

## 전자반도체용 스프레이 분사형 세정제에 대한 청정도 평가

허효정 · 노경호<sup>†</sup>

인하대학교 화학공학과  
402-751 인천광역시 남구 용현동 253  
(2009년 10월 5일 접수, 2009년 10월 26일 채택)

### Cleanliness Test by Spray-Type Cleaning Agent for Electronic and Semiconductor Equipment

Hyo Jung Heo and Kyung Ho Row<sup>†</sup>

Department of Chemical Engineering, Inha University, 253 Younghyun-dong, Nam-gu, Incheon 402-751, Korea  
(Received 5 October 2009; accepted 26 October 2009)

#### 요 약

PCB의 먼지 제거용 세정제로 사용되는 스프레이형 세정제를 선정하여 이에 대한 청정도를 평가하였다. 친환경적인 대체 세정제를 채택하기 위해서는 세정제의 세정성, 환경성, 경제성을 평가하여 체계적인 선정절차에 의거하여 도입 및 적용하여야 한다. 객관적이고 효율적인 세정성 평가방법의 정립이 현시점에서 매우 중요하다. 본 연구에서는 여러 세정성 평가 방법들 중 표면관찰평가법인 SEM-EDX(Scanning Electron Microscopy/Energy-Dispersive X-ray) 분석과 적외선열화상카메라(THERMOVISION A20 model)를 이용하여 청정도를 평가하였다. CT-2770 모델의 사운드카드를 2×2 cm로 잘라내어 스프레이 세정 전과 후의 청정도를 SEM의 이미지 분석을 통해 관찰할 수 있었고 EDX의 성분분석을 통해 먼지의 제거율을 정량화할 수 있었다. 컴퓨터의 P4T-E 모델의 마더보드와 IPC-A-36 모델의 기판을 사용, 오염물로 먼지와 철가루를 사용하여 열화상카메라로 세정 전, 후의 상온과 50 °C Oven에 방치된 시간의 차이에 따른 온도의 변화를 비교하였다.

**Abstract** – A spray-type cleaning agent in utilizing dust-remover on PCB was chosen to study the cleanliness test and efficiency. In order to choose alternative environmental-friendly cleaning agents, it is important that the systematic selection procedures should be introduced and applied through the evaluation of their cleaning ability, environmental characteristics, and economical factors, and that the objective and effective evaluation methods of cleanliness should be established for the industry. A novel cleaning evaluation method with scanning electron microscopy/energy-dispersive X-ray analysis of surface observation evaluation method and an infra-red thermography camera(THERMOVISION A20 model) was studied in this work. The sound card(CT-2770 model) cut by 2×2 cm size was used as a part, and before and after the spray cleaning, the cleanliness was observed by the image analyzer of SEM and further the removal efficiency of dust was quantitatively evaluated by the component analysis of EDX. For the parts of P4T-E model motherboard and IPC-A-36 PCB plate, before and after the spray cleaning, temperature differences were measured and compared at room temperature and 50 oven temperature by an infra-red thermography camera in the contaminants of dust and iron powder.

Key words: Cleanliness, Surface Analysis, Infra-Red Thermography Camera

#### 1. 서 론

산업에서 제품을 생산하는 과정에서는 부품이나 부품이나 제품들이 오염되어 제품의 불량, 성능 및 기능 하자, 안전 및 위생 문제 등의 문제가 발생될 수 있다. 이러한 현상을 사전에 방지하기 위하여 청결한 상태를 유지시키는 것이 중요한데 세정은 제품의 품질 및 가치향상, 제품의 성능 및 기능 향상, 부품 및 제품의 결함 등의 문제를 예방하기 위해 필요하며, 거의 모든 산업분야에서 세정공정이

적용되고 있다[1]. 이에 대한 대체 세정제로 개발된 친환경적 제품 중, 스프레이 분사형 세정제를 선택하여 다양한 방법으로 청정도를 평가하였다.

최근까지 국내외의 기관과 산업체에서는 필요에 따라서 다양한 세정성 평가방법을 도입/적용하고 있다. 세정성을 평가하는 방법은 지금까지 여러 방법이 알려지고 있으나 아직까지 표준화된 방법은 없으며 특히 국내에서는 스프레이 분사형 전자/반도체 세정제에 대한 청정도를 평가하는 방법에 대한 객관적인 연구가 미흡한 실정이라 세정을 하는 업체나 기관마다 각기 다른 세정성 평가법을 채택, 적용하고 있고, 산업이 발전할수록 제품과 이들 부품이 정밀해지고

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
E-mail: rowkho@inha.ac.kr

복잡한 구조를 가져 초정밀 세정이 요구되고 있으므로 보다 객관적으로 세정성능을 평가할 수 있는 평가법 정립이 필요하다[2].

세정제의 세정성능을 평가하기 위해서는 세정 후 부품 또는 제품의 표면 청정도(Cleanliness)와 표면현상을 직접적으로 측정 관찰하는 방법과 세정제의 물리화학적 성질을 측정하여 세정성능을 간접적으로 측정하는 방법이 있으며 이것은 일반시험평가법과 분석기기를 이용한 정밀시험 평가방법인 추출분석법과 표면 관찰법으로 구분된다. 일반시험 평가법은 정밀도는 떨어지지만 고가의 분석기기 없이 간편하게 현장에서 세정 성능을 평가할 수 있는 장점이 있어 세정산업에서 많이 이용되고 있으며 중량법, OSEE법, 육안판정법, 닦아내기법, 수막법, 분무법, 접촉각 측정법, 증발농축법, 형광법, 광학현미경 등이 있다[2-6].

