

초미세 패턴 칩-온-필름을 위한 자동 결함 검출 시스템 개발

류지열*, 노석호**

부경대학교 정보통신공학과*, 안동대학교 전자공학과**

Automatic Defect Detection System for Ultra Fine Pattern Chip-on-Film

Jee-Youl Ryu*, Seok-Ho Noh**

Pukyong National University*, Andong National University**

E-mail : ryujy@pknu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 초미세 패턴(24 μ m 이하의 선폭, 30 μ m 이하의 피치)을 가진 칩-온-필름(Chip-on-Film, COF)에 발생한 결함을 자동으로 검출할 수 있는 시스템을 제안한다. 개발된 시스템은 COF 패턴으로부터 대표적으로 발생하는 결함들, 즉 개방(open), 단락(hard short), mouse bite(near open) 및 near short(soft short)을 자동으로 신속히 검출할 수 있는 기술이 적용되어 있다. 특히 초미세 패턴의 경우, near open 및 near short과 같은 결함 검출이 불가능한 기존 검출 시스템의 문제점을 극복한 기술이 제안되어 있다. 본 논문에서 제안하는 결함 검출 원리는 미세 선의 결함유무에 따른 저항 변화를 자동으로 검출하고, 그 미세한 변화를 좀 더 자세하게 판별하기 위해 고주파 공진기(resonator)를 적용하고 있다. 제안된 시스템은 미세 패턴을 가진 COF 제작 과정에서 발생한 결함을 신속히 검출할 수 있기 때문에 COF 불량 검사에 소요되는 많은 경비를 줄일 수 있으리라 기대한다.

I. 서 론

최근 수십년간 전자 및 정보통신 산업의 급속한 발전과 더불어 스마트폰/휴대폰용 LCD, 랩탑/노트북용 LCD 모니터, LCD TV, PDP TV 및 기타 가정용 LCD 등 평판 디스플레이 산업도 동반 성장하였다. 이러한 추세에 발맞추어 소비자들은 고정세가 높고 경박·단소화하며, 고해상도를 지닌 디스플레이 장치를 요구하고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위해 개발된 새로운 형태의 패키지가 평판 디스플레이 구동 칩 패키지 부품인 COF(Chip-on-Film)이다[1-5]. 기존에 사용되어 온 TCP(Tape Carrier Package)에 비해 미세 피치에 대응하고자 제안된 기술로 열팽창계수가 낮고, 유연성이 우수한 장점이 있다. 최근 디스플레이 장치의 고해상도 및 경박화 추세에 따라 약 20 μ m의 선폭 및 30 μ m 이하 피치를 가진 COF 개발이 절실하다. 하지만 미세 패턴의 특성상 제작 과정에서 near short(soft short) 및 mouse bite(near open) 등과 같은 결함들이 미세 선 폭에 발생하여 전체 수율을 낮추는 현상을 초래하고 있다. 더군다나, 이러한 결함을 정확하게 검출할 수 있는 시스템이 아직 개발되지 않아 미세 패턴 COF의 개발에 발목을 잡고 있는 실정이다.

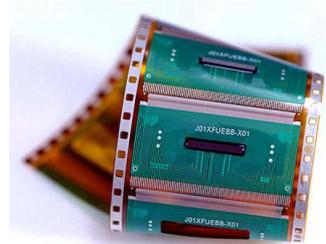
본 논문에서는 24 μ m 이하의 선폭 및 30 μ m

이하의 미세 피치를 가진 COF에서 발생한 near open 및 near short 결함을 자동으로 신속히 검출할 수 있는 시스템을 제안한다. 결함 검출은 미세 선폭의 결함유무에 따른 저항 변화를 검출한 다음 고주파 공진기(resonator)를 적용하여 그 미세한 변화를 좀 더 자세하게 판별한다.

