

The Magazine for  
Electronics Assembly

기사제휴 PennWell

SMT 한국판

www.chomdan.co.kr



# 表面実装技術

# 11

2006  
VOL.7 NO.11

특집 • 정전기 제어 대책



 (주)세명백트론  
<http://www.smv.co.kr>

420-805 경기도 부천시 원미구 도당동 162-9  
TEL : (032)678-8921~5 FAX : (032)678-8926  
<http://www.smv.co.kr> E-mail: smvwon@smv.co.kr



# 싱글레이션에 의해 발생하는 커패시터 균열의 음파 영상

Tom Adams

Sonoscan, Inc. 컨설턴트

균열된 세라믹 칩 커패시터는 미국 어셈블리 업체들이 최근 경험했던 자기장 고장의 원인이었다. 자기장 고장을 보고받았을 때, 엔지니어는 시스템 고장이 커패시터의 균열에 기인하고 있다고 신속하고 분명하게 결정했다. 그러나 균열의 근본 원인에 대해 알고 더 이상 균열이 발생하지 않도록 예방하기 위해서는 시간이 더 필요했다.

세라믹 칩 커패시터의 내부 균열은 전기실험을 하는 동안 발견하기 쉽지 않아 어려운 문제였다. 또한 커패시터에 금이 갔을 때 자기장 고장을 초래할 것이라는 것을 예측하는 것은 어렵다. 균열은 수평, 수직 및 대각선으로 갈라져 있을지도 모르고, 그것은 시간을 더 길게 할 수도 있다. 더구나 수직으로 갈라진 금은 더 많은 전극판을 빠져나가게 된다.

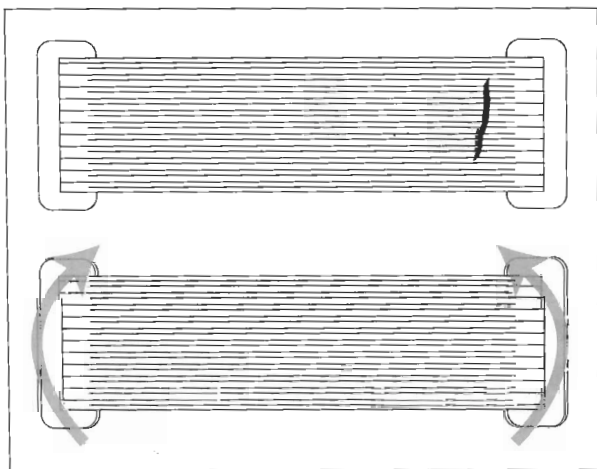


그림 1. 싱글레이션 동안 FR4 기판의 유연성은 표면실장된 세라믹 칩 커패시터 위에서 기계적 응력(화살표)을 받는다. 만일 그 응력이 커지면 커패시터에 수직의 균열이 생기게 되는 것이다(위 그림).

어셈블러들에 의한 초기 조사는 균열의 음파 영상을 관찰하기 위해 자기장이 고장난 PCB를 Sonoscan의 응용 연구소에 보내는 것이었다. 음파 현미경을 통해 연구원은 기판이 다수의 균열이 간 커패시터를 가지고 있는 것을 보았다. 또한 커패시터의 균열이 수평이라기보다는 오히려 수직의 경향이 있었으며 균열이 대체로 커패시터 끝 단자에 가깝게 발생했던 것과 그들이 단자와 평행으로 발생했다는 것을 알았다.

Sonoscan 응용 연구소의 연구원들은 오랜 경험을 통해 PCB가 어셈블리의 끝에 싱글레이션(singulation)될 때 단자 근처의 수직 균열이 자주 발생한다는 것을 알고 있었다. 기판이 싱글레이션될 때, 각 기판은 약간 휘어진다. FR4 기판은 다소 유연하다. 그러나 세라믹 칩 커패시터는 매우 단단하다. 게다가 커패시터는 기판에 강하게 솔더된다.

때때로 PCB가 휘는 것으로부터의 기계적 응력은 커패시터의 균열의 형성에 의해 일어난다(그림 1). 그런 균열은 전형적으로 수직이고 단자 근처에 있으며, 언제나 커패시터의 표면까지도 착하지는 않는다. 그래서 그것은 눈으로 볼 수 없다. Sonoscan의 연구소는 실패했던 시스템의 제조업체에게 영상과 영상의 해석 내용을 보고했다.

