

IC-패키지에 대한 각종 디지털 화상처리 기술의 적용방법에 대한 연구

김 재 열

A Study on the Application Method of Various Digital Image Processing in the IC Package

Jae Yeol Kim

Abstract This paper is to aim the microdefect evaluation of IC package into a quantitative from NDI's image processing of ultrasonic wave.

- (1) Automatically repeated discrimination analysis method can be devided in the category of all kind of defects on IC package, and also can be possible to have a sampling of partial delamination.
- (2) It is possible that the information of edge section in silicon chip surrounding can be extractor by the partial image processing of IC package. Also, the crack detection is possible between the resin part and lead frame.

1. 서 론

디지털 화상처리는 극히 넓은 분야에서 이용되고 있으며 그중에서 초음파를 이용한 산업에 있어서 화상응용계측으로 비파괴검사 기술은 펄스식 초음파탐상법을 중심으로 발전해왔으며¹⁾ 검사대상물의 다양화에 따르는 여러가지 기법들이 개발되고 있다.²⁾

또한 초음파는 고체 내부에서 감쇠와 산란 등의 복잡한 거동을 나타내기 때문에 그 취급에 세심한 주의가 필요하다.

따라서 가능한 한 측정하고자 하는 대상

물체에 맞는 탐촉자, 송수신계를 선정한 후에 데이터처리와 화상처리를 실시할 필요가 있다.

따라서 초음파 탐상에서 얻은 신호정보를 기초로 시험체의 내부상황을 화상화하여 표시하는것의 효과를 들어서 지금까지 연구되어지고 있는 방법을 말하자면 다음과 같다.^{3),4)}

첫째, 초음파 빔을 주사하여 탐상상을 얻기위해서는 B-scan법, C-scan법, 부채꼴형 주사법, 복합 주사법등이있다.^{5), 6)}

둘째, 탐상상의 분해능을 향상시켜 우수한 성질을 얻기위해서는 Deconvolution법, 개구

합성법(Open Aperture Synthetic Method), 초음파CT, 초음파 Holography법 등이 있다.^{7), 8)}

셋째, 물체의 내부상황을 보다 정확하게 검사하는데는 화상처리로부터 정보의 보정, 잡음제거, 특징추출, 이상검출등이 가능하고 기록성의 향상으로 대량의 화상 데이터도 기록, 보존, 표시, 전송등이 가능하다.^{9), 10), 11)}

그러나 지금까지는 초음파를 이용해서 최대 에코우 레벨(Echo Level)만으로 결함의 크기를 평가했던 것으로부터 최근에는 탐상 결과를 화상처리해서 복합재료와 전자부품 및 자동차 부품등의 미세결함을 평가하고 있지만 보다 정량적인 평가를 위해서는 효과적인 데이터 처리와 화상처리 기능적용이 중요하다고 생각되어진다.

따라서 본 논문에서는 IC에 대한 화상안의 대상을 배경으로부터 분리하는 2차화상처리에 의한 효과적인 문턱값(Threshold Value)의 결정방법에 목적을 두고 있으며 판별 분석법의 반복적인 적용에 대해서 히스토그램(Histogram)화를 실시하였다.

또한 각종의 화상처리 기법에 의한 IC의 부분 화상화와 IC의 경우 결함 에코우분포 상황을 알아보고 IC의 수지(Resin)크랙 검출 등을 알아보는데 연구의 목적을 두고있다.

2. 디지털 화상처리 방법

2.1 화상의 변환 및 계측

화상처리란 표본화해서 양자화하고 이산적인 농도식으로 나타낸 화상 데이터를 이용해서 해석, 인식, 부호화등의 각종처리를 실시하는 것이다.

또한 디지털화상에 대한 가장 기본적인 처리로써 화상내에 포함 되어있는 잡음을 제거하고자 Edge성분등의 특징추출을 하고, 각종 기본조작을 실시해서 Filtering을 한다.

여기서는 공간 Filter의 구성법으로 평활화 Filter를 사용해서 잡음을 제거하는 것으로 Fig. 1에 나타낸 것처럼 어느점(i, j)를 중심으로한 임의의 각점에서 농도의 평균값을 구해서 평활화 화상의 새로운 농도 f(i, j)로 나타내는 방법으로 예를 들면 3×3인 평균영역

의 경우는 2차원 화상신호 g(i, j)에 대해서 다음과 같이 나타낸다.

$$f(i, j) = g(i, j) * M(i, j)$$

$$M(i, j) = 1/9 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

단 위의 식에서 *는 행렬 M(i, j)의 요소값이다.