정밀기기에 의한 측정방법에는 세정 대상물 표면을 직접 관찰하는 방법인 FTIR/ATR(Fourier transform infra-red spectroscopy/attenuated total reflectance), SEM-EDX(Scanning electron microscopy/Energy-Dispersive X-ray), XPS(X-ray photoelectron spectroscopy), SIMS (Secondary ion mass spectroscopy), AES(Auger electron spectroscopy), AFM(Atomic force microscope), XRF(Total reflection X-ray fluorescence) 등이 있고, 세정대상물 표면의 오염물을 추출하여 측정하는 방법인 TOC(Total organic carbon), UV/VIS(Ultraviolet/Visible spectroscopy), FTIR(Fourier-transform infra-red spectroscopy), HPLC (High performance liquid chromatography), GC(Gas chromatography), GC/MS(GC/Mass spectrometry) 등의 분석기기를 사용하는 방법이 있다[2,7].

이러한 세정성 평가의 방법 중에 SEM-EDX(Scanning electron microscopy/Energy-dispersive X-ray) 분석 방법은 시료표면의 유기 및 무기 원소의 미세 정량뿐만 아니라 오염물의 미세 입자 크기( $\mu\text{m}$  이하)와 이미지를 검색할 수 있는 장점을 가지고 있어 광범위하게 이용되고 있다. SEM의 이미지 분석을 통해 세정성능을 비교 평가하고 EDX 성분 분석을 통해 반도체 부품의 세정성능을 평가하는 방법을 보다 정량적으로 수치화할 수 있다[8].

국내 외에서 세정성 평가와 관련된 연구로는 XPS를 이용하여 반도체 웨이퍼 세정도 측정[9], 원격 플라즈마(remote plasma)에 의한 photo-resist 세정표면 분석[10], 금속표면 세정도 평가[11] 등에 적용하였으며 SIMS를 이용하여 유리/실리콘 기판 직접 접촉에서의 세정과 열처리 효과[12], 실리콘 웨이퍼 표면의 금속불순물 평가[13], AFM을 이용한 유리표면 세정 후 표면 거칠기(roughness) 정도 측정[14], SEM과 접촉각 측정 장치를 이용하여 플라스틱 표면의 청정도 측정[15] 등과 같은 연구에 적용되었는데 본 연구에서는 SEM을 플라스틱 표면이 아닌 컴퓨터의 내부 기판과 같은 반도체의 부품에 적용하여 스프레이 세정제의 세정성 성능평가의 방법을 새롭게 제시하였다.

절대온도  $0^{\circ}\text{K}(-273^{\circ}\text{C})$  이상의 모든 물체에서는 복사에너지를 방출한다. 물체의 단위 면적 당, 단위 시간당 방출되는 열복사 에너지를 감지하여 물체의 열복사에너지차이(온도차이)를 전기적 신호로 변환하고, 다시 디지털 신호로 변환하여 이미지 processing을 거쳐 물체의 영상을 주간야간 모두 관측할 수 있는 방식의 장비 열 영상장비(시스템)라 한다. 영상 장비의 시스템 성능은 센서의 온도특성과 밀접한 관련이 있다. 8~12  $\mu\text{m}$ 의 적외선 대역에서 투과율 95%인 Ge(게르마늄) 렌즈를 통해 입사되는 IR을 적외선 센서(320×240 픽셀)는 아날로그 신호로 출력하게 된다. 이 아날로그 신호는 디지털

신호로 변환(A/D변환)되어 영상처리를 통해 노이즈를 제거하고, 소형 CRT 또는 LCD 모니터를 통해 관측하는 것이 열영상시스템의 기본 원리이다[16]. 이 시스템을 이용하여 오염물(먼지, 철)로 인한 열 분포도와 세정 전, 후의 열 분포도를 비교 분석하여 기판의 청정도를 평가하는 방법으로서 적용시키는 방법을 모색하였다.

본 연구는 스프레이 세정제의 청정도를 평가하는 방법에 있어 기존에 제시되지 않았던 평가 방법을 다루고 있다. 분석기기를 이용한 표면관찰법 중 하나인 SEM 분석을 통해 PCB의 오염물(먼지, 철가루)과 세정성능 방법에 따른 청정도를 표면으로 관찰하고, EDX 성분분석을 통해 먼지 오염물과 철 오염물의 제거 정도를 정량적으로 확인하며, 열화상 카메라를 통해 세정 전, 후의 열분포도의 차이를 비교하였다. 이러한 평가 방법의 제시는 앞으로의 세정성 평가 방법에도 다양하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 실험

### 2-1. 세정제의 선정 및 물성측정 방법

PCB 먼지 제거용으로 사용되는 스프레이 세정제를 선정하여 물성을 측정하였다.

#### 2-1-1. 밀도 측정

대량계측기의 Standard Hydrometer, Baumé gravimeter, korea 모델의 19PCS set, 분해능:0.001, 길이 160 mm의 밀도계를 사용하였다.

튜브 2개를 밀도계 밑에 연결시키고, 긴 튜브와 작은 튜브 중 긴 튜브에 피펫을 연결시킨 뒤 파라 필름 등을 이용하여 고정시킨다. 측정액에 작은 튜브를 담근 뒤 피펫을 이용하여 유리관에 측정액이 기포가 생기지 않게 채운다. 측정액을 채운 뒤 밀도계의 전원을 켜다. 밀도값의 변화를 지켜본 후 가장 큰 값을 읽는다.

#### 2-1-2. 비중 측정

동명계기의 일반형 비중계를 사용하였다.

스프레이 세정제의 액상형을 250 ml의 메스실린더에 담는다. 세정제의 온도를  $25^{\circ}\text{C}$ 로 맞추고 비중계를 띄워 수면의 높이에 맞춰 비중계의 눈금을 읽는다.