음파 현미경은 목표물의 수천 분의 일초 단위 파동을 감지하는 초음파 변환기를 사용한다. 초음파는 균질 물질에 의해 반영되지 않고, 두 물질 사이의 인터페이스에 의해 반영된다. 이것은 음파 현미경이 내부 균열, 보이드, 층간 박리뿐 아니라 내부 접합을 연구하기 위해 사용되는 이유다.



파동하고 난 후 단지 수마이크로초로 변환기로 돌아오  
물 위의 각 X-Y 좌표로부터의 에코 신호는 음파 영상에  
기 된다. 만약 인터페이스에서 두 물질 사이의 음파 값의  
크면 그 인터페이스로부터의 에코는 높은 진폭을 가지고  
이며 픽셀은 밝을 것이다. 가장 강한 에코 신호와 가장  
셀은 고체 재료와 균열과 같은 틈 사이의 인터페이스에  
균열은 공기나 다른 가스로 가득 차 있다. 그리고 가스  
사이의 음파 값의 차이는 균열과 다른 갈라진 틈이 가장  
셀과 가장 강한 진폭 에코를 나타낼 정도로 크다.

한 관점에서 고장난 시스템의 제조업자는 고장이 커패시  
열에 기인하고 있다는 것을 알고 있었다. 그들은 또한 균  
굴레이션(Singulation)에 의한 것임을 알았다. 그러나 다  
이 있을 수도 있었다. 어셈블러가 공급업체로부터 커패  
받았을 때부터 이미 균열이 나있었을지도 모른다. 또는  
우하는 동안 균열이 생겼을지도 모른다. 그러나 이 두 가  
균열이 싱글레이션하는 동안 일어나고 있었다고 확신하  
배제되어야 한다(리플로우하는 동안의 커패시터의 균열  
로우하는 동안의 무연 솔더의 도입과 더 높은 온도의 사  
일반적인 것이 되었다. 무연 솔더가 기존의 SnPb 솔더  
서지기 쉽다는 사실은 역시 FR4 기판의 유연성이 균열  
내할지 모른다).

제조업체는 음파 영상을 위해 Sonoscan 연구소에 실장  
는 세라믹 커패시터를 보낸다. 수십 또는 심지어 수백 개  
되지 않은 커패시터는 트레이 위에서 조정될 수 있고, 음  
경으로 동시에 조사될 수 있다. 음파 영상은 수집된 커패  
어떠한 균열도 없다는 것을 보여주었다.

으로, 균열이 리플로우 동안 일어나고 있지 않았을 것을  
는 것이 필요했다. 이를 위해 이미 음파 영상을 통해 내부  
러한 균열도 없다는 것이 확인된 커패시터는 표면실장되었  
리플로우되었다. 리플로우 이후, 패널이 개개의 기판으로  
끊어져 떨어지지 않았다. 그 대신에, 온전한 패널을 음파  
통해 커패시터가 어떠한 내부 균열도 가지고 있지 않은  
찾아낸 연구소에 보냈다. 이제 제조업체는 균열이 리플로  
동안 일어나고 있지 않다는 것을 알았다.

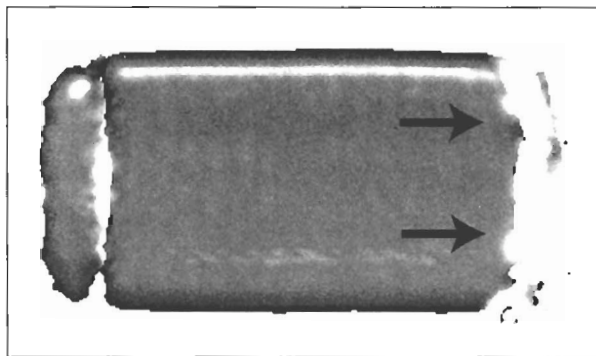


그림 2. Sonoscan 응용 연구소로부터 받은 음파 영상은 수직의 균열  
이 단자와 평행함을 보여준다. 이 전형적인 균열은 싱글레이션  
동안 기판을 파손할 수 있다. 균열은 모든 초음파를 사실상 반  
사하기 때문에 밝은 흰색이다.

