

## 주사전자현미경용 전자검출기의 설계 및 제작

전종업<sup>#</sup>, 김지원<sup>\*</sup>

### Design and Manufacture of an Electron Detector for Scanning Electron Microscope

Jong Up Jeon<sup>#</sup> and Ji Won Kim<sup>\*</sup>

#### ABSTRACT

Electron detectors used in scanning electron microscope accept electrons emitted from the specimen and convert them to an electrical signal that, after amplification, is used to modulate the gray-level intensities on a cathode ray tube, producing an image of the specimen. Electron detector is one of the key components dominating the performance of scanning electron microscope so that the development of electron detectors having high performance is indispensable to acquire high quality images using scanning electron microscope. In this paper, we designed and manufactured an electron detector and conducted a couple of image capture experiments using it. In particular, scintillator which generates light photons when it is struck by high-energy electrons was manufactured and experimental studies on the optimization of manufacturing condition was carried out. From experiments to evaluate the performance of our detector, it was verified that the performance of our detector is equivalent to or better than that of the conventional one.

**Key Words** : Scanning electron microscope (주사전자현미경), Electron detector (전자검출기), Secondary electron (이차전자), Back scattered electron (반사전자), Scintillator (신틸레이터), Photomultiplier tube (광전자증배관)

#### 1. 서론

마이크로 및 나노기술이 비약적으로 발전함에 따라 국내 주사전자현미경(SEM, scanning electron microscope)에 대한 수요가 급격히 증가하고 있으나 이 장비는 전량 일본 및 미국에서 수입되고 있는 실정이다. 다행히, 최근 들어 이러한 미세 구조물의 관찰에 필수적인 장비인 SEM 장비를 국산화하고자 하는 연구가 국내 몇몇 연구기관에 의해

활발히 진행 중에 있다.<sup>1-3</sup> SEM 을 구성하는 여러 가지 요소 중 시료로부터 방출된 전자를 검출해 내는 전자검출기(electron detector)는 SEM 의 성능을 좌우하는 중요한 요소 중의 하나이다. 이에, 본 논문에서는 SEM 장비의 성공적인 국산화에 일조하고자 SEM 용 전자검출기의 개발에 관한 연구를 수행하였으며 그 결과에 대해 기술하고자 한다.

본 논문에서는 SEM 용 전자검출기를 설계, 제작하였으며, 제작된 검출기를 이용하여 검출실험

✉ 접수일: 2007년 9월 27일; 게재승인일: 2008년 1월 22일

# 교신저자: 울산대학교 기계자동차공학부

E-mail: jujeon@ulsan.ac.kr Tel: (052) 259-2139

\* 울산대학교 대학원 기계자동차공학과

을 수행하였다. 또한, 검출기의 부품 중 비교적 고가이고 소모성 부품인 신틸레이터(scintillator)를 자체 제작하였으며, 제작조건이 신틸레이터의 성능에 미치는 영향에 관한 실험을 수행하였다.