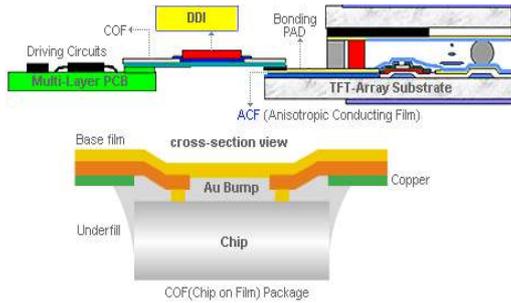
II. 관련 이론 및 동작 원리

2.1. COF 개요

COF는 구조상으로 폴리이미드 필름과 구리 호일의 2 layer로 구성되어 있다. 그림 1(a)는 COF 실제 외형 사진을, 그림 1(b)는 실제 LCD 모듈에 적용되어 있는 COF 단면 구조와 수직 구조를 나타낸 것이다. 그림과 같은 구조의 제작이 가능하기 때문에 LCD를 포함한 평판 패널 디스플레이 기기에 적극 활용되고 있다.



(a) COF 실제 외형 사진



(b) COF 적용 모듈 구조

그림 1. COF 외형 및 적용 모듈 구조

2.2. 결함 검출 원리

그림 2는 개발된 측정 시스템 개념도를 나타낸 것이다. 측정 시스템은 고주파 신호를 공급하는 RF source 부분(V_{in}), 본 시스템의 핵심 기술로서 미세 패턴내의 결함으로 인해 발생한 미세 전압 변화를 특정 주파수대역에서 증폭시키기 위한 Resonator 부분, 전압변동을 측정하는 Probe 부분, 결함이 없는 COF 값들을 저장하고 있는 Look-up-Table(LUT) 부분, COF의 결함 유무에 따른 차동 전압을 비교하는 비교회로 부분으로 구성된다.

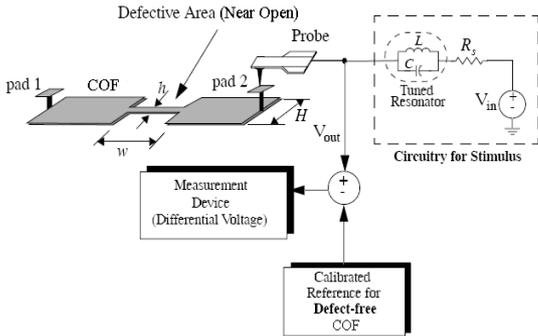


그림 2. 개발된 측정 시스템 개념도

결함 검출 원리는 미세 선의 결함유무에 따른 저항 변화를 자동으로 검출하고, 그 미세한 변화를 좀 더 자세하게 판별하기 위해 고주파 공진기(resonator)를 적용한다. 그림 3은 결함 검출 원리를 설명하기 위해 구현된 near open 결함을 가진 COF interconnect 시뮬레이션 모델을 나타낸 것이다.

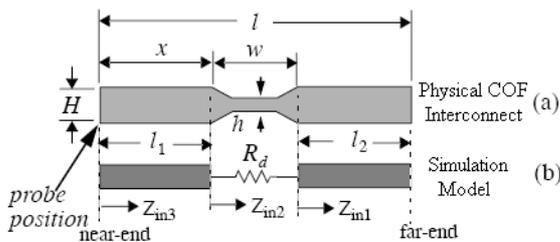


그림 3. Near open 결함을 가진 COF 모델

그림 2 및 3에서 알 수 있듯이 결함 유무에 따른 COF interconnect 저항 값 변화와 차동 전압을 표현하면 식 (1) ~ (5)로 표현할 수 있다.

$$R_0 = \rho \frac{w}{H \cdot t} \quad (1)$$

$$R_d = \rho \frac{w}{h \cdot t} \quad (2)$$

$$V_0 = \frac{R_0}{R_s + R_0} V_{in} \quad (3)$$

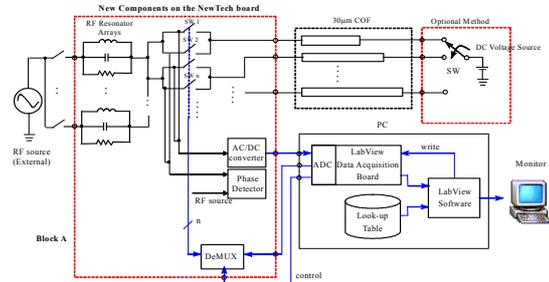
$$V_d = \frac{R_d}{R_0 + R_d} V_{in} \quad (4)$$

$$\Delta V = V_d - V_0 = \frac{\rho w (H - h) R_s}{(\rho w + H R_s)(\rho w + h R_s)} V_{in} \quad (5)$$