마지막 단계로서, 끊어진 패널을 자기장 고장을 일으켰던 기  
판에서 떼어 정확하게 같은 방법을 사용한다. 싱글레이션된 기  
판은 음파 영상을 위해 연구소에 보내졌다. 세라믹 칩 커패시터  
중의 대부분이 현재 내부에 균열을 가지고 있었으며 균열이 거  
의 수직이고 커패시터 단자와 평행되는 근처에 존재했던 것이  
음파 현미경을 통해 드러났다(그림 2). 이제 균열과 자기장 고장  
은 싱글레이션 공정이 진행되는 동안 발생한다는 것을 알았다.  
제조업자는 기판에 대한 기계적 응력을 줄이기 위해 싱글레이션  
공정을 바꾸었다. 그러자 자기장 고장의 근본 원인은 제거되었  
다. 싱글레이션 공정의 수정 후 어셈블리된 기판의 음파 영상은  
커패시터에 어떠한 균열도 일으키지 않음을 밝혀냈다.

조사를 시작하게 만든 자기장 고장은 오랜 기간에 걸쳐 발생  
했다. 이것은 균열 커패시터에 의한 전형적인 고장이다. 하나의  
커패시터의 균열은 원래 커패시터 내부의 극소수의 전극판 안에  
서부터 발생되었을 수도 있고, 약간의 정전 용량의 저하에서 올  
수도 있다. 어셈블리 후의 기능 시험은 커패시터가 대규모의 균  
열을 갖고 있더라도 이 문제를 입증하지는 못할 것이다.

일반적으로 상용하던 시스템이지만, 열 사이클링에 의해 균열  
이 퍼지게 될지도 모른다. 균열이 수직으로 향하는 동안 더 많은  
전극판을 가로지를 것이고, 정전 용량을 훨씬 더 낮출 것이다.  
결국 정전 용량은 자기장 고장이 발생될 정도로 낮아진다.

Sonoscan 연구소는 커패시터 균열과 유사한 수많은 사례를  
갖고 있다. 한 제조업체부터 다른 제조업체로의 미세한 세부사

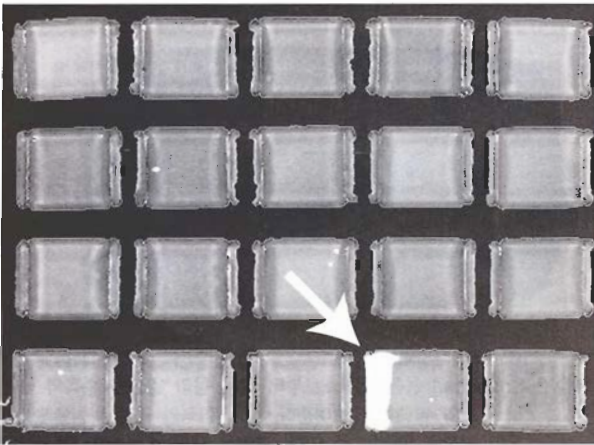


그림 3. 세라믹 칩 커패시터의 트레이 부품은 공급업체로부터 받은 많은 커패시터를 인증하기 위해 어셈블리 전에 음파적으로 영상화되었다. 하나의 커패시터는 큰 내부 균열(화살표)을 가지고 있다. 다른 소수의 커패시터는 작은 내부 보이드(작은 원의 하얀 부분)를 가지고 있다.

항 변화는 균열의 위치가 약간 달라지거나 좀더 고차원의 기능 시험에 의해 발견되는 결함일지도 모른다. 그러나 모든 사례는 균열의 근본 원인을 밝히는 음파 현미경에 의해 수리되었다.

몇몇의 예에서, 커패시터 균열은 PCB의 싱글레이션에 의해서

나 다른 어셈블리 공정에 의해 발생하지 않는다. 대신에 어셈블러가 그의 공급업체에서 많은 커패시터를 받았을 때 이미 균열이 나타났다. 이 경우 균열의 근본 원인은 어셈블러의 통제를 넘어 있는 커패시터의 제조 동안의 과정이다.