#### 2-1-3. pH 측정

Thermo Orion 3 Star pH meter 계를 사용하였다.

pH meter기의 전원을 켜다. 전극봉을 DI water로 세척한 후 kimwipes로 살살 닦아내어 수분을 완전히 제거한다(전극에 직접 닿지 않도록 주의한다). pH Buffer Solution 4, 7, 10에 전극을 담가 pH를 보정해 준다. 100 ml 비이커에 액상형 세정제를 준비하여 전극을 담가 25를 맞추고 pH를 측정한다.

#### 2-1-4. 점도 측정

BROOKFIELD PROGRAMMABLE DV+Viscometer 모델의 LVDV+CP의 원통형 점도계를 사용하였다.

점도계와 항온조의 스위치를 켜고 영점을 맞춘다. 점도계의 밀뚜껑을 열어 메탄올을 적신 kimwipes로 뚜껑 안쪽과 점도계 아랫부분을 잘 닦아준다. 용액 0.5 ml를 기포가 생기지 않도록 피펫을 이용하여 밀뚜껑에 고루 퍼지도록 넣어준다. 밀 뚜껑을 조심히 긴 후 set speed로 RPM을 설정한 후 motor on 누른 후 점도값을 측정한다. 80% 이상이 되어 값의 변동이 거의 없을 때 CP 값과 온도, RPM, %를 적는다(만약 예러가 뜰 경우에는 RP 값을 낮춰주고, 80% 이하가 나오면 RPM 값을 높여준다).

#### 2-1-5. 인화점 측정

Grabner instruments 모델의 Quality Certified ISO 9001:2000, miniflash Flph 인화점 측정기를 사용하였다.

Sample cup carrier에 Sample cup을 끼우고, Sample cup line에 시료를 채워 측정할 시료를 준비한다. 인화점 측정기의 전원을 켜다. Sample room에 준비한 Sample carrier를 끼운다. Measure를 선택한다. Input sample을 누른다. Input initial, final temp를 설정한다. Press run, wait a few minute, again press run 버튼을 차례로 눌러 인화점을 측정한다.

2-1-6. 표면장력 측정

Fisher Scientific 21 모델의 정적 표면장력계를 사용하였다.

백금링을 끼운 후, 표면장력계 오른쪽 옆에 위치한 손잡이를 돌려가면서 거울의 검은 선과 맞춘다. 표면장력계 앞에 위치한 판을 돌려서 '0'점에 맞춘다. 살레에 초순수를 적당히 넣고 링이 실에 닿게 한 후 시료가 안정되도록 잠시 기다린다. 스위치를 켜면 눈금판이 돌아간다. 돌아가던 눈금판이 멈추면, 스위치를 끈 후 눈금이 72~75이면 백금링을 세척하고 건조시킨 후 다시 걸고 영점에 맞추었을 때 거울의 선과 기계의 까만 막대가 수평이 되면 Calibration이 맞춰진 것이다(만약 수평이 안맞을 경우에는 지금까지의 과정을 반복하도록 한다). 초순수가 담긴 살레를 치우고 옆의 손잡이를 돌려서 눈금이 '0'이 되면, 백금링을 건 후 거울의 검은 선도 수평이 되어야 한다(백금링은 methanol에 담가 세척해 둔다). 측정액을 살레에 2/3 정도 채우고, 링을 담근다. 스위치를 켜고 눈금의 값을 읽는다.

2-1-7. 전도도 측정

Thermo Orion 3 Star 전도도 계를 사용하였다.

전도도계의 전원을 켜다. 전극봉을 DI water로 세척한 후 kimwipes로 살살 닦아내어 수분을 완전히 제거한다. pH Buffer Solution에 전극을 담가 calibration을 맞춘다. 100 ml 비이커에 액상형 세정제를 준비하여 전극을 담가 25 °C를 맞추고 전도도를 측정한다.

2-2. SEM-EDX 표면분석법을 이용한 청정도 평가

2-2-1. 실험방법

표면분석을 위해 Hitachi S-4300 모델의 SEM-EDX(scanning Electron Microscopy /Energy-Dispersive X-ray) 분석기기를 사용하였다.

SEM 분석이 가능하게 하기 위해서는 sampling 과정을 거쳐야 하는데 이 과정은 Ion Sputter(E-1030 model)를 이용해 백금 코팅막을 입히는 단계이다. 이 sampling 과정을 통해 charge up 현상 방지, 2차 전자방출의 증가, 전자선 손상의 경감, 시료 표면만의 정보를 획득하여 정밀분석의 효율을 증대시킬 수 있다.

청정도를 평가할 시편으로 컴퓨터의 내부 부품 중 CT-2770 모델의

사운드 카드를 SEM을 찍을 수 있는 크기(2×2 cm)로 잘라 내어 sampling을 하였다. Fig. 1의 (a)는 CT-2770 모델의 사운드 카드이다.

SEM-EDX 분석은 sampling 단계에서 백금 코팅막을 입히기 때문에 동일한 시편을 재사용해 세정능을 평가할 수 없다. 대신 실내에 3개월 정도 방치되어 먼지가 쌓여있는 컴퓨터의 사운드 카드를 같은 크기로 잘라내어 초기시편과 깨끗한 티슈로 닦아낸 시편(kimwipes로 꼼꼼히 닦아내었다), 스프레이 세정제로 세정(10 cm거리에서 2초간 분사)을 한 시편, 해당 세정제의 액상형에 48시간 담가놓은 시편의 표면 이미지를 체크하고, 각각의 성분을 정량적으로 분석하였다.

같은 방법으로 오염물을 달리하여 철가루를 오염물로 잡고 같은 모델(CT-2770)의 사운드 카드를 2×2 cm로 잘라내어 초기시편과 깨끗한 티슈(kimwipes)로 닦아낸 시편, 스프레이 세정제로 세정(10 cm거리에서 2초간 분사)을 한 시편, 해당 세정제의 액상형에 48시간 담가놓은 시편의 표면 이미지를 체크하고, 각각의 성분을 정량적으로 분석하였다.