(i-1, j-1)	(i, j-1)	(i+1, j-1)
(i-1, j)	(i, j)	(i+1, j)
(i-1, j+1)	(i, j+1)	(i+1, j+1)

Fig.1 Domain of averaging manipulation. (3×3)

여기에서 화상처리는 입력과 출력으로부터 입력이 화상, 출력도 화상으로 되는 화상의 변환은 화상의 복원(Restoration), 화상의 강조(Enhancement) 등 본래의 화상의 변환이나 대역 압축등의 시뮬레이션(Simulation)에 이용되는 것과 계측이나 패턴(Pattern) 인식의 전처리로 해서 주요한 방법이다. 따라서 여기에서는 화상변환의 기본적인 수단인 점연산에 대해서 말한다.

점연산은 입력화상에 해당하고있는 화소(Picture Element)만의 데이터에 기초를 두고서 처리를 한다.

점연산 중에서 대표적인 것으로 계조처리가 있다.

이것은 화상마다 농도를 변화시키는 처리로 되어있고 디지털 화상처리에 있어서 입력과 출력의 관계를 임의로 설정될 수 있다는 특징이 있어서 입력과 출력의 특성을 수식 또는 표로 나타내는 처리를 말한다.

화상처리에서 화상이 장소에 따라 변화하지 않고 화상 전체에 대해서 일정한 처리를 실시하는 Shift(Space) Invariant 한 처리와 장소에 따라서 처리가 변화하는 Shift Variant한 처리가 있다. Shift Invariant한 처리에서는 화면 전체의 각 화소의 농도에 대해서 일정한 변화를 가져오는 것이 좋기 때문에 그 연산에 필요한 기억용량을 주의하는

편이 좋으며 또한 비교적 용이하게 처리할 수가 있다.

한편 Shift Variant의 경우 화상마다 연산의 내용을 기억하여 놓은것은 거대한 기억용량을 필요로하고 있기 때문에 현실적이 되지 못한다. 이 때문에 Shift Invariant로 간주되는 작은 영역으로 나누어서 처리하기도 하고 내삽으로부터 처리하는 등 기억용량을 줄이는 것이 시도되고 있다. 계조처리는 예를들면 Fig. 2에 나타낸 것처럼 입출력 특성의 처리를 한다.

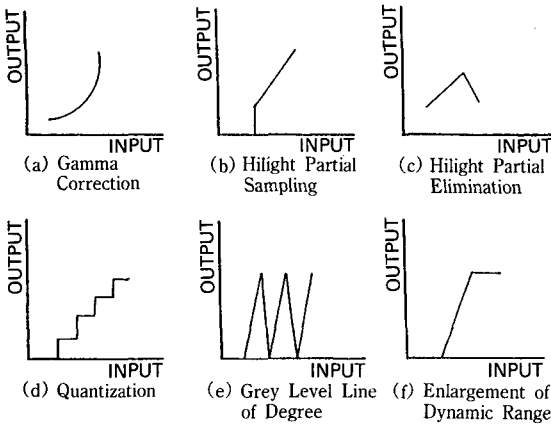


Fig. 2 Methods of contrast manipulation.

각각의 처리의 내용은 그림중에서 나타냈지만 (a)는 γ 보정, (b)는 배경잡음소거이다. (f)는 원화상의 데이터를 좁은 농도 범위로 모아서 Contrast가 약한 화상에 대하여 다이내믹 레인지(Dynamic Range)를 확대하는 처리를 실시한 경우이다. 원화상의 밝기의 분포는 극히 좁은 영역에 집중하고 있어서 좁은 부분은 인간의 눈으로 판별되지 않는다. Fig. 3은 디지털 화상처리시스템의 구성도이다.