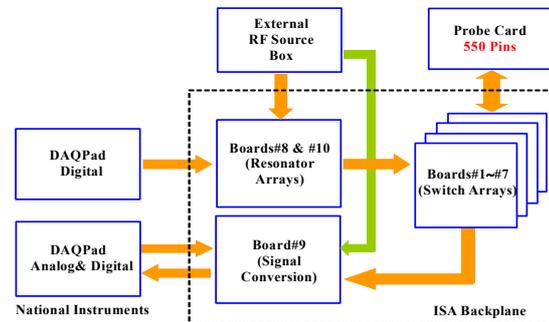
여기서, R_d 및 R_0 는 결함 유무에 따른 저항값, ρ 는 저항률, h 및 H 는 결함 유무에 따른 선폭, w 는 미세 선의 길이, t 는 선의 두께, V_d 및 V_0 는 결함 유무에 따른 전압, ΔV 는 결함 유무에 따른 차동 전압을 각각 나타낸 것이다.

2.3. 시스템 설계

개발된 측정 시스템은 개방, 단락, near open 및 near short과 같은 다양한 결함을 자동으로 검출하고 진단할 수 있도록 하기 위해 다양한 기술과 알고리즘 및 하위 시스템으로 구성되어 있다. 그림 4는 개발된 전체 측정 시스템 구조도를 나타낸 것이다.



(a) 전체 측정 시스템



(b) 신호 흐름 및 보드 레벨 시스템 구조

그림 4. 측정시스템 구조도

전체 측정 시스템은 RF source 부분, Resonator array 부분, COF가 포함하고 있는 많

은 lead를 검사하기 위해 RF source로부터 받은 신호를 Probe card와 연결시켜주는 Switch array 부분, 각 COF lead를 probing하는 Probe card부분, 각 검사 lead로부터 반사되어온 신호의 진폭과 위상을 검지하여 결함의 유무와 결함의 정도를 제공하는 Signal conversion 부분, 디지털 신호를 이용하여 보드를 자동적으로 제어하기 위한 Data acquisition 부분, 프로그램 및 알고리즘을 가진 PC로 각각 구성되어 있다. 각 보드는 보드 간의 신호 교환을 위해 적절히 설계되어 있다. 보드 #1~#7은 Switch array를 나타낸 것으로 RF source로부터 공급된 신호를 순차적으로 550개의 lead와 연결하기 위해 총 550개의 고주파 릴레이를 사용하였고, 반사되어 온 신호를 Signal conversion 부분과 연결시키기 위해 7개의 결합기(coupler)를 사용하였다. 보드 #8에는 검사 sample의 유형이 바뀔을 예상하여 3가지 검사 주파수에 동작하도록 3개의 resonator를 사용하였다. 이를 위해 추가로 고주파 릴레이가 사용되었고, 이를 제어하기 위해 DeMUX를 사용하였다. 보드 #9에는 신호의 진폭과 위상 변화를 검출하기 위해 위상 검출기와 AC/DC 변환기(포락선 검출기)를 사용하였고, 이 두 부분을 제어하기 위해 고주파 릴레이와 DeMUX를 사용하였다. RF source에는 500MHz~1200MHz 범위의 안정된 사인파를 공급하기 위해 튜너블 VCO(voltage control oscillator; 전압조정기)를 사용하였고, 신호 진폭을 10V 정도로 증가시키기 위해 고주파 전력 증폭기 및 저잡음 증폭기를 사용하였다. 그러나 보드 #8에는 ISA backplane에 장착되어 있는 ISA 커넥터에 88개의 디지털 논리 신호를 보내기 위한 DeMUX가 6개 사용되었으나, 7개의 Switch Array 보드들이 동시에 ISA backplane에 꽂혀 있음으로 인해 각 핀에 연결된 고주파 릴레이들이 동시에 턴 온되기 때문에 DeMUX의 전류 싱크 문제가 발생한다. 이러한 DeMUX의 전류 싱크 문제를 해결하기 위해 22개의 라인 드라이버와 6개의 3×16 DeMUX 및 한 개의 3×8 라인 디코더로 구성된 보드 #10을 제작하였다. 그림 5는 보드 #10 회로도다.