2-3. 적외선열화상카메라를 이용한 청정도 평가

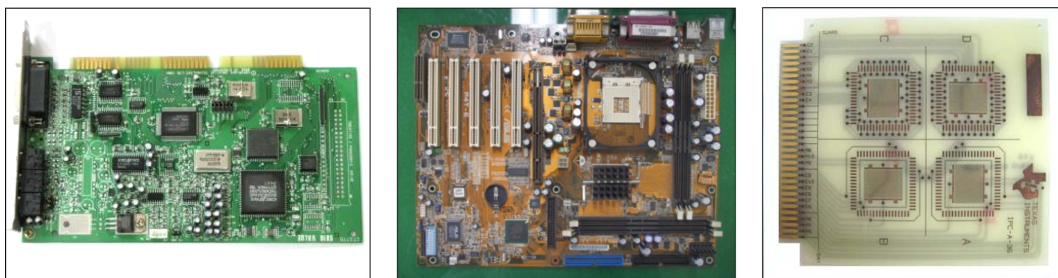
2-3-1. 50 °C 가열 후 상온에서 기판이 식을 때까지의 온도분포 변화 촬영실험

3개월간 방치되어 먼지로 오염되어 있는 컴퓨터의 마더보드(P4T-E model, 22×30 cm)의 세정 전, 후의 온도를 올려 먼지로 인한 정전기 발생으로 인한 열분포도의 변화를 적외선열화상카메라(THERMOVISION A20 model)를 사용하여 측정하였다. Fig. 1의 (b)는 실험에 사용된 P4T-E 모델의 컴퓨터 마더보드이다.

장기간 방치되어 먼지가 잔뜩 쌓인 기판은 컴퓨터의 가동 시와 같은 조건일 때 먼지에 의해 열의 분포도가 어느 정도의 수치를 보이는 지를 확인하기 위해 기판의 온도를 50 오븐에서 5분간 가열시킨 직후, 오븐에서 꺼내 기판의 온도 분포를 열화상카메라로 촬영한 후, 상온에서 30분 동안 기판이 식는 동안의 온도 분포 변화를 30초 간격으로 촬영하였다. 같은 방법으로 10분과 15분 동안 50 °C 오븐에 방치했을 때의 온도분포 변화를 비교하였다.

스프레이 세정제를 사용하여(10 cm 거리에서 10초간 고루 분사) 먼지로 오염되어 있던 기판을 세정하고 기판을 다시 50 °C 오븐에서 5분간 가열시킨 후, 오븐에서 꺼낸 기판의 온도 분포를 촬영한 후, 상온에서 30분 동안 기판이 식을 때의 온도 변화를 촬영하였다. 같은 방법으로 10분과 15분 동안 50 °C 오븐의 방치했을 때의 온도 분포 변화를 촬영하여 비교하였다.

위와 같은 실험을 3회 실시하여 재현성을 확인하였다. 기판에 5개의 Point를 찍어 각 지점에 따른 온도의 변화를 비교할 수 있도록



(a) CT-2770 model sound card (b) P4T-E model motherboard (c) IPC-A-36

Fig. 1. Test plate of substrate.

하였고, 각 지점에 따라 3회의 실험에 대한 평균온도를 구하여 세정 전과 후의 온도 분포 변화도를 비교하였다.

2-3-2. 철가루를 도포한 기판의 세정 전, 후 온도변화 촬영실험  
먼지의 성분 중 하나이며 컴퓨터 부품에 남아 있을 시 영향이 클 것으로 예상되는 철 성분을 오염물로 정하여 실험하기 위해 동일한 IPC-A-36 기판 두개를 준비하였다. Fig. 1의 (b)는 IPC-A-36 기판의 모습이다.

Ducksan pure chemicals의 철가루(Fe F.W.55.85)를 일정하게 IPC-A-36 기판에 도포하기 위해 10 g의 철가루를 Acetonitrile(Ducksan pure chemicals) 10 ml에 섞어(1:1비율) 오염물을 만들었다. 하나의 기판의 초기 무게를 잰 후, 오염물을 고르게 도포하여 2시간 50 °C 오븐에 건조 후, 11시간 밀폐된 상온의 플라스틱 박스 안에서 건조시켜 철가루만 오염물로 존재하도록 한다. 기판의 초기 무게는 33.7412 g 도포, 건조 후 기판의 무게는 38.1971g, 오염물의 무게는 4.4559 g이었다.

또 다른 IPC 기판은 철가루가 도포된 IPC 기판과의 비교 촬영을 위해 오염물을 도포하지 않고, 상온에서 열화상 카메라로 온도 분포를 촬영한다. 상온에서의 온도분포 촬영 후, 50 °C의 오븐에서 5분간 가열시켜 꺼낸 직후의 온도분포를 상온에서 촬영하였다.

철가루가 도포된 IPC 기판만을 스프레이 세정제를 사용하여 세정하였다(10 cm 거리에서 10초간 고루 분사). 세정된 기판의 무게를 달아 남아있는 오염물의 무게를 측정하였다. 세정된 기판의 무게는 33.8421 g, 남아있는 오염물의 무게는 0.1009 g이었다. 오염물이 도포되지 않은 IPC 기판은 세정의 과정을 거치지 않고 세정과정을 거친 IPC 기판과 비교 촬영하였다.

세정 후 기판의 온도분포 변화를 보기 위해 역시 상온에서 세정과정을 거치지 않은 기판과 세정을 한 기판을 나란히 놓고 상온에서 온도분포를 촬영하였다. 역시 50 °C의 오븐에서 5분간 가열하고 꺼낸 직후, 상온에서 두 개의 IPC 기판의 온도 분포를 비교 촬영하였다.

