

# 조합조명 기반 CCFL 불량판별 자동화 시스템 구현†

(Implementation of Automatic Detection System for  
CCFL's Defects based on Combined Lighting)

문 창 배\*, 안 영 훈\*, 이 해 연\*, 김 병 만\*, 오 득 환\*  
(Chang Bae Moon, Young Hoon Ahn, Hae-Yeoun Lee,  
Byeong Man Kim and Duk-Whan Oh)

**요 약** LCD 모니터의 백라이트로 CCFL 형광체를 많이 사용하고 있으나 그 불량여부는 육안에 의존하고 있다. 육안 검사를 함으로써 제품에 대한 일관성 있는 검사가 결여되고, 노동집약적인 검사로 인해 산업적 재해가 발생할 수 있다. 따라서, CCFL 불량유무를 판별하기 위해서 물리적 촬영 환경과 영상처리 알고리즘은 중요하다. 본 논문에서는 CCFL 형광체를 검사하기 위한 촬영환경에 대하여 설명하고, 촬영환경 중 돔 근거리 조명과 점원거리 조명에서의 몇 가지 불량판별 알고리즘을 제시하였다. 불량을 포함한 CCFL 형광체를 사용하여 실험을 수행하였고, 그 결과 제안한 촬영환경과 알고리즘은 불량 판별율 98.32 %와 과검율 4.88 %의 성능을 나타내었다.

**핵심주제어** : CCFL 형광체, 물리적 촬영환경, 불량판별 알고리즘

**Abstract** A Cold Cathode Fluorescent Lamp(CCFL) is used as a LCD Monitor's backlight widely. The most common way to check CCFL's defects is an examination with the naked eye. This naked eye examination can cause an examination inconsistency and an industrial disaster. To examine CCFL defects, a shooting equipment and a defect detection algorithm are necessary. This paper shows the shooting environments for checking CCFL and presents some CCFL defect detection algorithms. As a result of experiments, our implementations showed 98.32% of successful defect detection of CCFL.

**Key Words** : CCFL Fluorescent Substance, Shooting Environment, Defects Detection Algorithm

## 1. 서 론

백라이트는 Monitor, TV, Notebook, TFT-LCD등의 광원으로 사용되고 백라이트의 종류는 EEFL, CCFL, LED의 3가지로 나뉜다. 이중 현재 가장 많이 사용되

고 생산되는 백라이트는 CCFL이다. 그 이유는 EEFL보다 제작 과정이 단순화 되어 있고, 가격적인 측면에서도 LED보다 저렴하기 때문이다. 또한 CCFL은 가전제품 이외 전광판과 같이 광원이 필요한 제품에서도 이용되어지고 있다.

완제품에 불량 부품을 사용하면 부품의 불량이 아닌 완제품의 불량으로 판정된다. 능숙한 검사자가 검사한 부품을 사용한다면 완제품의 불량이 감소하지만

† 이 논문은 금오공과대학교 교수연구년제 지원에 의해 연구되었음.

\* 금오공과대학교 컴퓨터공학부

모든 검사자는 능숙하지 않다. 또한 A라는 형태의 불량량을 잘 검출하는 검사자가 있는 반면 B라는 형태의 불량을 잘 검출하는 검사자가 있다. 이렇게 검사 능력의 차이가 발생하는 이유는 제품을 육안으로 검사하기 때문에 시각적 차이가 발생하며 이로 인하여 검사의 일관성이 결여된다. 또한 육안 검사는 눈에 대한 피로를 증가시키고, 노동집약적이기 때문에 산업적 피해도 불가피 하다. 완제품의 신뢰성을 높이고, 산업적 피해를 줄이기 위해서 CCFL 백라이트 불량판별 자동화 검사가 필요하다.

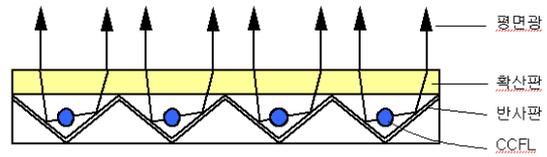
CCFL은 불을 이용하여 제작되기 때문에 제작 시 발생 가능한 불량항목은 총 41가지이다. 불량을 촬영하기 위해 적절한 조명조건은 필수이고, 본 논문에서는 물리적 환경으로 유리관 내부에 위치한 금속부분 불량을 촬영하기 위해 돔 조명, 코바르에 위치한 불량을 촬영하기 위한 근거리 조명, 유리관의 형태를 관측할 수 있는 원거리 조명, 유리관 시료의 끝단 불량을 촬영할 수 있는 점광원 조명 그리고 유리관 표면의 미세 부량들을 촬영할 수 있는 측면 조명등 5가지 조명들을 소개한다. 이러한 조명 방법들을 조합하여 촬영 조건을 축소시킨 돔 근거리, 점광원 원거리 조명 그리고 측면 조명등 3가지 조합조명들도 소개한다. 그리고 영상처리 관련 연구로서 CCFL에서 발생할 수 있는 불량들을 검출하기 위한 전처리 알고리즘, CCFL 불량 유무를 판별하기 위한 알고리즘에 대하여 설명하고, 불량 검출 알고리즘의 성능을 비교 분석 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 CCFL 백라이트 구조 및 불량항목, 3장에서는 CCFL 백라이트 불량 촬영을 위한 조명 연구, 4장에서는 CCFL 불량검출 알고리즘, 5장에서는 실험 및 성능을 평가하고 양품 시료를 분석한다. 마지막으로 6장에서는 본 논문을 결론짓도록 한다.

## 2. CCFL 백라이트 구조 및 불량 항목

CCFL은 LCD모니터 등과 같은 Display 장치의 광원으로 사용되고, <그림 1>과 같은 BLU에 내장 되어 있다. CCFL의 위치는 광원을 반사하기 위해 반사판 상단, 빛을 확산하기 위한 확산판 하단에 위치한다.

CCFL 백라이트 구조는 <그림 2a>에서 보는 것과 같이 음극에서 전자를 방전시켜 가시광선을 발생시키



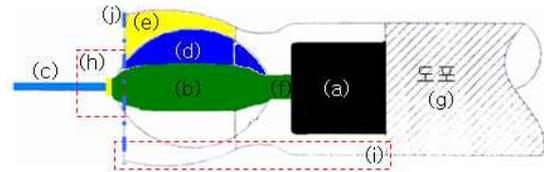
<그림 1> Back Light Unit 구조

는 광원으로 가시광선이 LCD 백라이트로 사용되어진다. CCFL에서 주로 불량이 발생하는 부분은 양끝 부분이고, <그림 2b>는 세부 명칭이다[1].



<그림 2> CCFL 구조

본 논문에서 물리적 실험으로 다루고 있는 불량 항목은 <표 1>과 같고, <그림 3>은 불량이 발생하는 위치를 표기 하였다.