입력의 부분은 X-선, 초음파 등을 대상으로 하는 화상의 종류에 따라 촬상 센서가 다르다. 또한 계산기에 넣은 데이터량을 줄이고 고속화를 도모하기 위해서 시야의 안으로부터 필요한 영역을 자동설정하기도 하고 잡음제거, 평활화, 변화분추출 등의 전처리를 실시하는 것이 대부분으로 되어왔고 현재에

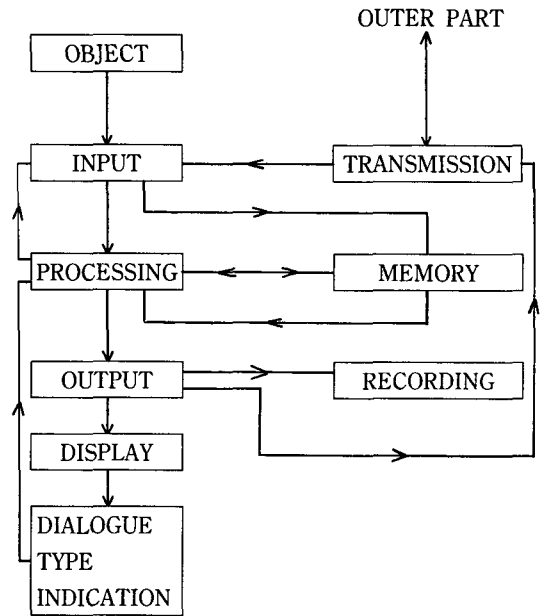


Fig. 3 Digital image processing system.

는 입력부 전용의 프로세서(Processor)를 이용한 지능화가 진행되고 있다.

출력은 연구단계에서 중간처리결과를 신속하게 표시하여 대화형 표시처리로 피드 백(Feed Back) 가능하게 하고 필요에 따라 하드 카피(Hard Copy)에 기록 가능하게 한다.

2.2 2차 화상처리

화상안의 대상을 배경으로부터 분리하는 처리를 2차화상처리라고 말한다. 여기서 효과적인 문턱값(Threshold Value)의 결정이 문제가 된다. 히스토그램을 이용하는 방법에는 대상물이 차지하는 비율 P를 미리 알고 있을 때 누적 히스토그램을 특정한 값이 되는 점을 선택하는 P-Tile법이 있다.

대상물과 배경은 히스토그램상에서 커다란 산을 만들고 그 사이의 골짜기를 찾아내는 모우드(Mode)법이 많이 이용되고 있다. 쌍봉우리적인 히스토그램을 정규분포의 합으로 근사시키는 방법도 있지만 시간이 걸린다.

실제의 히스토그램은 Fig. 4과 같이 쌍봉우리적으로 된다는 것에 한정되어 있지않고 히스토그램의 골짜기를 찾아내는 것은 어려운

경우가 많다. 이와같은 경우에는 문턱값을 결정하기 위해서 판별분석법과 엣지(Edge)의 정보를 주의하여 문턱값을 결정하는 방법을 채택하고 있다.

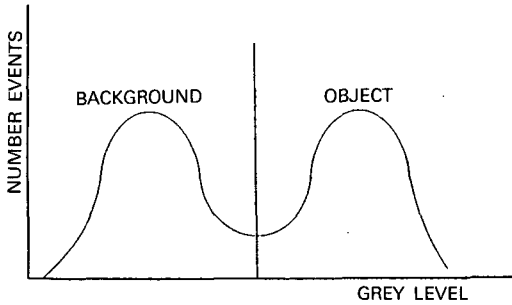


Fig. 4 Histogram of twin top.

판별분석법은 2개의 크라스(Class) 사이의 크라스 분산과 전분산의 비를 최대화하는 문턱값을 구하므로 히스토그램으로부터 얻은 정보만을 이용하여 순수하게 문턱값을 결정하는 이점이 있다.

엣지의 정보에 주의하여 문턱값을 결정하는 방법에는 대상물과 배경의 경계를 구하는 경우에는 경계에서는 농도의 변화가 심하는 것을 이용하여 각 농도값에 대하여 주위의 화소와의 차분값의 합을 구하는 차분 히스토그램 법과 뒤에 기술되는 2차미분에서 어떤 라플라시안(Laplacian)의 커다란 값(值)을 갖는 화소만을 추출하여 그 히스토그램을 취한다면 경계의 경사부의 양어깨를 대상으로 포함하는 쌍봉우리성(쌍봉성)으로 되는 곳을 이용하여 모우드법으로 문턱값을 구하는 라플라시안 히스토그램법이 있다.