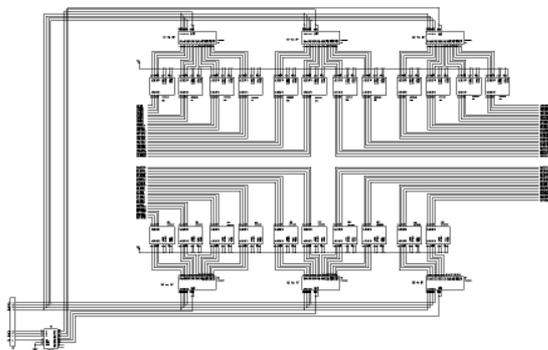


그림 5. 보드 #10 회로도

III. 시뮬레이션 및 실험 결과

3.1. 시뮬레이션 결과

설계한 시스템의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 다음 조건은 시뮬레이션을 위해 사용한 COF 사양을 나타낸 것이다. 단, COF lead 중앙 위치에 50% near open(길이=0.1mm)가 존재함을 가정하였고, COF lead 끝 부분에는 접지 probing하였다.

- COF 길이: 10mm, 20mm, 30mm
- Cu 두께: 8mm
- Cu 폭: 10mm
- PI 두께: 38mm
- SR 두께: 25mm
- 입력신호 진폭: 10volts

그림 6은 10mm의 COF 길이에 대해 고주파 공진기(Resonator) 출력단에서 near open 유무에 따른 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림에서도 알 수 있듯이 near open 결함 유무에 따른 전압 크기 응답의 차이가 있음을 알 수 있다. 최대 피크 전압의 크기(약 19volts)가 입력 전압(10volts)보다 큰 이유는 공진기를 사용했기 때문이다. 본 연구에서 사용한 가장 핵심적인 회로가 결함 유무의 미세 변화를 증폭시켜 좀 더 자세히 관찰하기 위해 공진기를 사용한 것이다.

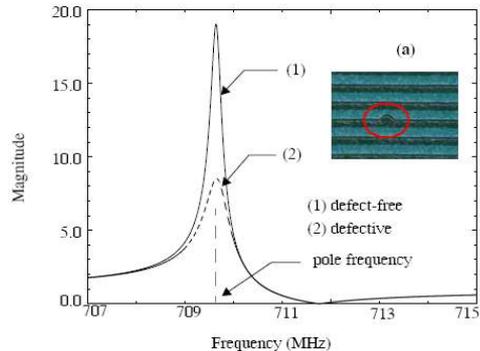


그림 6. 고주파 공진기 출력 응답

그림 7은 30mm의 COF lead 길이와 near open 유무에 대해 고주파 공진기의 차동 출력 전압 결과 나타낸 것이다.

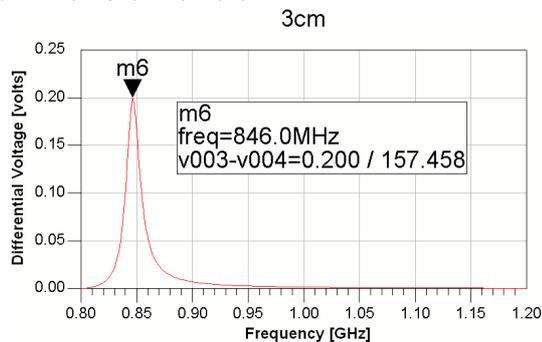


그림 7. 고주파 공진기 차동 출력 전압

그림 6과 7에서 알 수 있듯이 10mm에 비해 30mm의 COF lead 길이가 더 길기 때문에 near open 유무에 따른 차동전압의 변화가 더 작음을 알 수 있다.

그림 8은 20mm의 COF 길이에 대해 고주파 공진기 출력단에서 near open 유무에 따른 시간 영역 시플레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림 8에서 알 수 있듯이 결함 유무에 따른 차동전압의 변화가 있음을 알 수 있다.

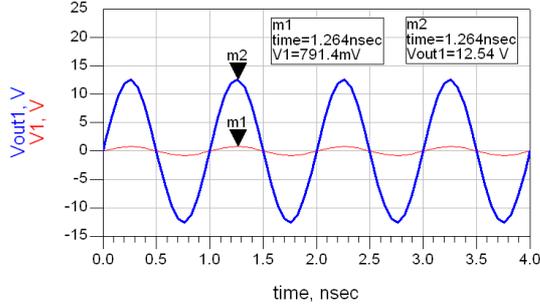


그림 8. 고주파 공진기 출력 시간 응답

3.2. 측정 결과

그림 9는 10mm의 COF 길이에 대해 고주파 공진기 출력단에서 near open 유무에 따른 차동 출력 전압 스펙트럼 측정 결과를 나타낸 것이다. 그림 8에서 알 수 있듯이 결함 유무에 따른 차동 전압의 변화가 있음을 알 수 있다.