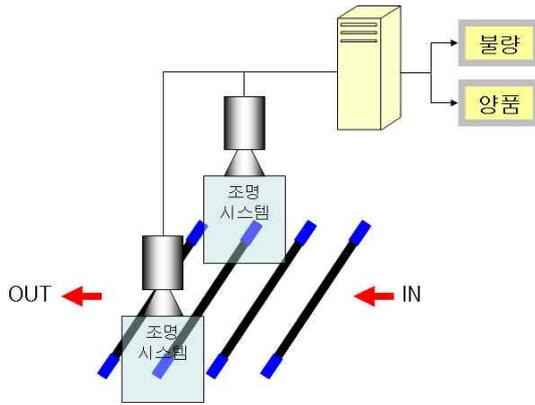


<그림 3> CCFL 불량 발생위치

<표 1> CCFL 불량항목 및 불량 발생위치

불량 위치	불량 명
a	전극점꺼은띠, 전극점푸른띠, 전극산화, 전극점찌힘
b	코바르벗겨짐, 산화(코바르), 흠집(코바르), 푸른색(코바르)
c	미납
d	기포A, 기포B, 크랙A_B, 크랙B_B, 비드깨짐B, 비드깨짐A
e	친밀성부족A, 친밀성부족B, 깨짐A, 깨짐B, 도포기포A, 도포기포B, 주름기포A, 실링기포B, 붉은점A, 이물A, 이물B, 크랙A_B, 크랙B_B, 붉은점B, 흠집, 용착면좁음B, 형광체 입자 잔존A, 형광체 입자 잔존B, 크랙(A)코바르A
f	목불음A, 목불음B
g	도포치수
h	머리형상A, 머리형상B, 봉지부버A
i	형태A, 형태B, 크랙(B)글라스관A
j	절단크랙A

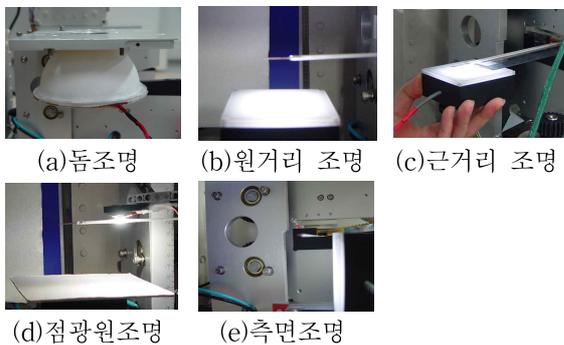
본 논문에서 사용하는 시스템은 [1, 2]에서 사용한 시스템과 유사하고, 구조도는 <그림 4>와 같다. 최초 시료가 입력되면 카메라를 통하여 영상을 입력받는다. 카메라는 조명시스템 상단에 위치한다.



<그림 4> 불량 판별 시스템 구조도

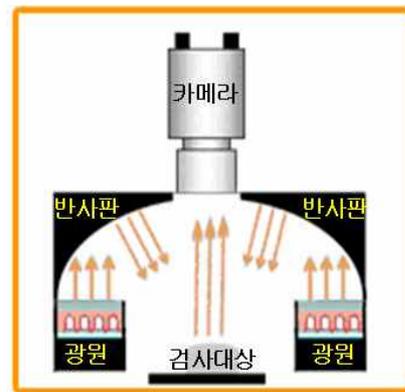
### 3. 불량촬영을 위한 조명 연구

본 논문에서 영상을 획득하기 위하여 실험한 촬영 방법은 약 71가지이고 71가지 중 영상처리에 가장 좋은 촬영조건은 5 가지로 축약할 수 있다. 유리 내부에 위치한 금속을 촬영하기에 적절한 돔 조명, 유리 끝단에 발생되어지는 불량을 촬영하기에 적절한 점광원 조명, 형태등과 같은 불량을 촬영하기에 적절한 원거리 조명, 유리에 발생되어지는 불량을 촬영하기에 적절한 근거리 조명, 미세 불량을 촬영하기에 적절한 측면 조명등으로 <그림 5>와 같다.



<그림 5> CCFL불량을 촬영하기 위한 5가지 조명조건

• 돔 조명은 금속과 관련있는 불량을 촬영할 수 있고, <그림 5a>와 같다. 돔 조명은 빛을 산란켜 유리의 내부를 촬영하기에 좋은 조명이다. 돔 조명을 이용하여 불량을 검출하기 위한 물리적 환경의 구성은 카메라와 시료(CCFL백라이트) 사이에 돔 조명이 위치한다. 돔 조명의 내부구조는 <그림 6>과 같이 조명 내부에 광원이 존재하고, 광원은 상단을 향한 구조이다. 하단에서 LED가 광원을 만들면 상단 돔형태의 반사판이 광원을 산란시켜 시료를 촬영할 수 있도록 한다[3].



<그림 6> 돔조명의 내부구조 및 원리

• 원거리 촬영조건<그림 5b>는 시료의 하단에 사각모양의 판 조명이 위치하고, 원거리 조명은 유리 부분을 어둡게 만들기 때문에 유리의 외형과 관련있는 불량을 촬영하기에 좋은 조명이다. 원거리 조명의 내부 구조는 <그림 7>과 같이 검사대상의 하단에 광원이 존재하고, 광원 상단에 확산판이 존재한다. LED에서 광원을 만들면 광원은 확산판을 통하여 검사대상을 촬영할 수 있도록 역광의 효과를 이용한 방법이다.



<그림 7> 원거리 조명의 내부구조 및 원리

- 근거리 촬영조건<그림 5c>는 사각 모양의 판조명이 시료와 근접한 것이다. CCFL 불량 중 유리에 흠집이나 깨진 것을 촬영하기에 좋은 조명이다. 근거리 조명 내부구조도 원거리 조명과 마찬가지로 <그림 7>과 같은 내부구조이고, 단지 조명과 시료의 거리만 차이가 있다. 근거리조명의 원리는 <그림 8>과 같이 유리에 직접적으로 빛을 투과시키기 때문에 유리 내부에 흠집이 있는 경우 그 곳에 빛이 모이는 방법을 이용한 방식이다.



<그림 8> 근거리 조명의 내부구조 및 원리

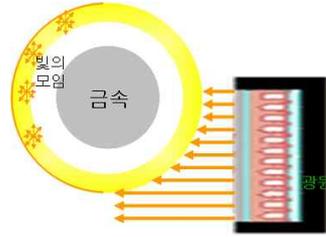
- 점광원 조명은 <그림 5d>와 같고, 유리에 빛을 비추면 유리관을 통과하여 유리의 끝부분에 빛이 모이는 특징을 이용한 방법으로 시료의 끝단에 발생하는 머리형상이나 버 불량을 검출하기에 적절한 조명이다. 점광원 조명의 내부구조는 근거리 조명, 원거리 조명, 돔 조명, 측면 조명과는 달리 <그림 9>와 같이 광원은 1개만 존재하고, 1개의 광원을 통하여 유리에 직접 비추어 유리표면을 통한 빛이 유리 표면에서 확산되어 유리관의 끝단에 빛이 모이 특징을 이용하는 것이다.