판별분석법에서는 2치화를 대상물과 배경의 2개의 크라스로 나누는 문제로 해서 받아들이고 k Level에서 문턱값을 설정하여 2치화한 경우의 문턱값의 효과를 측정하기 위해서 평가량으로 판별분석법이 이용되는 크라스 분리도 $\eta(k)$ 를 도입한다.

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_T^2} \dots\dots\dots (2)$$

단 $\sigma_B^2(k)$ 는 문턱값을 k로 한 때의 크라스 사

이 분산이고 다음식에 따라서 주어진다. 또한 σ_T^2 은 전체의 분산이다.

$$\sigma_B^2(k) = \frac{\{\mu_T \cdot \omega(k) - \mu(k)\}^2}{\omega(k) \{1 - \omega(k)\}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^L (i - \mu_T)^2 P_i \dots\dots\dots (4)$$

여기서 전체 화소수를 N, 전체 레벨 수를 L, i레벨의 발생하는 확률 P_i , i 레벨의 화소수를 n_i 라고 한다면 P_i , 전체의 평균치 μ_T , 분산 σ_T^2 , $\omega(k)$, $\mu(k)$ 등은 다음식으로 통하게 된다.

$$P_i = \frac{n_i}{N} \dots\dots\dots (5)$$

$$\mu_T = \sum_{i=1}^L i P_i \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^L (i - \mu_T)^2 P_i \dots\dots\dots (7)$$

$$\omega(k) = \sum_{i=1}^k P_i = \omega(k-1) + P_k \dots\dots\dots (8)$$

$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k i P_i = \mu(k-1) + k P_k \dots\dots\dots (9)$$

이 크라스 분리도 $\eta(k)$ 를 이용해서 문턱값 K^* 를 구하기 위해서는 (σ_T^2 이 일정하게 되어 있으므로) $\sigma_B^2(k)$ 의 k를 1로부터 순서대로 바꾸어서 $\sigma_B^2(k)$ 를 계산하고 최대값을 나타내는 레벨 k를 문턱값 k^* 라고 한다.

3. 디지털 화상처리 장치 및 처리방법

화상처리장치는 수침법에 의한 초음파탐상으로써 XYZ Scanner를 자동제어하는 것으로 피검체의 측정위치를 자유로이 변경할 수 있다. 특히 초음파에 의한 Ceramic과 같은 미세한 결함을 검출하기 위해서는 고주파수 영역의 신호를 대상으로 하고 있기 때문에 분해능은 향상되지만 물질내부에서는 초음파의 감쇠가 현저히 많으므로 주의할 필요가 있다.

이와같은 Ceramics에서는 검출목표의 결

함이 작기 때문에 미소 Pitch로 이동시키면서 초음파를 송·수신하고 위치결정의 재현성이 2 μ m의 Stage를 사용하고 있다.

초음파의 탐촉자는 수조안의 Stand에 설치하고 XYZ방향으로 이동이 가능하며 수침초점형의 탐촉자를 이용하므로써 미세결합의 검출이 가능하게 된다. 초음파 Pulse는 수중을 전파하면서 일부는 고체 표면에서 반사하지만 나머지는 탄성파로써 내부로 전파되어간다. 만일에 고체내부에 접합부위의 음향 임피던스차에 의해 초음파는 반사되고 다시 되돌아가게 된다. 이 신호를 Oscilloscope로 관측하게되면 피검체 내부 상황을 자세히 알아 볼 수 있다. 그러나 미세결합에 대해서는 이와같은 방법은 비능률적이므로 증폭된 신호를 일정시간 범위내에서 Peak값을 결정하고 A/D 변환한 후에 Digital량으로 해서 Computer로부터 Memory에 기억시킨다. XYZ Scanner를 조작하면 일정시간마다 Data를 Sampling하여 Memory에 기억시키면 피검체의 어떤 깊이에서도 초음파 에코우 정보를 수집한다.

이와같은 Echo Level을 휘도레벨로 바꾸고 Monitor위에 표시하면 한단면에서의 초음파에 의한 화상이 얻어지게 된다. 이러한 화상은 피검체를 구성하는 재료가 균일재질이 아니라면 해석하기 어렵지만 균일 재질이라면 내부에 존재하는 결함부의 휘도가 주변부

와 다르기 때문에 결함을 분리할 수가 있다. Fig. 5는 본실험에서 사용한 디지털 화상처리 장치의 구성도를 나타내고 있다.