같은 방법으로 10분과 15분간 50 °C 오븐에서 가열을 하여 가열된 시간에 따른 온도 분포의 범위를 촬영한다. 10분간 방치된 기판의 초기무게는 33.7412 g, 철가루 도포, 건조 후 기판의 무게는 36.4751 g, 오염물의 무게는 2.7339 g, 세정된 기판의 무게는 33.8912 g, 남아있는 오염물의 무게는 0.1500 g이었고, 15분간 방치된 기판의 초기무게는 33.7412 g, 철가루 도포, 건조 후 기판의 무게는 37.1267 g, 오염물의 무게는 3.3855 g, 세정된 기판의 무게는 34.0128 g, 남아있는 오염물의 무게는 0.2716 g이었다.

### 3. 결과 및 검토

#### 3-1. 세정제의 물성

세정제의 물성을 Table 1에 나타내었다.

반도체 세정제에서 가장 중요한 전기전도도 값이 0.00 μs의 값을 나타내며 pH는 화학적으로 중성이다. 점성은 크지 않으며 밀도와 표면장력도 물에 비해 현저히 작은 값을 보여 좋은 세정 효율이 기대되고, 67.00의 높은 인화점으로 보관의 위험성 또한 적은 것으로 판단된다.

#### 3-2. SEM-EDX 표면분석법을 이용한 청정도 평가 결과

SEM의 표면관찰법을 이용해 살펴본 컴퓨터의 내부 기판의 표면은 청정할 때와 오염됐을 때의 차이가 육안으로 분명히 구분이 되

Table 1. Physical properties of a cleaning agent tested in this work

Physical Property	Measured value
Density	0.76 g/cm <sup>3</sup>
Specific Gravity	0.758
pH	5.73
Viscosity	2.28 cP
Flash Point	67.00
Surface Tension	22.50 dyn/cm
Conductivity	0.00 μs

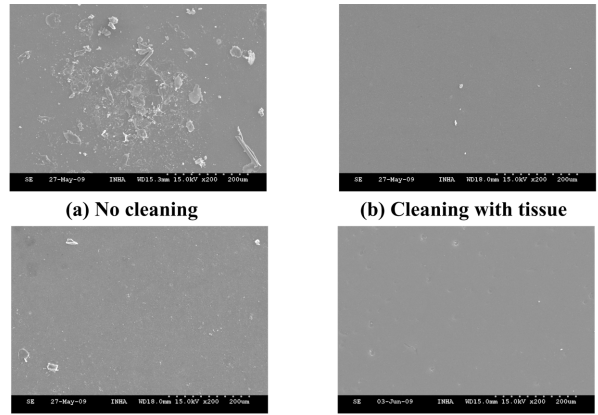


Fig. 2. Surface analysis of CT-2770 model sound card by SEM (Pollutants - Room dust).

며 오염물질이 없는 기판은 매우 평평하고 깨끗한 표면의 모습을 보였기 때문에 세정성 평가에 도입하였다.

Fig. 2의 (a)-(d)는 각각 세정전 먼지가 있는 초기 시편, 깨끗한 티슈로 닦아낸 시편, 스프레이 세정제 세정 후 시편, 스프레이 세정제의 액상형에 48시간 담가놓은 시편에 대한 SEM 표면 이미지 분석 사진이고, 표면 이미지만으로는 정량적인 세정성 수치를 얻을 수 없기에 그에 따라 Table 2에서는 각각 세정 전 먼지가 있는 초기 시편, 깨끗한 티슈로 닦아낸 시편, 스프레이 세정제 세정 후 시편, 스프레이 세정제의 액상형에 48시간 담가놓은 시편에 대해 EDX의 성분 분석 결과로 보다 정량적인 실험 결과값을 얻어내, EDX의 성분분석 결과의 수치를 토대로 세정전의 성분분석 결과에 대해 먼지 성분의 제거율을 간단하게 도식화한 표이다. O는 60% 이상을 나타내고 Δ는 60% 미만 20% 초과, X는 20% 미만의 제거율을 표시한다. 여기서 나타낸 EDX의 성분분석결과는 Apparent Concentration을 의미하는데 이는 다음의 식을 의미하므로 주어진 단위는 없다.

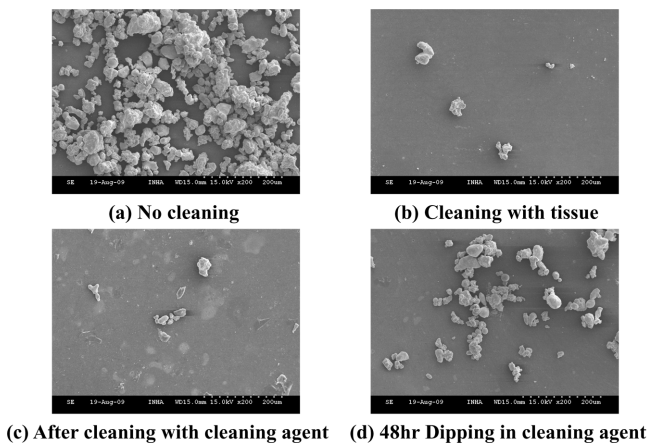
$$\text{App conc.} = \frac{\text{Intensity A sample}}{\text{Intensity A standard}} \times \text{wt\% element A standard}$$