그러나 어셈블러는 커패시터가 공장에 도착되었을 때 부품을 스크린하는 음파 현미경을 통해 균열된 커패시터의 유입을 막을 수 있다. 몇몇 어셈블러는 공급업체로부터 받은 수많은 커패시터를 인수하기 위해 음파 현미경으로 시험을 한다. 전형적으로 어셈블러는 들어오는 많은 커패시터의 몇 퍼센트를 조사하고, 결과에 따라 그것을 받아들일지 결정한다. 상당히 높은 신뢰성이 필요한 작업물의 경우 다른 경우와 달리 어셈블러가 커패시터의 100%를 조사한다.

그림 3은 품질 조사되었던 세라믹 칩 커패시터의 트레이 부분의 음파 영상이다. 커패시터 중 하나가 큰 균열(밝고 하얀 부분을 갖고 있는데, 이 균열은 커패시터 끝 부분에 있고 아마 수직의 진행방향을 가진다. 만일 이 균열이 무작위 검사에서 발견되지 않으면, 그것이 PCB의 싱글레이션에 의해 발생한 균열이라는 것을 나중에 쉽게 진단될 수 있다. 表

## 집에서 즐기는 3차원 영상 3차원(입체)디스플레이 관련특허출원 급증

차세대 영상매체로 전망되는 3차원(입체) 영상기기 기술을 선점하기 위한 3차원(입체) 디스플레이 관련 특허 출원이 크게 증가하고 있다.

3차원(입체) 영상 디스플레이 기술이란, 2차원 영상에서 느낄 수 없는 깊이 정보를 부가하여 사용자가 마치 현장에 있는 것과 같은 시각적인 생동감과 현실감을 느끼도록 하는 영상서비스 기술로서, 입체영상관이나 3차원 게임, 컴퓨터 가상현실 등에 응용되고 있는 기술이다.

최근에는 이러한 응용기술을 한 단계 업그레이드한, 이동통신 단말기와 연계한 3차원(입체) 영상 디스플레이 기술, 입체안경을 착용하지 않는 입체 동영상 디스플레이 기술 등이 새롭게 출원

되고 있다.

3차원(입체) 영상 디스플레이 기술 분야가 향후 몇 년 안에 실용화될 고부가가치의 첨단 기술임을 놓고 볼 때, 일본, 유럽, 미국을 비롯한 선진국들의 3차원(입체) 영상 디스플레이 기술 시장 선점을 목표로 한 관련 특허출원은 계속될 것이며, 국내 기업들도 디스플레이 강국으로서 미래의 지속적인 대외 경쟁력 확보와 상대적 기술우위를 위하여 3차원(입체) 영상 디스플레이 원천 기술개발을 위한 특허출원 증대를 가속화시킬 것이다.

흑백TV에서 컬러TV로, 컬러TV에서 고선명HDTV를 경험하였듯이 다가올 미래에는 3차원(입체) 영상 디스플레이와 관련한 혁신적인 영상매체를 기대해도 좋을 듯하다.

## Acoustic Imaging Of Capacitor Cracks Caused By Singulation

*By Tom Adams, consultant, Sonoscan, Inc.*

Cracked ceramic chip capacitors were the cause of the field failures that one U.S. assembler experienced recently. When the field failures were reported, engineers determined fairly quickly that the system failures were being caused by cracks in capacitors. But more work was needed to learn the root cause of the cracks, and to prevent more cracks from occurring.

Internal cracks in ceramic chip capacitors are a difficult problem because they are sometimes not easy to find during electrical testing. Also, it is hard to predict when a cracked capacitor will cause a field failure. The crack may be horizontal, diagonal, or vertical, and it may expand over time. The more

vertical a crack is, the more likely it is to cut through many electrode plates as it expands.

One of the early steps in the investigation by the assembler was to send printed circuit boards from systems that had failed in the field to a Sonoscan applications laboratory for acoustic imaging. Using acoustic microscopes, laboratory technicians showed that the boards had numerous cracked capacitors. They also found that the cracks in the capacitors tended to be vertical rather than horizontal, and that the cracks were usually close to the termination at the end of the capacitor, and that they were generally parallel to the termination.