<그림 9> 점광원조명의 내부구조 및 원리

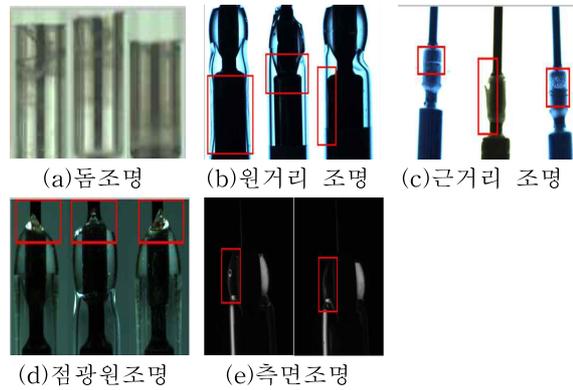
- 측면 조명은 미세 불량을 촬영할 수 있고, 측면 조명의 촬영 조건은 <그림 5e>와 같다. 측면조명은 <그림 10>과 같이 판조명을 측면에 위치하여 촬영하는 형태로 광원 반대편에 빛이 모이는 특징을 이용하였다. 광원이 위치한 면에는 근거리 조명과 유사하게 유리에 흠이 있는 경우 빛이 모이는 특징이 있고, 광원 반대쪽의 경우 유리에 흠집이 있으면 반대편과는

달리 빛이 사라지는 특징이 발생한다.



<그림 10> 측면조명의 내부구조 및 원리

각 조명조건을 이용하여 촬영한 영상은 <그림 11>과 같다. <그림 11a>는 돔 조명에서 획득한 이미지이고, <그림 11b>는 원거리 조명에서 획득한 이미지, <그림 11c>는 근거리 조명에서 획득한 이미지, <그림 11d>는 점광원 조명에서 획득한 이미지이며 마지막으로 <그림 11e>는 측면 조명에서 획득한 이미지이다.



<그림 11> 5가지 조명조건으로 촬영한 이미지

5가지 조명조건에 의하여 모든 불량을 촬영할 수 있지만 5가지 조명조건을 사용하면 개발비용은 증가한다. 개발비용을 줄이기 위하여 5가지 조명을 조합한 실험을 하였다.

조합조명은 두 개의 조명을 하나의 케이스로 사용하기 때문에 빛의 간섭이 발생하고, 조명의 성능이 저하되어 상단의 5가지 조명조건에서 촬영 가능한 불량이 조합조명에서는 촬영이 불가능 할 수 있다. <표 2>는 조합조명의 성능을 표기한 것이고, 돔형, 근거리, 원거리, 점광원, 측면의 의미는 각 조명에서 촬영이 가능한 불량들의 집합을 의미한다. 근거리 조명과 돔형 조명, 원거리 조명과 돔형 조명, 점광원 조명과 근거리

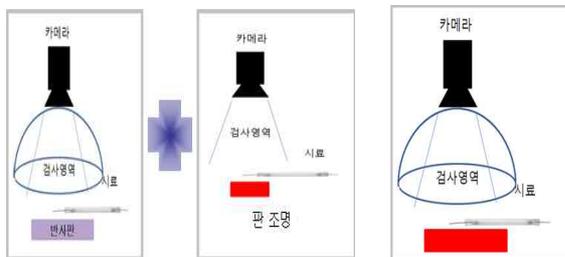
조명, 점광원 조명과 원거리 조명의 경우는 조합조명으로 두 가지의 집합을 100 % 촬영 가능하고, 측면과 돔형의 경우 돔형시료는 100% 촬영 가능하지만 측면 시료는 50% 이하를 촬영할 수 있는 조명이다. 또한 돔형, 점광원의 경우와 근거리, 원거리의 경우 하드웨어적 조합이 불가능하다. 결론적으로 <표 2>로부터 아래의 두가지 조합조명을 이끌어낼 수 있는데, 본 논문에서는 이중 첫 번째 조합조명 즉 돔형과 근거리 조명을 조합한 돔 근거리 조명, 점광원과 원거리를 조합한 점 원거리 조명, 그리고 측면 조명을 사용하여 불량판별 성능을 실험하였다.

- ▶ 돔근거리, 점원거리, 측면 선택
- ▶ 돔원거리, 점근거리, 측면 선택

<표 2> 조합조명 실험 결과

	근거리	원거리	점광	측면
돔형	100%	100%	H/W 불가능	50%이하 100%
근거리	중 복	H/W 불가능	100%	불가능 50%이하
원거리	중 복	중 복	100%	불가능 50%이하
점광	중 복	중 복	중 복	50%이하 100%

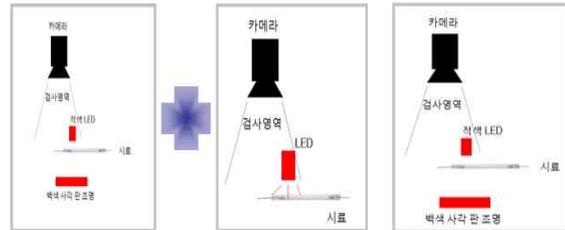
돔 근거리 조명은 <그림 12a>와 같이 돔형조명과 근거리 조명을 합하여 <그림 12b>와 같이 만들어진 것이다. 이 조명은 <표 2>와 같이 돔형 조명에서 촬영 가능한 불량과 근거리 조명에서 촬영 가능한 불량을 100 % 촬영할 수 있다.



(a) 돔형조명 촬영조건 + 근거리 조명 촬영조건

<그림 12> 돔 근거리 조합조명

점 원거리 조명은 <그림 13a>와 같이 점광원 조명과 원거리 조명을 합하여 <그림 13b>와 같이 만들어진 것이다. 이 조명은 <표 2>와 같이 점광원 조명에서 촬영 가능한 불량과 원거리 조명에서 촬영 가능한 불량을 100 % 촬영할 수 있다.



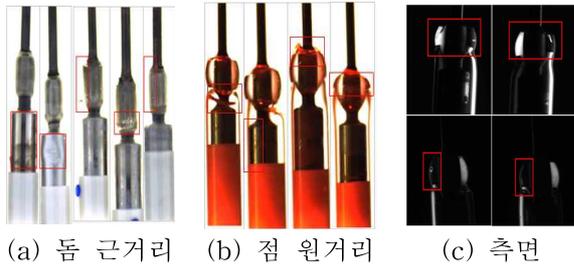
(a) 원거리 조명 촬영조건 + 점광원 조명 촬영조건

<그림 13> 점 원거리 조명 촬영조건

마지막으로 측면조명조건은 어떠한 조명조건과도 조합이 불가능하므로 단독으로 사용한다. 돔 근거리 조명에서 촬영이 가능한 불량과 점 원거리 조명에서 촬영 가능한 불량, 그리고 측면에서 촬영 가능한 불량을 정리하면 <표 3>과 같다. <그림 14>는 각 조합조명조건에서 촬영한 이미지 이고, 붉은색 박스는 불량 위치를 표기한 것이다.