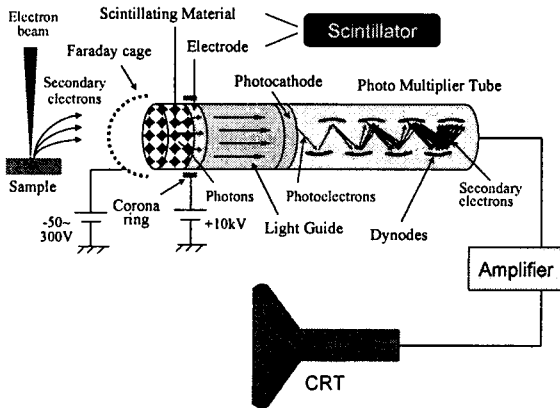


Fig. 1 Structure of a secondary electron detector and its detection principle

## 2. 검출기의 구조 및 검출원리

SEM 은 높은 에너지를 가지는 전자빔을 시료 표면에 조사함으로써 시료로부터 방출되는 여러 가지 전자들(이차전자(secondary electron), 오제이전자(auger electron), 반사전자(후방산란전자, back scattered electron), X 선, 가시광선, 투과전자, 회절 전자, 흡수 전자 등) 중 주로 이차 전자(때때로 반사전자를) 검출하여 영상을 만들어 내는 장치이다.<sup>4,5</sup> Fig. 1 은 이러한 이차전자를 검출하기 위한 검출기의 구조 및 검출원리를 나타낸 것이다. 시료 표면으로부터 방출된 이차전자는 패러데이 케이지(faraday cage)에 인가된 +300V 의 전압에 의해 패러데이 케이지 안으로 끌어들여지고, +10kV 의 고전압이 인가된 코로나 링(corona ring)에 의해 가속되어 신틸레이터와 충돌하게 된다. 가속된 이차전자가 신틸레이터와 충돌하면 신틸레이터로부터 광자(photon)가 발생하고, 이 광자는 라이트 가이드(light guide)를 따라 이동하여 광전자증배관(PMT, photomultiplier tubes)의 광음극(photocathode)에 부딪치게 된다. 이 때 광음극으로부터 전자가 발생하고 이 발생된 전자는 광전자증배관 안의 다이노드(dynodes)를 거치면서 크게 증폭되어 전류 신호로

바뀌게 된다. 이 전류신호는 전류-전압 변환회로 등의 증폭회로에 의해 전압신호로 바뀌고 이를 CRT(cathode ray tube)를 통해 디스플레이함으로써 시료표면의 정보는 영상화된다. 한편, 이차전자가 아닌 반사전자의 영상을 얻고자 할 경우에는 패러데이 케이지에 음의 전압(일반적으로 -50V)을 인가하면 된다.

## 3. 검출기 제작 및 검출실험

### 3.1 검출기의 제작

이차전자의 검출은 고진공 상태에서 이루어지기 때문에 이러한 환경에서도 탈가스(outgasing) 현상이 없는 재료를 선정해서 검출기 기구부를 구성하여야 한다. Fig. 2 는 본 연구를 통해 개발된 전자검출기의 전개도이고, Table 1 은 Fig. 2 의 각 부품명을 나타낸 것이다.

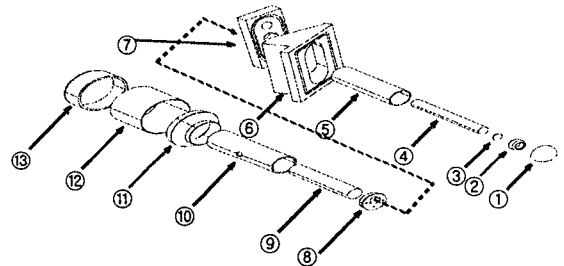


Fig. 2 Technical illustration of electron detector

Table 1 Part names of electron detector shown in Fig. 2

No	Part name	No	Part name
1	Faraday cage	8	PMT housing connector
2	Corona ring	9	PMT
3	Scintillator	10	PMT housing
4	Light guide	11	PMT connector
5	Faraday cage supporter	12	Circuit housing
6	Chamber bracket	13	Circuit housing cover
7	Fixing plate		

패러데이 케이지(부품 1)의 재질로는 SUS 계열을 사용하였으며 선경 0.5mm, 선 간격 3mm 의 그물망(mesh) 형태의 원재료를 반구 형상의 틀에 삽입한 후 성형하여 제작하였다. 코로나 링(부품 2)