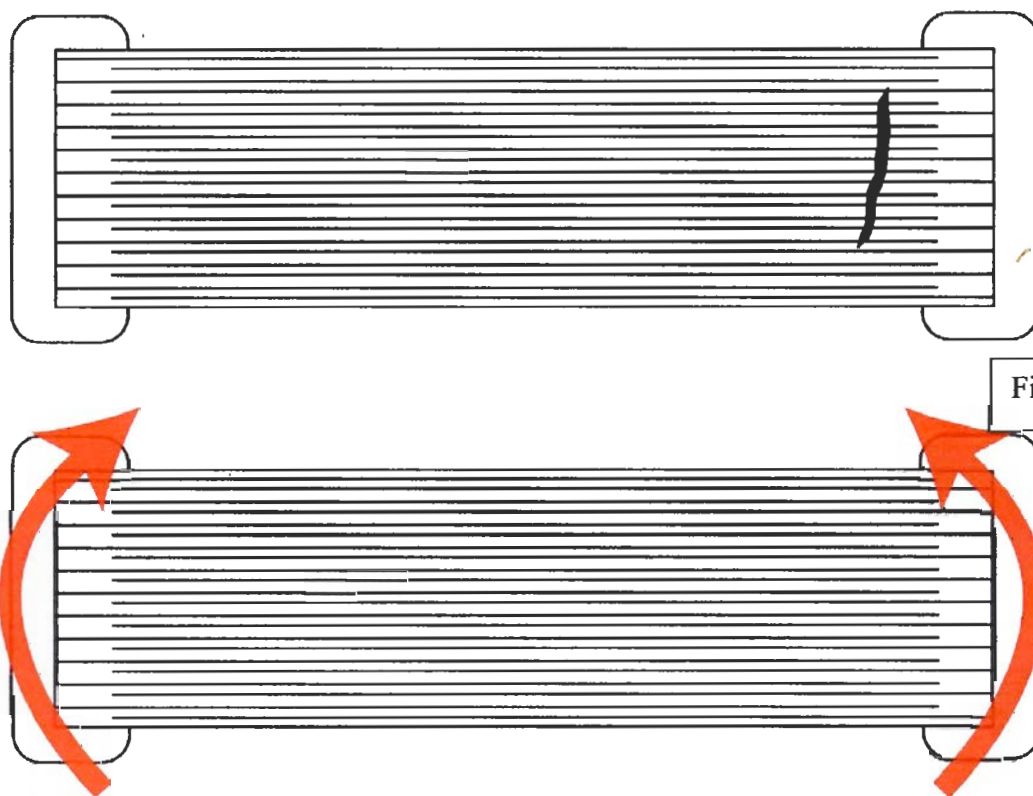


Figure 1



The laboratory technicians knew from long experience that vertical cracks near the terminations are often caused when printed circuit boards are snapped apart (singulated) at the end of assembly. When the boards are snapped apart, each board is bent slightly. The FR4 board is somewhat flexible, but the ceramic chip capacitor is very rigid, and the capacitor is strongly soldered to the board. The mechanical stresses from the bending of the printed circuit board are sometimes relieved by the formation of a crack in the capacitor [Figure 1]. Such a crack is typically vertical, near a termination, and does not always reach the surface of the capacitor, so it cannot be seen optically. Sonoscan's laboratory reported the images, and the interpretation of the images, to the manufacturer of the failed systems.

Acoustic microscopes use a scanning ultrasonic transducer that pulses ultrasound into the target several thousand times a second. The ultrasound is not reflected by homogeneous materials, but is reflected by the interfaces between two materials. This is why acoustic microscopes are used to study internal bonds, as well as internal cracks, voids, and delaminations.

The echoes return to the transducer only a few microseconds after pulsing, and an echo signal from each x-y coordinate on the target becomes a pixel in the acoustic image. If the difference in acoustic properties between two materials at an interface is large, the echo from that interface will have high amplitude, and the pixel will be bright. The strongest echo signals, and the brightest pixels, come from the interface between a solid material and a gap such as a crack. The crack is filled with air or another gas, and the difference in acoustic properties between a gas and a solid is so great that

cracks and other gaps produce the highest-amplitude echoes, and the brightest pixels.

At this point the manufacturer of the failed systems knew that the failure were being caused by cracks in the capacitors. They also knew that it was likely that the cracks were being caused by singulation. But other causes were also possible. The capacitors might have already been cracked when the assembler received them from the supplier. Or the cracks might have occurred during reflow. These two possibilities needed to be ruled out in order to be sure that the cracks were happening during singulation.