Fig. 3의 (a)-(d)는 오염물 철가루로 하여 제작된 시편에 각각 철가루 도포 후의 시편, 철가루 오염물을 깨끗한 티슈로 닦아낸 시편, 스프레이 세정제 세정 후 시편, 스프레이 세정제의 액상형에 48시간 담가놓은 시편에 대한 SEM 표면 이미지 분석 사진이고, Table 3에서는 각각 세정 전 철 오염물이 도포된 시편, 깨끗한 티슈로 닦아낸 시편, 스프레이 세정제 세정 후 시편, 스프레이 세정제의 액상형에 48시간 담가놓은 시편에 대해 각각의 세정성 방법에 따른 잔여 철가루의 무게와 철의 성분이 남아있는 정도를 EDX 분석 결과

**Table 2. Component analysis of CT-2770 model sound card with different cleaning methods by EDX(Pollutants - Room dust)**

Cleaning methods	Component												
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Sn	Ba	
No cleaning (Dust : 0.0005g)	226.56 (±50.86)	133.23 (±2.17)	2.355 (±0.985)	0.595 (±0.135)	2.175 (±0.035)	29.885 (±0.165)	13.465 (±0.575)	3.055 (±0.697)	1.48 (±1.48)	2.69 (±0.37)	4.04 (±0.02)	35.95 (±0.07)	
Tissue cleaning (Dust : 0.0000g)	△	△	○	○	△	△	×	×	○	○	△	×	
After cleaning with cleaning agents (Dust : 0.0002 g)	△	×	△	△	×	×	△	△	×	△	×	△	
48hr dipping in cleaning agents (Dust : 0.0000 g)	○	△	○	○	△	△	×	△	○	△	△	×	

※ ○ : Over 60%, △: 60%~20%, ×: Under 20%



**Fig. 3. Surface analysis of CT-2770 model sound card by SEM (Pollutants - Iron powder).**

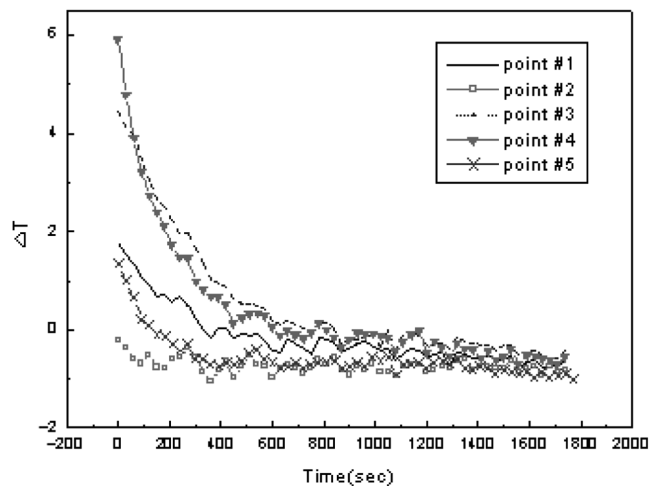
로 나타내었다.

실험에 사용된 스프레이 세정제의 세정 효율은 티슈로 닦아내는 세정의 성능보다도 뚜렷하게 우수한 성능을 보이지는 않는 것으로 판단된다. 하지만 먼지의 성분들 중 S, Cl, Ba의 제거에 대해서는 티슈로 닦아낸 세정방법보다 훨씬 뛰어난 세정효율을 보였으며, 철 성분의 제거율 역시 티슈가 더 좋은 성능을 보였지만 사용된 스프레이 세정제와의 세정성능 차이가 심하게 크지 않은 정도로 비교가 되며 침적방법에 대해서는 가벼운 먼지와 같은 오염물보다 좀더 무거운 철 오염물을 제거하는 데에는 효율이 적은 것으로 보인다.

**3.3. 적외선열화상카메라를 이용한 청정도 평가결과**

**3-3-1. 50 °C 가열 후 상온에서 기관이 식을 때까지의 온도분포 변화 촬영실험**

Fig. 4의 그래프는 세정 전과 후의 50 °C 오븐에 10분 가열 후, 상온에서 30분 동안 식힐 때의 온도 분포의 변화를 30초 간격으로 촬영한 결과 값을 기관에 선점한 5개의 Point별로 3회의 재현성 값을



**Fig. 4. Temperature difference of the points of P4T-E model motherboard with the elapsed time(Pollutants - Room dust).**

토대로 평균온도를 구하여 세정 전과 세정 후의 온도의 차이를 나타낸 그래프이다. 이 그래프를 통해 우리는 세정 전과 후의 기관의 온도의 차이를 한눈에 비교할 수 있다.

세정 전 먼지가 쌓여있는 기관의 온도는 50 °C 오븐에 가열 직후, 세정 후 먼지가 쌓여있는 기관의 온도보다 높은 것을 볼 수 있으나 30분 동안 기관을 상온에서 식혔을 때의 온도는 오히려 먼지가 쌓여있는 기관의 온도보다 세정 후, 먼지가 제거된 기관의 온도가 높은 것을 볼 수 있었다. 온도의 변화도도 먼지가 쌓여 있는 기관의 온도 변화가 세정 후의 기관보다 훨씬 더 급한 기울기를 보이며 떨어지는 온도의 폭이 더 컸다.