은 ITO 전극(4.1 절 참조)과 전기적으로 연결되어 ITO 전극과 더불어 이차전자를 신틸레이터 쪽으로 가속시키는 역할을 함과 동시에 신틸레이터를 라이트 가이드에 고정시키는 역할도 수행한다. 신틸레이터(부품 3)의 제작에 관해서는 본 논문의 제 4 장에 상세히 기술되어 있으므로 참조하기 바란다. 라이트 가이드(부품 4)는 신틸레이터에서 발광된 빛을 PMT 까지 안내하는 역할을 하는 것으로 그 재질의 특성으로써 뛰어난 빛 투과성이 요구되므로 본 연구에서는 수정을 사용하였다. PMT 하우징 커넥터(housing connector)(부품 8)는 고정판(fixing plate)과 PMT 하우징의 체결을 위한 것이다. 또한 이는 PMT 와 같은 민감한 부품을 보호하기 위해 PMT 부분을 챔버(chamber)와 전기적으로 분리시키는 역할도 수행한다. 진공 챔버는 전자총에 인가되는 30kV 의 고전압이나 코로나 링에 인가되는 10kV 의 고전압으로 인해 순간적으로 불안정한 상태에 놓일 수 있는데, 이로 인해 극도로 민감한 PMT 에 중대한 손상이 발생할 수 있다. 재질로는 이러한 전기적 충격을 미연에 방지하기 위해 절연 물질인 테프론 계열의 MC 를 사용하였다. PMT(부품 9)로는 Hamamatsu 사의 모델 R6249 를 사용하였다. 이 PMT 의 증폭율은  $2.1 \times 10^6$ , 파장응답범위(spectral response range)는 300~650nm, 피크 파장(peak wave length)은 420nm 이다. PMT 하우징(부품 10)은 PMT 에 조사될 수 있는 외부의 빛을 완전히 차단하기 위한 것이다. PMT 는 상당히 미약한 빛에도 민감하게 반응하기 때문에 노이즈의 소스가 될 수 있는 외부 빛을 완벽히 차단해야 한다. 한편, 본 연구에서는 PMT 를 구동하기 위한 고전압 분배회로, PMT 로부터 출력된 전류신호를 전압신호로 변환시키기 위한 전류-전압 변환회로, 그리고 이를 증폭시키기 위한 증폭회로 등을 자체적으로 설계, 제작하였다. Fig. 3 은 완성된 검출기의 사진이다.

### 3.2 검출실험

본 연구를 통해 제작한 전자검출기를 국내 다른 연구기관에 의해 개발된 SEM 에 장착하여 검출 실험을 수행하였다. Fig. 4(a)는 패러데이 케이지에 300V 의 전압을 인가한 상태에서 격자형상의 표준시편을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 영상의 질을 볼 때, 본 연구에서 개발한 전자검출기가 실용적으로 사용하기에 충분한 성능을 보이고 있는 것으로 판단된다.