(Cracking of capacitors during reflow has probably become more common since the introduction of Pb-free solders and the use of higher temperatures during reflow. The fact that Pb-free solder is more brittle than conventional SnPb solder may also make it easier for bending of the FR4 board to cause a crack.)

First the manufacturer send a quantity of unmounted, loose ceramic capacitors to the Sonoscan laboratory for acoustic imaging. Dozens or even hundreds of loose capacitors can be arranged on a tray and scanned simultaneously by an acoustic microscope. The acoustic images showed that the as-received capacitors contained no cracks.

Next, it was necessary to make sure that the cracks were not taking place during reflow. To do this, the capacitors that had already been imaged acoustically, and that were known to have no internal cracks, were surface-mounted and put through reflow. After reflow, the panels were not snapped



apart into individual boards. Instead, the intact panels were sent to the laboratory, where acoustic imaging showed that the capacitors had no internal cracks. Now the manufacturer knew that the cracks were not happening during reflow.

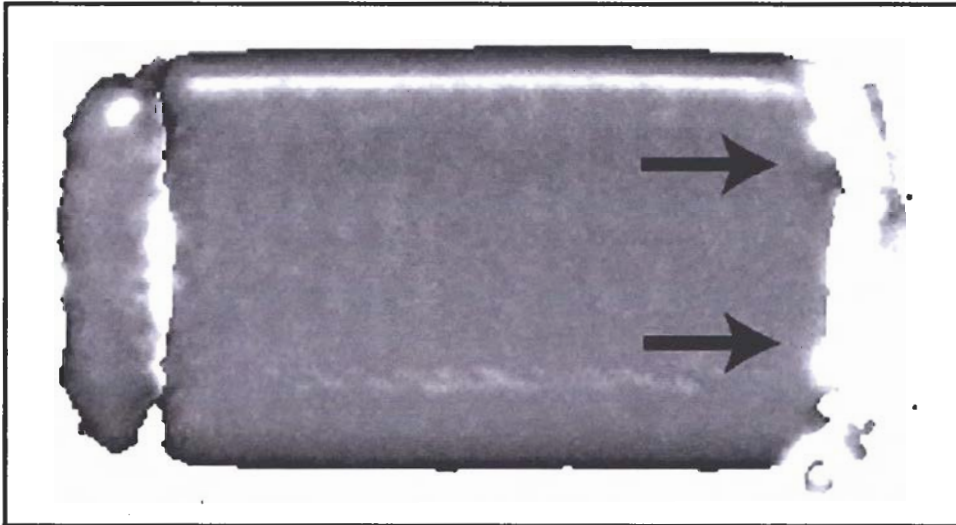


Figure 2

As a final step, the panels were then snapped apart, using exactly the same method that had been used to separate the boards that had failed in the field. The singulated boards were then sent to the laboratory for acoustic imaging. The acoustic microscope revealed that many of the ceramic chip capacitors now had internal cracks, that the cracks were nearly all vertical, and that the cracks were near the capacitor terminations and parallel to the terminations [Figure 2]. It was now clear that the cracks, and the field failures, were being caused by the singulation process. The manufacturer changed the singulation process in order to reduce the mechanical stress on the boards, and the root cause of the field failures was eliminated. Acoustic imaging of boards assembled after the modification of the singulation process revealed no cracks in the capacitors.

The field failures that led to the investigation occurred over a period of time. This is typical of failure caused by cracked capacitors. The crack in a single capacitor might originally run across only a few of the electrode plates in the capacitor, and might only lower the capacitance slightly. Functional testing at the end of assembly probably would not identify this problem, although it might find capacitors that have more extensive cracks.

But as the system experiences normal use, thermal cycling may cause the crack to expand. Since the crack has a vertical orientation, it will cut across more electrode plates and lower the capacitance even more. Eventually the capacitance becomes so low that a field failure occurs.

Sonoscan's laboratories have encountered numerous similar cases of capacitor cracking. The details change slightly from one manufacturer to another - the location of the cracks might be a little different, or the number of defects found by functional testing might be higher - but all of the cases were remedied by using acoustic microscopes to find the root cause of the cracking.

In some instances, the capacitor cracks are not caused by singulation of the printed circuit boards or by other assembly processes. Instead, the cracks are already in the capacitors when the assembler takes delivery of a lot of capacitors from his supplier. The root cause of the cracks in this case is a process during the manufacture of the capacitor – something that is beyond the control of the assembler.