<표 3> 각 조합조명에서 촬영 가능한 불량

돔 근거리			점 원거리	측면	
이물B	크랙A_B	형광체 입자잔존B	봉지부버A	기포A	주름기포A
깨짐A	도포기포A	크랙(A)코바르A	형태A	기포B	도포기포B
기포A	주름기포A	형광체 입자잔존A	머리형상A	이물B	실링기포B
전극산화	붉은점A	전극접점은머	목불음A	붉은점A	붉은점B
붉은점B	도포기포B	전극접부머	형태B	이물A	도포기포A
푸른색	전극접착힘	전밀성부족B	머리형상B	깨짐B	형광체 입자잔존B
산화	비드깨짐A	실링기포B	융착면좁음B	깨짐A	형광체 입자잔존A
깨짐B	비드깨짐B	이물A	목불음B	크랙A_B	크랙(A)코바르A
기포B				비드깨짐A	전밀성부족B
				비드깨짐B	

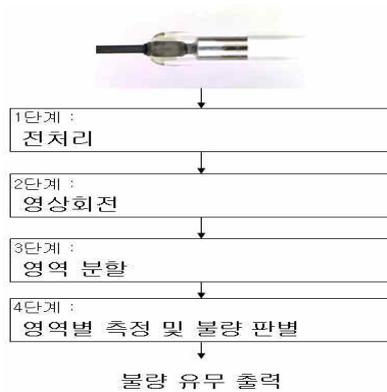


<그림 14> 각 조합조명에서 촬영한 이미지

#### 4. CCFL 불량검출 알고리즘

CCFL 백라이트의 불량 종류가 다양하고 이에 따른 검출방법도 다양하다. 따라서 본 논문에서는 이중 돔 근거리와 점원거리 조명에서 촬영 가능한 불량에 대해서만 살펴본다. CCFL 백라이트 불량을 검사하기 위한 방법은 <그림 15>에서 보는 것과 같이 4단계로 구성되며 각 단계별 과정은 다음과 같다.

- ▶ 1단계 전처리 과정 : CCFL영상 이진화
- ▶ 2단계 정규화 : 영상 회전판별 및 영상 회전
- ▶ 3단계 영역분할 : 조각 영상으로 분할
- ▶ 4단계 영역별 측정 및 불량판별 : 불량 측정, 불량 유무를 출력

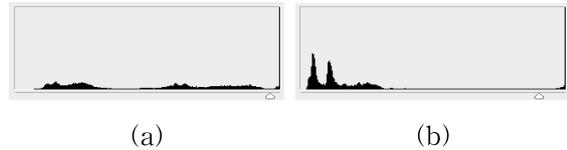


<그림 15> 불량검출을 위한 알고리즘 흐름도

##### 4.1 1단계 전처리

3가지 조합조명은 모두 일정한 빛의 밝기를 가지고, 배경은 백색을 유지한다. 돔 근거리 조명과 점원거리 조명은 색상을 이용하여 불량 유무를 판별하기 때문

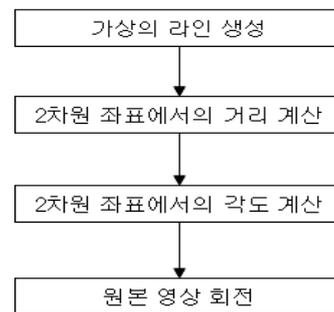
에 칼라카메라를 사용하였고, 배경과 객체를 분할하기 위해 히스토그램을 분석하면 돔 근거리 영상의 바탕 영역 밝기값은 항상 1.0을 유지하고, 도포부분의 밝기값은 바탕화면과 유사한 밝기값을 가진다. 돔 근거리 영상의 경우 0.85~0.98사이의 임계값을 이용하면 분리할 수 있다 <그림 16a>. 점원거리 영상은 배경과 객체 사이의 밝기차가 크고, 히스토그램 분포는 <그림 16b>와 같다. 점원거리 영상은 0.5~0.98사이의 임계값을 이용하면 영상의 배경과 객체를 분리할 수 있다.



<그림 16> 각 조명조건의 Gray영상의 히스토그램 분포((a) 돔 근거리 영상의 히스토그램 분포 (b) 점원거리 영상의 히스토그램 분포)

##### 4.2 2단계 정규화

촬영 시 시료의 방향은 항상 일정하기 때문에 획득되는 영상 또한 일정 방향으로 정렬되지만 시료의 수평은 보장을 하기 힘들다. 그 원인은 검사장비에 의하여 발생 할 수 있는데 검사 영역까지 운반을 하는 벨트가 존재하고 검사를 목적으로 회전하는 벨트가 존재 한다. 검사 영역까지 시료가 운반되면 검사를 목적으로 하는 벨트로 시료를 회전시키기 위하여 시료를 상단으로 올리는 과정에서 각도가 틀어질 수 있다. 검사 영역을 정확하게 분할하기 위하여 시료를 평형하게 유지하는 것이 중요하다. 정규화 과정은 [1]의 정규화 알고리즘을 사용하고, 정규화 알고리즘[1]의 순서도는 <그림 17>과 같다.

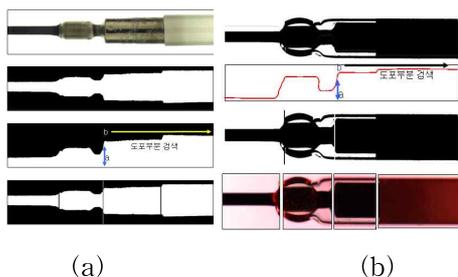


<그림 17> 정규화

최초 시료의 기울기를 측정하기 위해 시료의 상단에 가상의 라인을 생성한다. 가상의 라인과 영상의 수평인 x축의 라인에서 3개의 좌표를 획득한다. 첫 번째 좌표는 가상의 라인과 x축의 라인이 교차되는 교차점의 좌표이고, 두 번째 좌표는 x축의 우측 좌표, 마지막 좌표는 가상의 라인의 우측 좌표를 선택하였다. 3개의 좌표를 이용하여 2개의 거리를 계산한다. 첫 번째 거리는 교차점의 좌표와 가상라인 우측 좌표와의 거리이고, 두 번째 거리는 교차점의 좌표와 x축라인의 좌표간의 거리이다. 두 개의 거리를 이용하여 교차점의 각도를 계산하여 영상을 회전 시킨다.

### 4.3 3단계 영역구분

본 논문에서 사용한 영역구분 알고리즘은 [1]의 알고리즘을 이용하였는데 이를 도식화하면 <그림 18>과 같다. <그림 18a>는 돔 근거리 영상에서의 영역구분 알고리즘이고, <그림 18b>는 점 원거리 영상에서의 영역구분 알고리즘 이다. 영역구분알고리즘은 불의 영향이 가장 적은 부분을 기준(높이 a)으로 누적 히스토그램으로부터 획득한다. 획득된 기준위치를 이용하여 코바르 목을 검색하고, 도포와 전극컵의 경계를 분리하는 방식이다.