4. 화상처리의 결과 해석 및 고찰

디지털 화상처리로부터 원화상을 얻기위해서 사용된 초음파 주파수는 초음파를 이용한 탐상 가능한 결함의 크기로부터 초음파의 파장에 따라 그 영향이 다르다.

본 논문에서 사용된 탐상용시험편으로는 에폭시(Epoxy Resin)로된 Insertion Mounting Type의 S-DIP로 리이드 핏치는 1.778mm 이고 I/O Pin의 수는 20-64의 IC를 사용하였다.

따라서 IC-패키지용의 초음파 탐촉자는 고주파수용으로써 사용된 탐촉자의 특성을 Table 1에 나타낸다.

Table 1. Characteristics of immersion focus type probe.

Ultrasonic Frequency (MHz)	25
Diameter of Vibrator (mm)	6.35
Foucs Distance (mm)	7.62
Beam Diameter (mm)	0.18
Central Frequency (MHz)	25.6
Band Width (MHz)	5

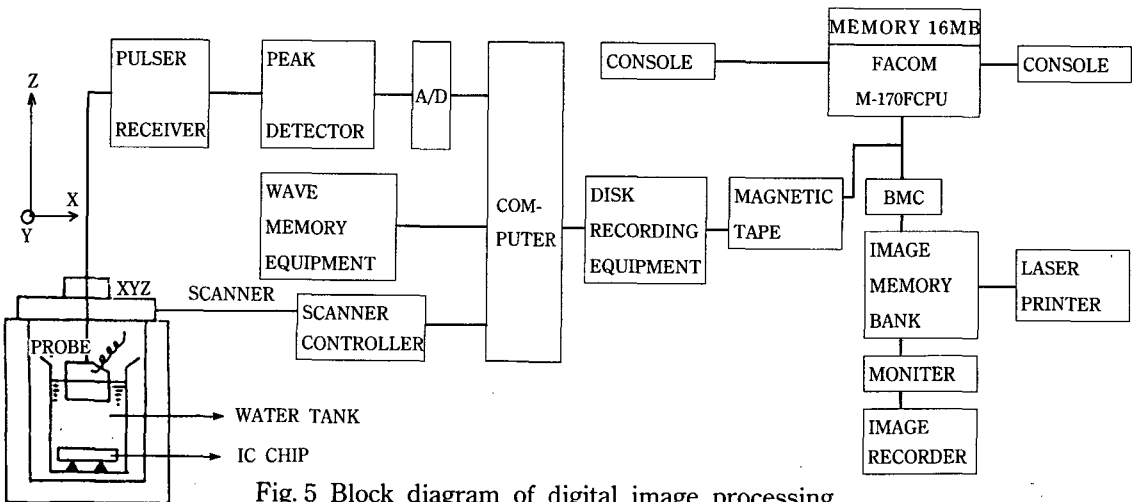
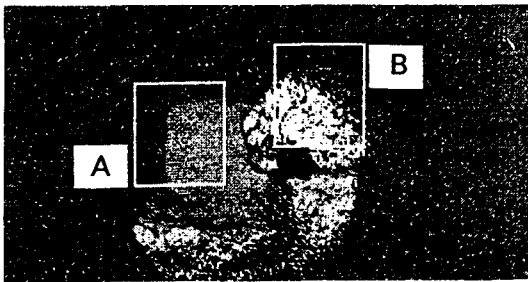


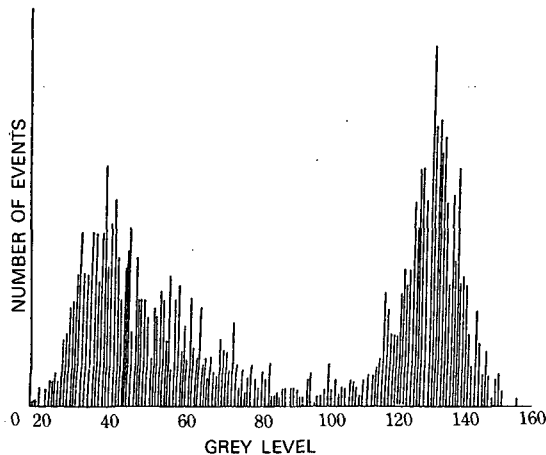
Fig. 5 Block diagram of digital image processing.