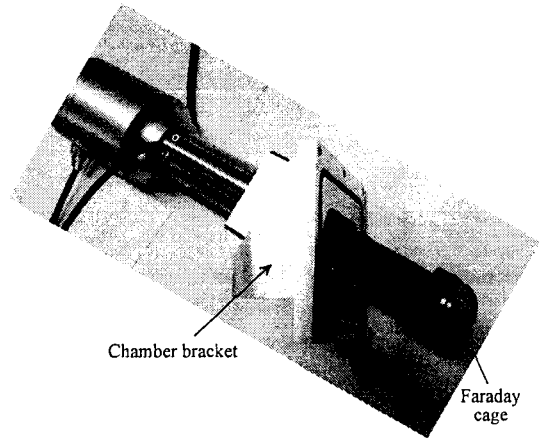


Fig. 3 Photograph showing an assembled electron detector

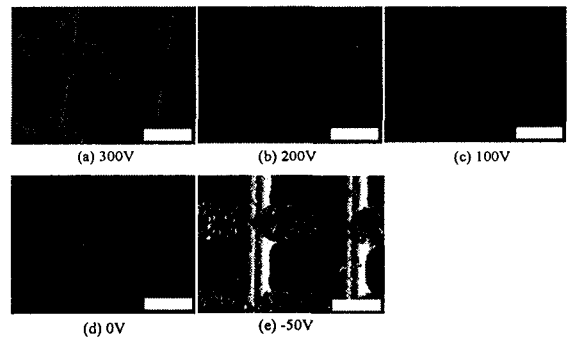


Fig. 4 SEM images acquired by changing the applied voltages to faraday cage

Fig. 4(a)~(d)는 패러데이 케이지에 인가되는 전압의 크기를 변화시키며 표준시편을 측정된 결과이다. 높은 전압을 인가할수록 전체적으로 밝은 영상과 명암비가 뚜렷한 영상이 얻어짐을 알 수 있다. 이는 전압이 커질수록 패러데이 케이지에 인가된 전압에 의해 생성된 전기장이 더욱 강하게 형성되어 이차전자를 신틸레이터 쪽으로 끌어 당기는 힘이 더욱 강해져 더 많은 이차전자가 포획되기 때문인 것으로 판단된다.

다음으로, 본 연구의 검출기를 사용하여 반사전자를 검출할 수 있는지 알아보기 위해 패러데이 케이지에 -50V 의 전압을 인가한 상태에서 검출 실험을 수행하였다. Fig. 4(e)는 그 측정결과이다. 측정결과로부터, 반사전자의 영상을 측정하는 데에

있어서 본 연구의 검출기가 충분한 성능을 보이고 있는 것으로 생각된다.

#### 4. 신틸레이터의 제작 및 최적화

본 연구에서는 외국에서 전량 수입하여 사용하고 있는 검출기 부품 중 소모성 부품이며 비교적 고가인 신틸레이터를 개발하고자 신틸레이터 제작 및 성능의 최적화에 관한 연구를 수행하였다.

##### 4.1 신틸레이터의 구조 및 제작순서

신틸레이터는 Fig. 5 에 나타낸 바와 같이 고전압을 인가하기 위한 ITO(Indium Tin Oxide) 전극 부분과 이차전자를 광신호로 변환하는 형광분말층, 그리고 기관으로써의 기능을 수행하는 사파이어 유리로 구성된다. 시료에서 발생한 이차전자는 코로나 링을 통해 ITO 전극에 인가된 고전압에 의해 신틸레이터 쪽으로 가속되어 형광분말에 부딪히게 되고, 이 때 발생한 광자는 ITO 전극과 사파이어 유리를 통과하여 라이트 가이드 쪽으로 전달된다. 따라서 보다 양질의 영상을 얻기 위해서는 전자-광자 변환효율이 높은 형광분말의 제작 및 높은 광투과율을 가지는 ITO 전극의 제작이 요구되어진다. Fig. 5 는 본 논문에서 제작하고자 하는 신틸레이터의 형상 및 치수를 보여준다.

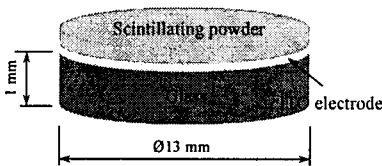


Fig. 5 Structure of the scintillator and its dimension

신틸레이터의 제작 순서는 다음과 같다. (1) 사파이어 유리 기관 위에 스퍼터링(sputtering) 방법으로 ITO 전극을 증착한다. (2) 믹서기(mixer)를 이용하여 형광분말과 물유리(water glass)를 물과 혼합한다. (3) ITO 전극이 증착된 사파이어 유리를 형광분말 혼합물 속에 담그어 약 20 분 동안 형광분말층을 ITO 전극 위에 침적시킨다. (4) 침적이 완료된 후 물의 요동에 따른 형광분말층의 흐트러짐을 방지하기 위해 사이펀법(siphon method)을 이용하여 수 시간 동안 서서히 물을 제거한다. (5) 대기 중에

서 하루 정도 형광분말층에 함유되어 있는 수분을 증발시킨다.