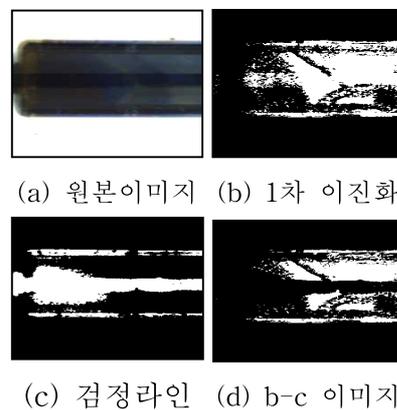
(a) (b)  
<그림 18> 영역구분 알고리즘 ((a) 돔 근거리, (b)점 원거리)

### 4.4 4단계 불량판별 알고리즘

불량은 금속, 유리, 도포 3구역에서 발생하고, 이중 가장 많은 비중을 차지하는 불량은 유리 관련 불량이다. 본 논문에서는 41가지 불량 중 몇 가지 중요 불량만 설명한다.

#### 4.4.1 전극컵푸른띠 (촬영환경 : 돔 근거리 조명)

전극컵푸른띠는 CCFL 제작 과정에서 불의 영향이 전극에 미쳐서 발생하는 불량으로 전극에 청색이 발생하는 특징을 가지고 있다. 전극컵푸른띠의 불량검출하기 위한 알고리즘은 RGB영상에서 HSI영상으로 변환 후 H 모델을 이용하여 청색 영역만을 추출한 이진화 영상과 히스토그램 평활화와 이진화 과정을 거쳐 검정색 라인<sup>1)</sup>만을 추출한 이진화 영상과의 차를 이용하여 불량을 판별 한다. <그림 19a>는 전극컵의 이미지 이고, <그림 19b>는 푸른 색상을 획득한 이미지, <그림 19c>는 전극컵에서 검정색 라인을 획득한 영상, <그림 19d>는 불량을 판별하기 위한 최종 영상이다.

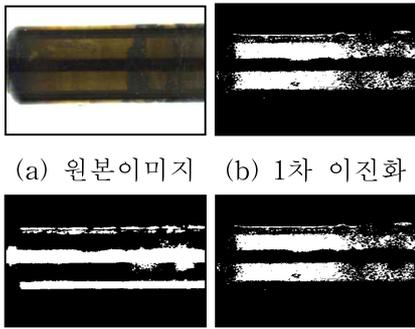


(a) 원본이미지 (b) 1차 이진화  
(c) 검정라인 (d) b-c 이미지  
<그림 19> 전극컵 푸른띠 알고리즘 단계별 결과 이미지

#### 4.4.2 전극산화 (촬영환경: 돔 근거리 조명)

전극산화는 전극컵 푸른띠와 마찬가지로 역시 CCFL 제작 과정에서 불의 영향이 전극부에 미쳐서 발생하는 불량으로 전극컵푸른띠와는 달리 전극색상이 노란색에 가깝다. 또한 산화를 검출하기 위해 사용한 색상모델은 HSI이다. 알고리즘 진행과정 역시 전극컵푸른띠 불량검출 알고리즘과 동일하다. <그림 20a>는 전극컵의 이미지 이고, <그림 20b>는 붉은색상을 획득한 이미지, <그림 20c>는 전극컵에서 검정색 라인을 획득한 영상, <그림 20d>는 불량을 판별하기 위한 최종 영상이다.

1) 카메라의 렌즈 부분이 전극컵에 반사되어 발생되어지는 검정색 띠



(a) 원본이미지 (b) 1차 이진화

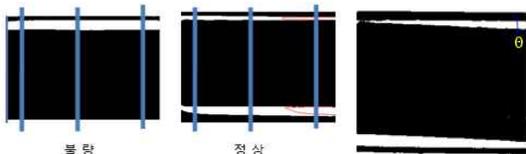


(c) 검정라인 (d) b-c 이미지

<그림 20> 전극접 산화 알고리즘 단계별 결과 이미지

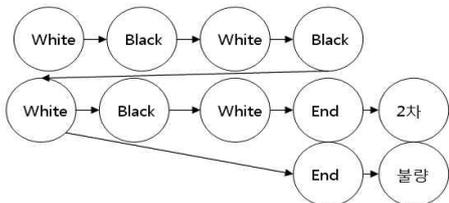
#### 4.4.3 형태A (촬영환경: 점 원거리 조명)

형태A 불량률의 경우는 크게 2가지 유형으로 불량유무를 파악한다. 첫 번째는 전극과 유리외벽이 닿으면 전극의 각도가 발생한다. 전극부분을 획득하고, <그림 21a>와 같이 전극부분의 3곳을 확인하여 전극이 유리외벽과 붙었는지 여부를 확인한다. 불량을 판별하기 위하여 패턴을 정의 하였고, <그림 22>와 같이 이진영상에서 백색(1)과 검정색(0)을 이용하여 불량 유무를 판별한다. 즉 1-0-1-0의 패턴인 경우 불량, 1-0-1-0-1-0-1의 패턴인 경우 두 번째 검사가 실행된다. 두 번째 검사는 전극의 각도를 계산하는데 <그림 21b>와 같이 전극의 시작부(위치 X)와 전극의 끝단(위치 Y)을 이용하여 각도를 계산하고, 각도를 이용하여 불량을 판별한다.



(a) 전극부 패턴검사 (b) 각도 검사

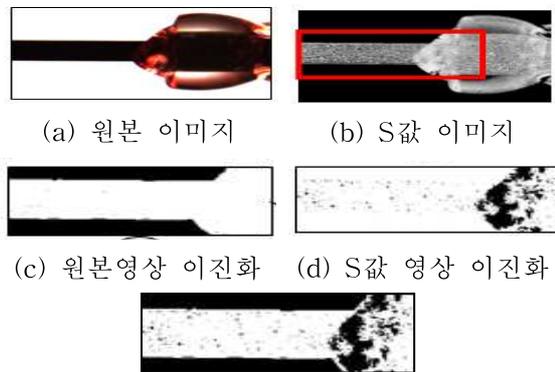
<그림 21> 형태 불량 판별 방법



<그림 22> White-Black 패턴정의

#### 4.4.4 머리형상A (촬영환경: 점 원거리 조명)

머리형상A 불량률의 경우 점 원거리 조명을 이용하여 불량을 판별한다. 점광 조명은 붉은색 조명을 사용하기 때문에 시료의 끝부분이 붉게 빛난다. HSI에서 S값의 색상 농도를 이용하여 붉은 영역 이진화 시킨 영상과 기본 이진화 시킨 영상을 AND 연산시켜 불량을 판별하기 위한 영상을 획득한다. <그림 23a>는 머리형상의 원본영상이고, <그림 23b>는 HSI 영상, <그림 23c>는 일반 이진화 영상, <그림 23d>는 S값의 색상 농도를 이용하여 이진화시킨 영상, <그림 23e>는 불량 판별을 위한 최종적인 이진화 영상이다.