본 연구에서 사용된 수침 초점형 탐촉자는 초음파를 접속시켜서 매우 작은 결함까지도 검출할 수 있으며 선명한 화상을 얻을 수 있다. Fig. 6의 (a)는 IC-패키지를 부분화상화한것으로써 Chip부분과 리이드 프레임 연결부인 수지경계면에 대하여 집중적으로 부분화상화한 것으로써 A부분의 경우는 윈도우의 윗부분으로 좌측 모서리부분의 점에대한 화상좌표계(135,40)와 윈도우의 아래부분으로 우측모서리부분의 점에대한 화상좌표계(170,80)를 채택하였고 B부분의 경우에도 윈도우의 윗부분으로 좌측모서리부분의 점에대한 화상좌표계(190,25)와 윈도우의 아래부분으로 우측모서리부분의 점에대한 화상좌표계(225,65)를 채택하였다.

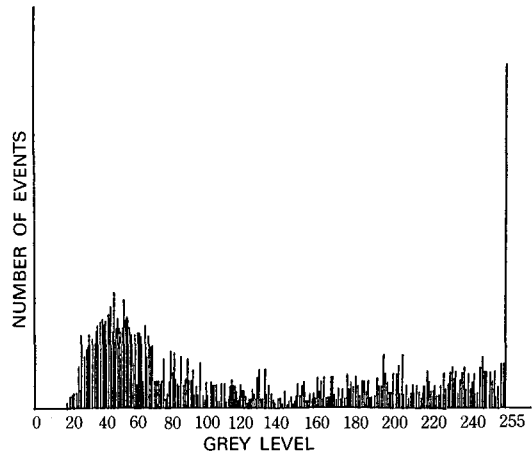
따라서 부분화상화에 의해서 히스토그램화한 결과를 Fig. 6의 (b)와 (c)에서 보는 것처럼 B부분의 경우 휘도분포(Grey Level)값이



(a) Original image



(b) Histogram of A part



(c) Histogram of B part

Fig. 6 Experimental result of partial image processing between IC chip part and boundary surface.

255인 부분의 Events수가 높게 나타난 것을 알 수있는데 이것은 완전박리에 가까운 결함이 집중적으로 있음을 나타내고 있다.

Fig. 7은 IC-패키지의 원화상에 대한 에코우분포를 나타내는 것으로 초음파에 의한 IC 패키지를 대상으로 화상처리한 결과로 커서(Cursor)선이 기록된 Line부분에 대한 초음파 에코우의 분포를 나타내고 있으며 박리부분에서의 반사 에코우의 분포가 넓게 됨을 알수가 있고 따라서 이것은 미세결함의 검출이 가능하다는 것을 의미하며 이때 사용주파수는 25MHz이다.

또한 이것은 분해능의 관점에서 주파수가

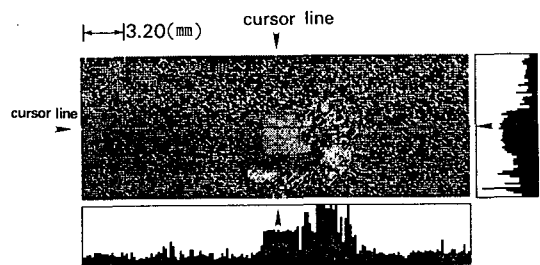


Fig. 7 Experimental result of echo distribution of IC package.

높을수록 좋게되는 것을 의미하며 주파수가 높게 되는 만큼 초음파의 감쇠가 크게 되므로 피측정물에 알맞는 탐촉자의 선택이 필요하다.

←→ 1.12(mm)

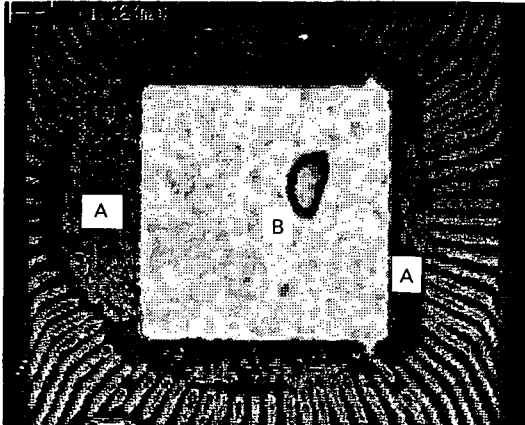


Fig. 8 Experimental result of crack image of IC package.