Table 2 Sputtering conditions

Target : 2inch		B.P : 8.0 X 10 <sup>-6</sup>							
Sub. - Target distance : 10cm		W.P : 1.6 X 10 <sup>-2</sup>							
Sub. Rotary speed : 5m/min		Ar flow : 198 SCCM							
	I-1	I-2	I-3	II-1	II-2	II-3	III-1	III-2	III-3
Sub. Temp	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C
Voltage	350V	350V	350V	450V	450V	450V	550V	550V	550V
Time	10min	20min	30min	10min	20min	30min	10min	20min	30min
Current	0.08A	0.08A	0.08A	0.21A	0.21A	0.21A	0.26A	0.26A	0.26A
%Ti(420nm)	96.2026	96.6333	81.498	66.936	67.7108	58.1571	67.0612	58.8167	41.2454
Resistant	None	None	None	10KΩ	5.9KΩ	1.7KΩ	7.3KΩ	1.5KΩ	215Ω

	V-1	V-2	V-3	VI-1	VI-2	VI-3
Sub. Temp	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
Voltage	350V	350V	350V	450V	450V	450V
Time	10min	20min	30min	10min	20min	30min
Current	0.09A	0.09A	0.09A	0.23A	0.23A	0.23A
%Ti(420nm)	87.7616	81.9591	81.0318	73.0541	70.3533	62.5663
Resistant	38KΩ	13KΩ	4KΩ	350Ω	110Ω	83Ω

	VII-1	VII-2	VII-3	VIII-1	VIII-2	VIII-3
Sub. Temp	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C
Voltage	350V	350V	350V	450V	450V	450V
Time	10min	20min	30min	10min	20min	30min
Current	0.11A	0.11A	0.11A	0.27A	0.27A	0.27A
%Ti(420nm)	94.4368	86.6295	86.3768	75.4631	75.8752	68.6562
Resistant	246Ω	90Ω	66Ω	49Ω	19Ω	14Ω

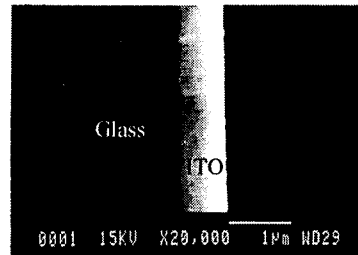


Fig. 6 SEM image of the section of a sputtered ITO electrode

##### 4.2 ITO 전극의 증착

신틸레이터에 있어서 전극으로서의 ITO 전극은 이차전자를 포집하기 위한 정전기장을 형성하기만 하면 되므로 그 전기저항 값은 그다지 중요하지 않다. 따라서 본 연구에서는 ITO 전극의 증착 실험에 있어서 증착 후 측정된 전극의 저항 값은 단지 전극의 증착여부를 판단하는 기준으로만 사용하였다. 반면, ITO 전극의 광투과율은 신틸레이터의 성능에 직접적으로 관여하는 중요한 성능 파라미터이므로 본 연구에서는 높은 광투과율을 가지는 박막을 얻고자 박막의 증착조건을 변화시키며 증착실험을 수행하였다. 스퍼터링 방법을 이용한 ITO 박막의 증착에 있어서, 공정변수로는 기판 온도와 스퍼터 건(gun)에 인가되는 전압, 그리고 증착시간 등을 들 수 있다. Table 2 는 이 3 가지