(a) 원본 이미지 (b) S값 이미지



(c) 원본영상 이진화 (d) S값 영상 이진화



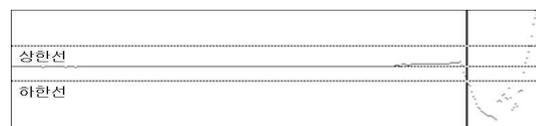
(e) c-d 이미지

<그림 23> 머리형상A 알고리즘 단계별 결과 이미지

불량을 판별하기 위해 <그림 24>와 같이 영상의 누적 히스토그램을 구하고, 상한선과 하한선을 지정한다. 만약 누적히스토그램이 상한선에서 하한선으로 감소하는 경우 정상으로 분리하고, 바로 하한선으로 감소하는 경우 불량으로 판별한다. <그림 24a>는 정상 패턴이고, <그림 24b>는 불량 패턴이다.



(a) 정상 누적히스토그램 패턴

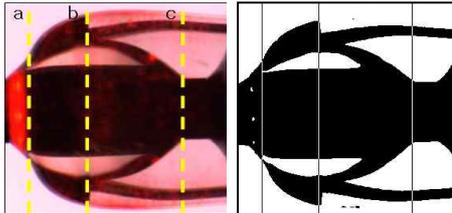


(b) 불량 누적히스토그램 패턴

<그림 24> 머리형상 누적 히스토그램

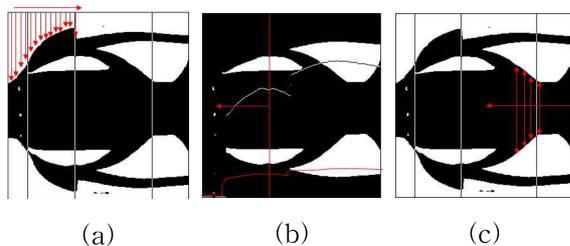
#### 4.4.5 용착면좁음 (촬영환경: 점 원거리 조명)

용착면 좁은 총 3경계를 검색한다. 첫 번째 경계는 <그림 25>의 좌측 a 지점이고, 두 번째 경계는 b, 마지막 경계는 c이다. 최종적으로 획득한 각 경계는 <그림 25>의 우측과 같다.



<그림 25> 용착면 좁음 불량관별을 위한 가상라인

경계점을 검색하는 방법은 최초 <그림 26a>와 같이 좌측부터 우측으로 배경픽셀의 증감량을 계산한다. 즉 픽셀의 수치가 급격히 감소하는 경우 <그림 25>의 좌측 이미지 b경계로 설정한다. <그림 25>의 좌측 이미지 a경계 검색은 배경을 제외한 누적히스토그램을 획득하고, <그림 25>의 좌측 이미지 경계 b로부터 <그림 26b>와 같이 좌측으로 누적 히스토그램 값이 0인 지점을 획득하여 <그림 25>의 좌측 이미지 경계 a를 획득한다. 마지막으로 <그림 25>의 좌측 이미지 경계 c는 <그림 26c>와 같이 객체의 우측 중심부터 상하로 픽셀의 값이 0인 지점의 사이지를 계산하여 픽셀의 사이지값이 일정이상인 경우 그 지점을 <그림 25>의 좌측 이미지 경계 c로 설정한다. 3개의 경계의 비율을 이용하여 최종적으로 불량유무를 판별한다.



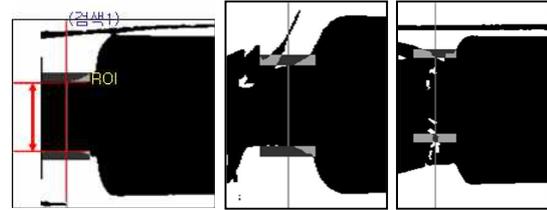
<그림 26> 3경계 검색 알고리즘

((a) 중간 경계라인 검색, (b) 좌측 경계라인 검색, (c) 우측 경계라인 검색)

#### 4.4.6 목붙음A (촬영환경: 점 원거리 조명)

원본영상에서 이진화 후 누적치를 획득하고, <그림 27a>의 (검색1)과 같이 누적치가 가장 작은 위치를

검색하여 목 위치를 획득한다. 목 위치를 획득 후 획득한 좌표를 중심으로 <그림 27a>의 (ROI)<sup>2)</sup>와 같이 관심영역을 설정한다. <그림 28>과 같이 ROI의 왼쪽 절반은 1번 영역 오른쪽은 2번 영역으로 정의 하였고, 위쪽영역은 top, 아래쪽영역은 bottom으로 정의하였다.



(a) 검색위치 (b) 정상 (c) 불량

<그림 27> 목붙음 불량 판별 이미지

$$\text{top} = \text{top1} + \text{top2}$$

$$\text{bottom} = \text{bottom1} + \text{bottom2}$$

<그림 28> ROI 구성

획득한 4구역을 이용하여 불량유무를 판별한다. CCFL 제작시 유리를 녹여서 제작하기 때문에 <그림 27b>와 <그림 27c> 같이 유리의 모양이 일그러진 형상도 발생한다. 유리의 모양을 고려하여 목 붙음 불량 판별 기준은 ROI영역을 기준으로 top, bottom 모두 140 이상일 경우(top>140 and bottom > 140) 다음과 같이 불량을 정의하였다.

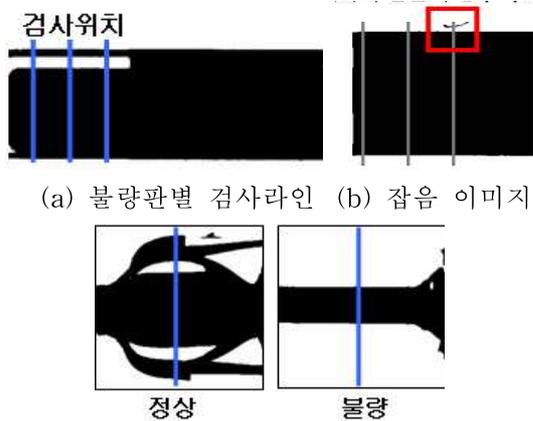
- ▶ 4영역 모두 30이상 (불량)  
((top1>30 and top2> 30) and (bottom1>30 and bottom2>30))
- ▶ top 또는 bottom 190 이상 (불량)  
(top>190 or bottom > 190)

#### 4.4.7 도포치수 (촬영환경: 점 원거리 조명)

도포치수 불량은 도포의 길이가 목부분이 보이지 않게 덮거나 전극을 전혀 덮지 않을 경우 도포치수 불량으로 판단한다. 도포치수 불량판별 알고리즘은 세 가지로 판별하는데 첫번째는 전극영역을 검사하는 것