**3-3-2. 철가루를 도포한 기관의 세정 전, 후 온도변화 촬영실험**

촬영 결과를 Table 4, 5에서 지정된 point별과 평균온도를 계산하여 나타내었다. Table 4는 상온에서 세정 전과 세정 후의 온도분포를 3회의 실험을 걸쳐 기록한 표이고, Table 5는 50 °C 각각 5, 10, 15분 가열 직후의 열화상카메라 측정값을 세정 전과 세정 후의 온도분

**Table 3. Iron analysis of CT-2770 model sound card with different cleaning methods by EDX(Pollutants - Iron Powder)**

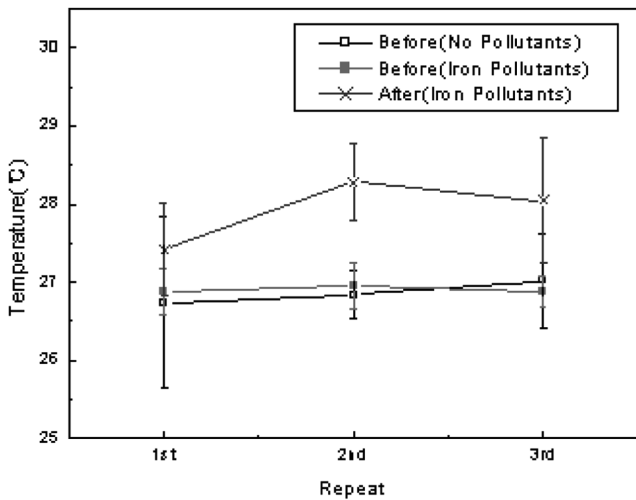
Methods	No Cleaning		Tissue Cleaning		After cleaning with cleaning agents		48hr dipping in cleaning agents	
	Weight(g)	EDX analysis	Weight(g)	EDX analysis	Weight(g)	EDX analysis	Weight(g)	EDX analysis
One Time	0.0633	347.10	0.0002	9.74	0.0016	20.99	0.0060	46.51
Two Times	0.0475	330.52	0.0001	5.88	0.0008	6.54	0.0073	76.11
Three Times	0.0472	337.51	0.0001	4.16	0.0010	10.18	0.0081	73.53
Average	0.1580	338.38	0.0001	6.59	0.0011	12.57	0.0071	65.38

**Table 4. Comparison of temperature distribution of IPC-A-36 model substrate with the locations of a point(room temperature)**

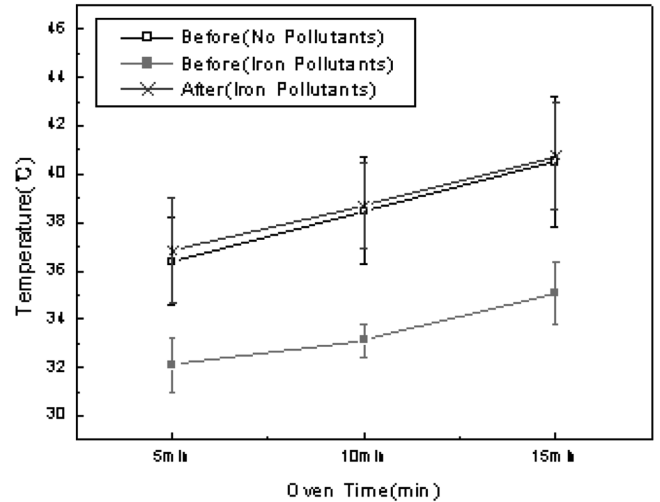
Locations a point	Cleaning condition repeation	Before Cleaning(°C)						After Cleaning(°C)		
		No Pollutants			Pollutants(Iron Powder)			Spray Cleaning		
		1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1		26.5	26.9	27.0	26.9	27.1	26.8	27.3	28.2	27.9
2		26.2	27.0	26.6	26.9	26.9	26.9	27.2	28.1	27.7
3		27.2	26.9	27.2	27.0	26.9	27.0	27.8	28.4	28.5
4		27.3	26.7	27.4	26.9	27.1	26.9	27.5	28.6	28.2
5		26.5	26.7	26.9	26.7	26.8	26.8	27.3	28.1	27.9
Average		26.74	26.84	27.02	26.88	26.96	26.88	27.42	28.28	28.04
			26.87			26.91			27.91	

**Table 5. Comparison of temperature distribution of IPC-A-36 model substrate with the location of a point(50 °C Oven)**

Locations a point	Cleaning condition stay time (min)	Before Cleaning(°C)						After Cleaning(°C)		
		No Pollutants			Pollutants (Iron Powder)			Spray Cleaning		
		5	10	15	5	10	15	5	10	15
1		36.0	38.5	40.3	31.9	32.9	35.2	36.6	38.5	40.7
2		35.5	38.4	40.0	32.0	33.6	35.3	36.4	39.5	40.1
3		36.7	37.9	40.3	31.8	32.9	35.5	37.0	38.3	41.3
4		36.5	37.7	39.7	31.9	32.9	34.2	36.0	37.7	39.7
5		37.3	39.9	42.3	32.9	33.3	35.3	38.2	39.5	41.9
Average		36.40	38.48	40.52	32.10	33.12	35.10	36.84	38.70	40.74
			38.47			33.44		38.76		



**Fig. 5. Before & After cleaning temperature comparison error bar with room Temperature of IPC-A-36 model substrate.**



**Fig. 6. Before & After cleaning temperature comparison error with 50 °C oven staying time of IPC-A-36 model substrate.**

포로 기록한 표이다. Fig. 5는 Table 4를 여러 범위를 포함하여 그래프로 나타낸 것이고, Fig. 6은 Table 5를 그래프로 나타낸 것이다.

세정 전과 세정 후의 상온에서의 온도값은 그리 큰 차이를 보이지는 않았으나 오염물(철가루)이 도포되어 있던 IPC 기판의 온도가 0.04 °C 정도 더 높은 것으로 나타났다. 이것이 50 °C에서 10분간 가열을 한 직후에는 매우 큰 차이를 보이는 결과를 보였는데 세정을 하지 않은 철가루가 도포되어 있던 기판의 가열 직후 온도는 아무런 처리도 하지 않은 기판의 50 °C 가열 직후 온도보다 평균적으로 무려 5.03이나 낮았고, 세정후의 온도 차이는 그와 또 반대로 철가루의 세정을 위해 세정과정에서 거친 IPC 기판의 온도가 아무런 처리도 하

지 않은 초기의 기판보다 평균적으로 0.29 높아진 결과를 나타내었다.

