알고리즘의 검증

본 연구에서 개발된 그린시트 측정 알고리즘

의 검증을 위해 그린시트 전면적에 대해 30회 반복 측정 하였으며 동일 지점에서의 측정 재현성을 실험하였다.

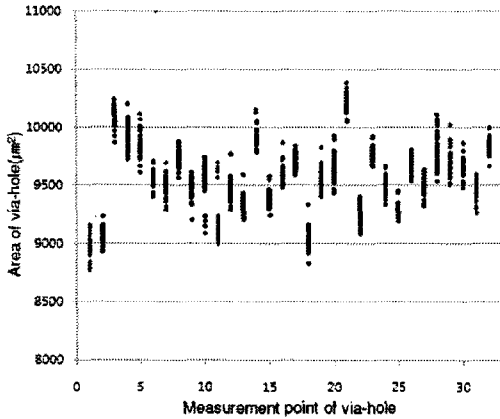


Fig. 9(a) Measurement of area

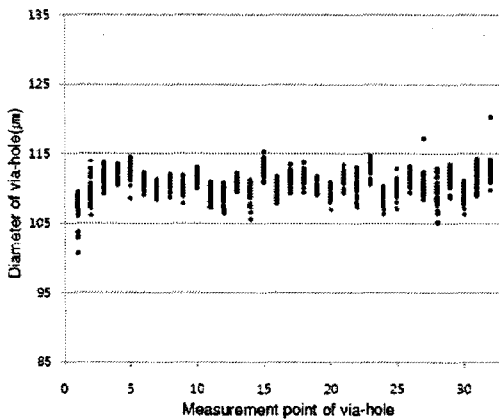


Fig. 9(b) Measurement of diameter

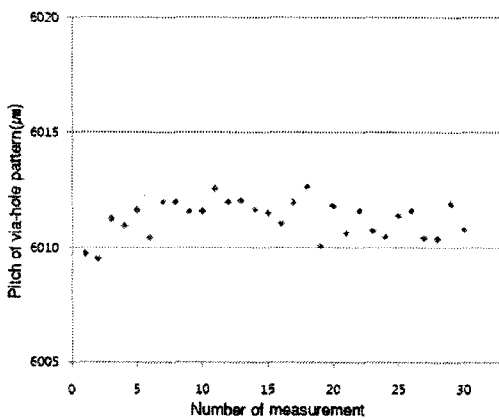


Fig. 9(c) Measurement of pitch

Fig.9(a), Fig.9(b), Fig.9(c)는 그린시트 한 패턴에 있는 32개 비아홀의 면적과 직경 그리고 패턴간의 피치를 30회 반복 측정 한 결과이다. 결과에서 보는 것처럼 각각의 비아홀 면적을 측정한 결과는 약 $\pm 200\mu\text{m}^2$ 의 면적차를 보인다.

이는 비아홀의 평균 면적을 고려하면 약 2%의 오차를 보인다고 할 수 있다. 비아홀의 직경과 피치를 측정한 결과에서는 측정 오차가 약 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 정도로 이는 개발된 측정알고리즘의 재현성을 보여주고 있다.

5. 결론

그린시트 비아홀의 면적, 직경, 피치 등의 측정을 효율적으로 하기 위해 영상처리의 기법을 적용하였다. 고사양의 카메라 및 렌즈의 구성으로 정밀도를 높였으며, 형태학 및 에지 검출 기법을 사용하여 정밀도 및 측정 효율을 증가 시켰다.

(1) 형태학을 이용한 비아홀의 면적 측정에 있어서 원래 비아홀의 면적 대비 2%의 오차 이내로 측정이 가능하다.

(2) 비아홀 직경 및 패턴간 피치 검사에서 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 이내의 재현성을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발 사업 중, 한국생산기술연구원이 주관하고 있는 Milli-Structure 생산기술 개발 사업의 세부 과제로서 수행 중이며, 이에 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

- [1] Tsang-Der Ni, James DeMarco, Dana Sturzebecher and Mike Cummings, 1996, High Frequency Hermetic Packages using LTCC, IEEE MTT-S Digest, Vol. 3, pp.1627~1630
- [2] Pfeifer, T. and Wieggers, L., 2000, Reliable Tool Wear Monitoring by Optimized Image and Illumination Control in Machine Vision, Measurement, Vol. 28, Issue3, pp.209~218
- [3] Frei, W. and Chen, C. C., 1977, Fast Boundary Detection: A Generalization and a New Algorithm, IEEE Trans Computers, Vol. C-26, No. 10, pp.988~998
- [4] Ziou, D. and Tabbone, S., 1998, Edge Detection Techniques-An Overview, International Journal of Pattern Recognition and Image Analysis, Vol. 8, pp.537~559