2) ROI(Region Of Interest)의 사이즈는 40\*10으로 설정

이고, 두번째는 코바르 영역을 검사하는 것이다. 첫 번째 전극검 검사방법은 <그림 29a>와 같이 전극검 이진 영상에서 백색(1)에서 검정색(0)으로 변하는 패턴을 이용한다. 만약 패턴이 1-0-1로 끝나는 경우 불량으로 판별하였고, 1-0-1-0으로 반복 발생하면 양품으로 판별하였다. 이때 유리 외벽의 두께는 10픽셀 이상이기 때문에 5픽셀 이하의 검정색(0)영역은 잡음으로 무시 한다<그림 29b>. 두 번째 코바르 검사방법은 <그림 30>과 같이 도포가 코바르 영역까지 덮힌 경우 전처리 부분에서 영역 분할이 잘 못되어지는 경우가 발생하는데 이를 방지하기 위하여 <그림 29c>와 같이 코바르 이진 영상의 임의 위치에서 검정색 영역의 사이즈를 계산하여 일정 사이즈 이상인 경우 정상 이하인 경우 불량으로 판별 한다.



(a) 불량판별 검사라인 (b) 잡음 이미지  
(c) 2차 불량 검사  
<그림 29> 도포치수 불량판별 알고리즘



<그림 30> 도포치수에 의한 전처리 실패 이미지

#### 4.4.8 붉은점 (촬영환경: 돔 근거리 조명)

붉은점 불량률의 경우 산화불량이나 전극검 푸른띠

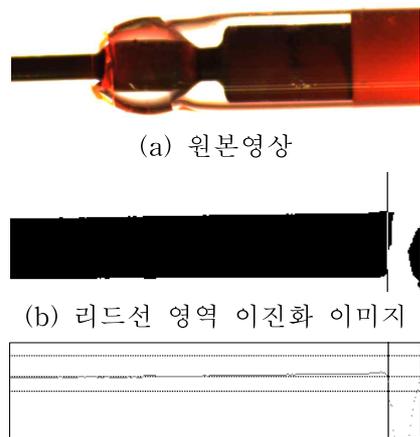
불량과 비슷하게 처리하게 된다. 획득된 RGB영상에서 HSI컬러 모델로 변환 후 붉은점 붉은색 영역을 H값을 이용하여 획득한다. 획득한 부분의 넓이를 확인하여 붉은점 불량률 판별한다. <그림 31a>는 붉은점 불량이고, <그림 31b>는 붉은점 불량률 검출하기 위하여 이진화 시킨 영상이다.



(a) 원본 이미지 (b) 이진 이미지  
<그림 31> 붉은점 결과영상

#### 4.4.9 봉지부 버(촬영환경: 점 원거리 조명)

봉지부버 불량률도 머리형상과 같은 알고리즘을 사용하였다. RGB모델을 HSI모델로 변환하고, 붉은색 영역의 색상농도(S 값)를 이용하여 이진영상을 획득한다. 기본 이진 영상과 S값 이진 영상을 AND 연산 후 누적 히스토그램을 구한다. 누적히스토그램을 이용하여 불량 유무를 판별한다. <그림 32a>는 입력 원본영상이고, <그림 32b>는 리드선 위치의 이진화 영상 <그림 32c>는 봉지부 버의 누적 히스토그램 영상이다.



(a) 원본영상  
(b) 리드선 영역 이진화 이미지  
(c) 누적 히스토그램  
<그림 32> 봉지부버 단계별 처리 이미지

<표 4> 알고리즘 순서도

불량명	각 불량 알고리즘 순서
움착면 좁음	코바르 영역 추출 -> 움착면 끝부분 찾기 - 비드글라스 끝부분 찾기 -> 비드글라스 시작부분 찾기 -> 움착비율 계산및판정 -> 불량판별
목불음	목 영역 추출 -> 코바르 목부분 두께가 작은부분 검색 -> 목 외각 설정 -> 누적치 계산 -> 예외처리 -> 불량판별
붉은점	코바르 영역추출 -> 색상모델 변환(RGB to HSI) -> 붉은점 영역 구하기 -> 결과 영상 픽셀 수 계산 -> 불량판별
형태	전극컵 입의영역 선택 -> WBW검사 (1차 불량판별) -> 각도 계산 -> 불량판별
전극산화 & 푸른띠	전극컵 영역 추출 -> RGB to HSI -> 색상영역 추출 -> 히스토그램 평활화 -> 이진화 -> 차연산 -> 픽셀수 계산 -> 불량판별
머리형상	리드선, 코바르 영역 획득 -> HSI모델에서 S값추출 -> 이진화 후 형태 (외각선) 영역추출 -> 이진화 후 붉은색 영역추출 -> 이미지 병합 -> 히스토그램 누적값 계산 -> 상한, 하한 계산 -> 상한이 존재할경우 -> 양품 -> 하한만 존재할 경우 -> 불량
도포 치수	#1 전극 영역 추출 -> 3영역 설정 #2 코바르 영역추출 -> 누적히스토그램 계산 -> WB 패턴 검사 -> 불량 판별 -> 픽셀수 계산

봉지부 머	리드선, 코바르 영역 획득 -> HSI모델에서 S값추출 -> 이진화 후 형태 (외각선) 영역추출 -> 이진화 후 붉은색 영역추출
	이미지 병합 -> 히스토그램 누적값 계산 -> 상한, 하한 계산 -> 상한이 존재할경우 -> 양품 -> 하한만 존재할 경우 -> 불량
크랙(A) 코바르	코바르 영역 획득 -> 이진화 -> 레이블링 -> 레이블 사이즈 추정 (크기, 폭, 높이) -> 불량 판별

## 5. 실험 및 성능평가

본 논문에서는 Pixelink 카메라와 55mm 렌즈, 펜티엄 2GHz, 램 2GBytes 환경에서 촬영한 영상에 대해서 불량검출 알고리즘 성능을 분석하였다. 성능을 분석하기 위하여 241개의 시료를 이용하여 개별적 불량 이미지를 획득하였다. <표 5>에서 보는 것과 같이 241개의 시료 중 236개의 시료를 불량으로 검출하여 98.32 %의 판별율과 유출율 1.88 %의 성능을 보였다.