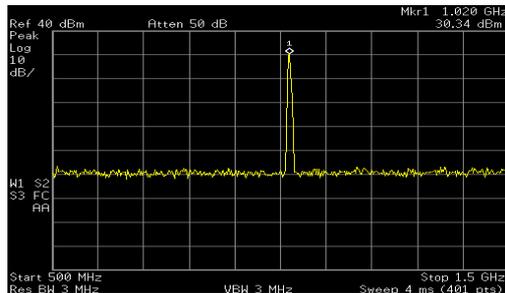


그림 9. 차동 출력 전압 스펙트럼

그림 10은 10~30mm의 범위를 가진 COF 각 lead 길이에 대해 near open 결함 유무에 따른 시스템 출력단에서 DC 전압을 측정한 것이다.

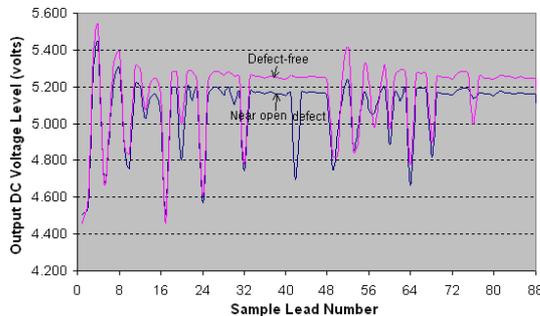


그림 10. Near open 결함을 가진 시료 1 측정 결과

개발된 시스템은 결함 유무에 대해 자동으로 차동 전압을 비교할 수 있도록 차동 DC 전압을 제공한다. 그림 10에서 알 수 있듯이 개발된 시스템은 near open 결함 유무에 대해 서로 다른 차동 DC 전압을 제공하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 초미세 패턴(24 μ m 이하의 선폭, 30 μ m 이하의 피치)을 가진 칩-온-필름 (Chip-on-Film, COF)에 발생한 결함을 자동으로 검출할 수 있는 시스템을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 결함 검출 원리는 미세 선의 결함유무에 따른 저항 변화를 자동으로 검출하고, 그 미세한 변화를 좀 더 자세하게 판별하기 위해 고주파 공진기(resonator)를 적용하고 있다. 개발된 시스템은 기존 검출 시스템이 가진 문제점을 보완하였다. COF 패턴으로부터 발생하는 mouse bite(near open) 및 near short(soft short)을 자동으로 신속히 검출할 수 있음을 실험을 통해 증명하였다. 제안된 시스템은 미세 패턴을 가진 COF 제작 과정에서 발생한 결함들을 신속히 검출할 수 있기 때문에 COF 불량 검사에 소요되는 많은 경비를 줄일 수 있으리라 기대한다.

참고문헌

- [1] J.-Y. Ryu and S.-H. Noh, "A New Automatic Fault Detection System for Fine Pitch Chip-on-Film Applications," *Conference of the Korean Institute of Maritime Information & Communication Science*, Vol. 13, No. 2, pp. 931-934, October 2009.
- [2] S.-M. Chang *et al.*, "Characteristic study of anisotropic-conductive film for chip-on-film packaging," *Microelectronics Reliability*, Vol. 41, No. 12, pp. 2001-2009, Dec. 2001.
- [3] C.I. Tsai *et al.*, "An accommodative approach designed in heat dispersion of fine-pitch Chip-On-Film packages for LCD applications," *IEEE Int. Conference on Electronic Materials and Packaging*, pp. 98-101, Oct. 2008.
- [4] Y.-T. Hsieh, "Reliability and failure mode of chip-on-film with non-conductive adhesive," *IEEE Proceedings of the 4th Int. Symposium on Electronic Materials and Packaging*, pp. 157-160, Dec. 2000.
- [5] B.C. Kim, A Fault Detection and Diagnosis Technique for Multi-Chip Module Interconnects, Georgia Institute Technology, Ph.D. thesis, 1996.