But the assembler can protect himself against the cracks in incoming lots of capacitors by using an acoustic microscope to screen the parts when they arrive at his plant. Some assemblers use acoustic screening as a requirement for accepting the lot of capacitors from the supplier. Typically the assembler scans a percentage of the capacitors in an incoming lot and bases his acceptance on the results. In other cases, and especially where the reliability requirements are high, the assembler may scan 100% of the incoming capacitors.

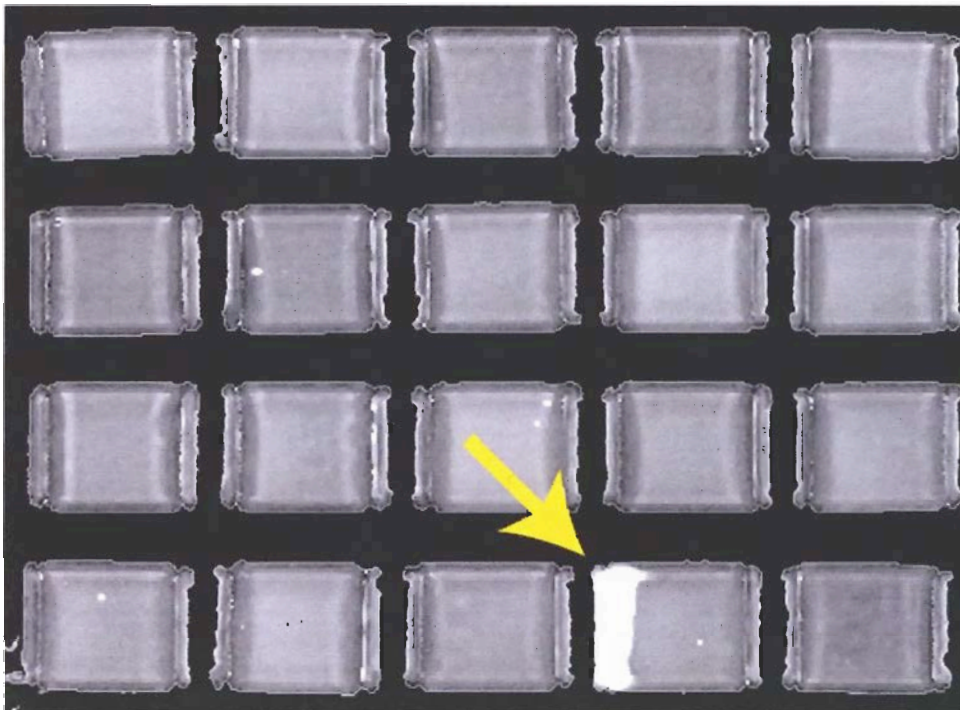


Figure 3 is the acoustic image of a portion of one tray of ceramic chip capacitors that were scanned to qualify an incoming lot. One of the capacitors has a large crack (bright white area); this crack is near the end of the capacitor and probably has a vertical orientation. If this crack were not



discovered in the incoming lot, it could easily be diagnosed later as a crack that had been caused by singulation of the printed circuit boards.

###

Text 1347 words. 8.29.06

Figure captions for Acoustic Imaging Of Capacitor Cracks Caused By Singulation:

Figure 1 Flexing of the FR4 board during singulation puts mechanical stress (arrows) on the surface-mounted ceramic chip capacitor. If the stress is large enough, the result may be a vertical crack in the capacitor (top).

Figure 2 Acoustic image from Sonoscan applications laboratory shows a vertical crack parallel to the termination – typical of cracks that may occur when boards are snapped apart during singulation. The crack is bright white because it reflects virtually all of the ultrasound.

Figure 3 Part of a tray of ceramic chip capacitors imaged acoustically before assembly to qualify the lot of capacitors delivered by the supplier. One capacitor has a large internal crack (arrow). A few other capacitors have small internal voids (small circular white features).

###

Contact information:

Sonoscan, Inc.

2149 E. Pratt Blvd.

Elk Grove Village IL USA 60007

Phone: 847 437-6400

Fax: 847 437-1550

E-mail: [info@sonoscan.com](mailto:info@sonoscan.com)

Website: [www.sonoscan.com](http://www.sonoscan.com)

###