<표 5> 돔 근거리, 점 원거리 불량판별 율 분석

물리 환경	불량명	시료 개수	불량 판별수	판별율
돔근 거리	전극컵푸른띠	20	20	100.00
	전극산화	24	24	100.00
	붉은점A	18	17	94.44
	<b>총계</b>	<b>62</b>	<b>61</b>	<b>98.15</b>
점원 거리	도포길이	4	4	100.00
	움착면좁음B	9	9	100.00
	봉지부머A	2	2	100.00
	목불음B	9	9	100.00
	목불음A	36	36	100.00
	형태A	36	35	97.22
	형태B	29	28	96.55
	머리형상B	28	27	96.43
	머리형상A	26	25	96.15
<b>총계</b>	<b>179</b>	<b>175</b>	<b>98.48</b>	
<b>총 불량판별 율</b>		<b>241</b>	<b>236</b>	<b>98.32</b>

<표 3>에서 제시한 불량 목록 중 측면에서 검출 가능한 불량항목은 측면에서 불량을 검출하기 때문에 본 논문에서는 측면과 돔 근거리에서 동시에 촬영 가능한 불량은 본 논문에서는 실험에서 제외시켰다.

과검율을 판단하기 위해 정상시료가 아닌 불량시료를 통하여 과검율을 분석하였다. 즉 전극산화의 과검율을 판단하기 위해 형태, 머리형상, 붉은점 같이 전극캡과 관련없는 시료를 통하여 과검율을 확인할 수 있다. 과검율을 분석하기 위해 불량이외의 시료 1,799개를 사용하였고, 1,799개의 시료중 95개의 과검이 발생하여 4.88 %의 과검율을 보였다<표 6>.

<표 6> 돔 근거리, 점 원거리 과검 율 분석

물리 환경	불량명	불량외 개수	과검 판별수	과검 율
돔근 거리	전극캡푸른띠	123	2	1.63
	전극산화	119	2	1.68
	붉은점A	125	11	8.8
	총계	367	15	4.04
점원 거리	도포길이	175	0	0
	용착면좁음B	170	2	1.18
	봉지부버A	177	29	16.38
	목불음B	170	0	0
	목불음A	143	7	4.9
	형태A	143	32	22.38
	형태B	150	4	2.67
	머리형상B	151	0	0
	머리형상A	153	6	3.92
	총계	1,432	80	5.71
총과검율		1,799	95	4.88

과검율이 발생하는 원인을 분석하기위해 양품시료를 분석하였다. 분석결과 양품시료에서도 불량시료와 유사한 특징이 발생하였다. <그림 33>은 양품 시료와 불량 시료의 모호한 예이다. <그림 33a>는 양품시료이고, <그림 33b>는 기포불량시료이다. 양품시료에서도 기포 불량과 유사한 특징이 발생하는 이유는 환경과 기후변화, 온도변화에 민감한 불을 이용하여 제조하기 때문이다.



(a) 양품시료 (b) 기포불량 시료

<그림 33> 양품시료와 불량시료 비교

주름기포 불량과 유사한 특징도 역시 양품 시료에서 발견되어진다. <그림 34a>는 양품시료이고, <그림 34b>는 주름기포 불량이다.



(a) 양품시료 (b) 주름기포불량시료

<그림 34> 양품시료에서 발견되는 기포 불량

## 6. 결 론

완제품에 불량 부품을 사용하면 부품의 불량이 아닌 완제품의 불량으로 판정된다. 또한 육안검사의 경우 눈에 대한 피로를 증가시키고, 노동집약적이기 때문에 산업적 피해도 불가피 하다. 완제품의 신뢰성을 높이고, 산업적 피해를 줄이기 위해서 불량판별 자동화 검사가 필요하다.

본 논문에서는 CCFL 불량 항목을 검사하기 위한 물리적 환경으로 5가지 조명에서 3 가지 조합 조명을 제시하였고, 불량검출을 위한 전처리 알고리즘과 불량 검출 알고리즘도 제안 하였다. 대체적으로 알고리즘은 좋은 성능을 보였는데, CCFL공정과 공장의 청결상태 등 외부적 환경조건을 개선한다면 불량검출 성능이 더 좋아질 것이다.

본 연구에서는 완전 자동화 환경에서 실험한 것이 아닌 샘플에서 실험에 필요한 이미지를 획득하여 실험하였기 때문에 차후 완전 자동화 시스템에 적용 및 검토가 필요할 것이다. 또한 실험결과 유출이 존재하기 때문에 유출을 0%로 줄이는 알고리즘 개선이 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정운국, 문창배, 이해연, 김병만, 양한석 “CCFL 불량 판별을 위한 전처리 알고리즘” 한국정보과학회 2009 가을학술발표논문집 제36권 제2호(C>, 2009. 11, pp. 359-362
- [2] 최승태, 허운, 이준형, 최태호, 강진규, 최유화 “EEFL 불량검사를 위한 네트워크기반 멀티비전

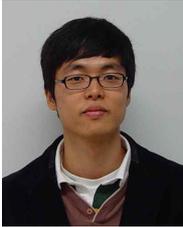
통합시스템 구현” 제어로봇시스템학회지 v.14,  
no.2, 2008년, pp.21-25

[3] Jaytech Vision Light, <http://www.jaytech.kr>



**문 창 배** (Chang Bae Moon)

- 2007년 : 금오공과대학교 컴퓨터공학부 소프트웨어공학과 (학사)
- 2010년 : 금오공과대학교 소프트웨어공학과 (공학석사)
- 2010년 ~ 현재 : 금오공과대학교 소프트웨어공학과 (박사과정)
- 관심분야 : 인공지능, 영상처리, 신호처리



**안 영 훈** (Young Hoon Ahn)

- 2003년 ~ 현재 : 금오공과대학교 컴퓨터공학부 소프트웨어공학과 (학사과정)
- 관심분야 : 영상처리, 임베디드 시스템



**이 해 연** (Hae-Yeoun Lee)

- 1997년 : 성균관대학교 정보공학과 (학사)
- 1999년 : 한국과학기술원 전산학과 (공학석사)
- 2006년 : 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공 (공학박사)
- 2001년 ~ 2006년 : (주)썬트랙아이 선임연구원
- 2006년 ~ 2007년 : 코넬대학교 박사후연구원
- 2008년 ~ 현재 : 국립금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 멀티미디어, 영상처리, 콘텐츠보안, 디지털위터마킹, 디지털포렌식



**김 병 만** (Byeong Man Kim)

- 1987년 : 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)
- 1989년 : 한국과학기술원 전산학과(석사)
- 1992년 : 한국과학기술원 전산학과(박사)
- 1992년 ~ 현재 : 국립금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수
- 1998년 ~ 1999년 : 미국 UC, Irvine 대학 방문교수
- 2005년 ~ 2006년 : 미국 콜로라도 주립대학 방문교수
- 관심분야 : 인공지능, 정보검색, 정보보안



**오 득 환** (Duk-Whan Oh)

- 1982년 : 경북대학교 공과대학 전자공학과 전산전공 (공학사)
- 1985년 : 한국과학기술원 전산과 (공학석사)
- 1994년 : 한국과학기술원 전산과 (공학박사)
- 1986년 ~ 현재 : 금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 인공 신경망, 컴퓨터 네트워크, 임베디드 시스템

논문접수일 : 2010년 05월 07일

1차수정완료일 : 2010년 06월 04일

게재확정일 : 2010년 06월 21일