열화상카메라를 이용한 실험 결과로 봤을 때 먼지로 오염된 컴퓨터의 내부 부품이 쉽게 가열되지 않으며 이것은 먼지가 컴퓨터 기판에 덮였을 때 반도체 부품의 열전도율을 차단하고 방해하는 역할을 하는 것으로 보인다. 이는 온도가 쉽게 올라가지 않아 언뜻 보면 기기상에 있어 유리한 것처럼 보이지만 반대로 생각하면 청정한 상태의 기판의 온도와 너무나 큰 차이를 만드는 오염물질의 전도율 방해는 먼지로 인한 기기의 오작동을 유발할 것으로 판단되는 바이다.

**4. 결 론**

본 연구에서는 현재 잘 다뤄지고 있지 않은 스프레이 세정제를 대상으로 하여 그에 적합한 세정성능 평가방법을 연구하였다. 스프레이 세정 후의 표면을 관찰하여 평가할 수 있도록 SEM-EDX 표면분석기기를 사용하였고, 청정도를 확인하는 방법으로 새롭게 열화상카메라를 사용하여 세정 전, 후의 열분포도의 변화를 면밀히 비교 관찰하여 세정대상에 대한 청정도를 확인하였다. SEM의 표면 이미지 분석을 통해 육안으로 뚜렷하게 식별할 수 없는 청정도를 파악할 수 있었고 EDX의 성분분석을 통해 오염물의 성분별 제거율을 정량화하여 오염물의 미세한 제거율까지를 파악하여 세정성능을 평가할 수 있었다. 또한 열화상카메라를 통해 오염물질이 기기에 작용하였을 때 온도변화에 어떠한 영향을 주는 지를 파악할 수 있었고, 청정한 정도에 따라 온도의 분포가 어떻게 달라지는 지 또한 살펴볼 수 있었다. 본 연구에서 도입한 새로운 앞으로의 세정성능 평가 방법에도 다양하게 적용될 수 있을 것으로 기대되는 바이다.

## 감 사

본 연구는 2009년도 한국 남부발전 주식회사의 산학클러스터 협력사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. Shin, J. H., "A Study on Cleanliness Evaluation Methods for Development of Environmental-friendly Alternative Cleaning Technologies and their Filed Application," Master Thesis, *University of Suwon*, Suwon(2008).
2. Shin, J. H., Lee, J. H., Lee, M. J., Hwang, I. G. and Bae, J. H., "A Study on the Cleanliness Evaluation Methods for the Selection of Alternative Cleaning Agents," *Clean Technol.*, **15**(2) 81-90(2009).
3. Cha, A. H. and Bae, J. H., "A Study on Cleaning Ability Influence and Physical Properties on the Basis of 2,2,2-trifluoroethanol (TFEA)," *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **16**(4), 533-541(2005).
4. Shin, J. H., Min, H. J. and Bae, J. H., "A Study on Cleanliness Evaluation Methods for Selection and Development of Environmental-friendly Alternative Cleaning Agents," *The Proceedings of Fall Conference of the Korean Society of Clean Technology* (2007).
5. Min, H. J., Shin, J. H. and Bae, J. H., "A Study on Evaluation of Cleaning Ability Utilizing Optically Stimulated Electron Emission Method," *Clean Technol.*, **14**(2), 95-102(2008).
6. Song, A. R. and Bae, J. H., "A Study on Cleaning Ability Method and Physical Properties of Industry Cleaning Agent," *Proceedings of the Fall Conference of the Korean Society of Clean Technology*, Suwon(2006).
7. Cohen, L. E., "How Clean is your "Clean" Metal Surface?," *Plat. Surf. Finish.*, 58-61(1987).
8. Lee, K. A., "The Study on the Surface Analysis of Materials using SEM/EDS," *Ministry of Science and Technology*(1992).
9. Kim, E. S., Kim, B. C. and Kim, S. H., "Structural Effect of Linear and Star-shaped Poly (L-lactic acid) on Physical Properties," *J. Polym. Sci., B: Polym. Phys.*, **42**(6), 939-946(2004).
10. Gupta, M. C. and Deshmukh, V. G., "Radiation effects on Poly (lactic acid)," *Polymer*, **24**(7), 827-830(1983).
11. Di, Y., Iannace, S., Maio, E. D. and Nicolaice, L., "Al(OH)<sub>3</sub>-and AlO(OH)-based Cocatalysts for Metallocene Complexes in Alkene Polymerization Reactions," *J. Polymer Sci.*, **43**(6), 689-698(2005).
12. Chae, H. G., Kim, B. C., Im, S. S. and Han, Y. K., "Effect of Molecular Weight and Branch Structure on the Crystallization and Rheological Properties of Poly(butylene adipate)," *Polym. Eng. Sci.*, **41**(7), 1133-1139(2001).
13. Psrk, J. W. and Im, S. S., "A Study of the Effect of PP-g-MA and SEBS-g-MA on the Morphological Properties of Polypropylene/nylon 6 Blends," *Polym. Eng. Sci.*, **40**(12), 2539-2550(2000).
14. Zilg, C., Mulhaupt, R. and Finter, J., "Morphology and Toughness/stiffness Balance of Nanocomposites based upon Anhydride-cured Epoxy Resins and Layered Silicates," *Macromol. Chem. Phys.*, **200**(3), 661-670(1999).
15. Messersmith, P. H. and Giannelis, E. P., "Synthesis and Barrier Properties of Poly(-caprolactone)-layered Silicate Nanocomposites," *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **33**(7), 1047-1057(1995).
16. Jang, S. S., "A Study on the Thermal Response Characteristics of an Uncooled Infrared Sensor," *University of Inha*(February 2005).