IC-패키지의 경우 수지(Resin)크랙 검출을 위한 Chip주위에 있어서 수지부의 경계면과 리이드 프레임(Lead Frame)경계면 사이에 미세 크랙이 존재하게 되는데 Fig. 8에서는 IC패키지내의 Crack의 검출 예를 나타내고 있다.

이 Fig. 8은 C-Scope 화상에서 평면표시한 것이고 IC Chip의 수지부의 경계면과 리이드 프레임 사이가 넓게 나타난것으로써 화상의 좌측에 Crack이 진전하고 있음을 알 수 있으며 리이드 프레임과의 경계면에 집중적으로 크랙이 형성되고 있음을 뜻한다. Fig. 8에서 A부분은 리이드프레임 부분의 진전되는 내부 크랙을 나타내고 있고 B부분은 Chip과 수지 사이의 박리를 표시하고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 각종 산업에 있어서 초음파를 이용한 화상응용계측으로 IC패키지에 대

한 화상처리 해석결과는 다음과 같다.

- 1) IC패키지의 각종결합의 구별을 위해서 판별분석법의 반복적인 적용으로써 그 영역 분할을 자동적으로 할 수가 있음을 확인하였고 박리부분만의 추출도 가능하였다.
- 2) IC패키지에 대한 부분화상으로 인한 실리콘칩 주위의 Edge부분의 정보추출이 가능하였고 수지(Resin)부분과 리이드프레임부 사이의 크랙검출도 가능하였다.

또한 본 연구를 수행하는데 있어서 다차원화상처리 시스템의 이용을 제공해준 일본 동경대학의 다카기 미기오 교수님께 감사드립니다.

본 논문은 1990년도 조선대학교 교비학술 연구비 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 표합니다.

References

1. Eckart E. Hundt and Elmar A. Trautenberg : Digital Processing of Ultrasonic Data by Deconvolution, IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, Vol. SU 27, No. 5, pp. 249~252, September 1980
2. W. A. Simpson : Time-Domain Deconvolution : A New Technique to Improve Resolution for Ultrasonic Flaw Characterization in Stainless Steel Welds, Materials Evaluation/44/pp.998~1003, July 1986
3. Takuso Sato and Osamu Ikeda : Super resolution Ultrasonic Image by Combined Spectral and Aperture Synthesis, J. Acoustic. SOC, Am., Vol. No. 2. pp. 341~345, August 1977
4. Yoshiro Tomikawa, Yukiharu Iwase, Kishio Arita, and Hiroaki Yamada : Non-destructive Inspection of a Wooden Pole Using Ultrasonic of a Computed Tomography, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Co-

- ntrol, Vol. VFF-33, No.4, pp. 354~35, (1986)
5. Fuminobu Takahashi, Katsumichi Suzuki and Takahiro Kanamori : Digital Signal Processing in Acoustic Focused Image Holography, pp. 685~697
 6. R. B. Thompson : Quantitative Ultrasonic Nondestructive Evaluation Methods, Journal of Applied Mechanics, Vol. 50. pp. 1191~1201,(1983)
 7. H. Fukuika, H. Toda : Non-Destructive Stress Analysis by Acousticity, VDI-Berichte Nr. 313, pp. 245~249,(1978)
 8. Jacek Jarzynski and Yves H. Berthelt : The Use of Optical Fibers to Enhance the Laser Generation of Ultrasonic Waves, J. Acoust. Soc. Am.85(1), pp. 158~162,(1989)
 9. John E. Jacobs : Ultrasonic Image Converter Systems Utilizing Eletron-scanning Techiques, IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, Vol.SU-15, No.3, (1968)
 10. Robert F. Wanger, Stephen W. Smith, John M. Sandrik, and Hector Lopez : Statics of Speckle in Ultrasound Bscans, IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, Vol. 30, No.3, pp. 156~163, May 1983.
 11. Hua Lee, Glen Wade : Resolution Enhancement on Phase-Only Holographic Reconstruction, IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, SU-29, No.5, pp. 248~250, September 1982