증착조건 및 해당 조건하에서 증착된 ITO 전극의 저항 및 광투과율의 측정값을 나타낸다. 증착조건으로 기판온도는 40°C, 100°C, 160°C, 인가전압은 350V, 450V, 550V, 증착시간은 10 분, 20 분, 30 분으로 변화시켰다. Table 2 의  $\alpha$ - $\beta$  형식으로 표시된 각 증착조건 번호에 있어서  $\alpha$ 는 I 에서 IX 까지 기판온도와 인가전압을 변화시켰고,  $\beta$ 는 1 에서 3 까지 증착시간을 변화시켰다. Fig. 6 은 증착된 ITO 전극의 단면 SEM 사진의 한 예를 보여주고 있다. 증착된 ITO 전극의 광투과율은 자외선-가시광선 분광광도계(UV-VIS spectrophotometer)를 사용하여 측정하였으며 Fig. 7 은 측정결과의 한 예를 나타낸다. 광투과율을 측정함에 있어서, 본 연구에서는 신틸레이터에서 발생한 광자를 검출하기 위한 PMT 의 피크 파장이 420nm 이므로 420nm 의 빛에 대한 투과율을 측정하여 ITO 전극의 광투과율에 대한 대표 값으로 선정하였다.

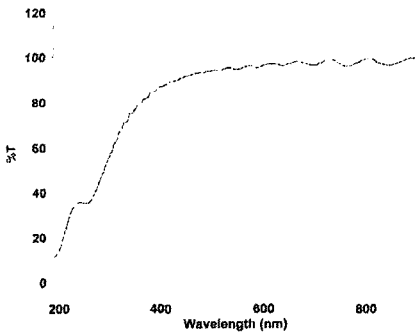


Fig. 7 Measurement result of transmittance of a ITO electrode

Fig. 8 은 Table 2 의 조건으로 제작된 각각의 샘플에 대하여 PMT 의 피크 파장인 420nm 에서의 광투과율을 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 VII-1 의 조건(기판온도 160°C, 인가전압 350V, 증착시간 10 분)에서 가장 높은 광투과율을 보였고, 이로부터 높은 기판 온도, 짧은 증착 시간, 낮은 인가전압에서 광 투과율이 최적화(최대화)됨을 알 수 있다. VII-1 의 증착조건으로 다수의 샘플을 제작하고 이 샘플들에 대하여 광투과율을 각각 측정 후 광투과율이 420nm 에서 동일한 값을 가지는 샘플들만 분별하여 후술하는 형광분말의 침적실험에 사용하였다.

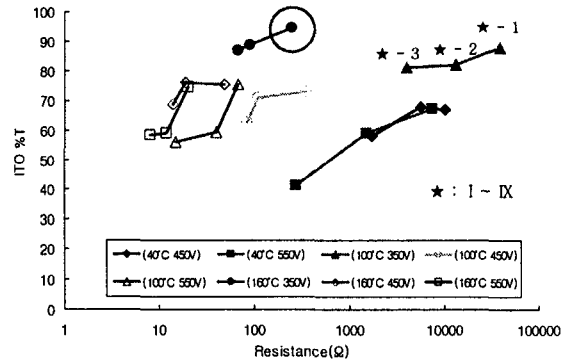


Fig. 8 Transmittance of sputtered ITO electrodes for the light with a wavelength of 420nm

### 4.3 형광분말의 침적

본 연구에서는 이차전자의 에너지를 빛 형태의 에너지로 변환하기 위한 형광물질로 시판되고 있는 Sylvania 사의 형광분말 P-48 ( $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Y_2SiO_5:Ce$ )을 사용하였다. 형광분말만을 물과 섞어 침적할 경우 형광분말 간의 아주 약한 결합으로 인해 형광분말층이 쉽게 파손되기 때문에 이를 방지하기 위해 형광분말의 침적시 결합제인 물유리를 첨가함으로써 형광분말 간에 결합력을 부여하였다. Fig. 9 는 제작한 신틸레이터의 사진이다.

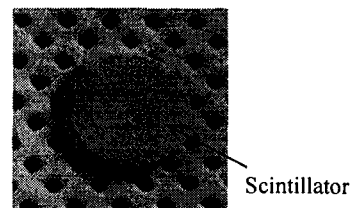


Fig. 9 A manufactured scintillator

### 4.4 형광분말의 침적조건 최적화

같은 양의 이차전자가 신틸레이터에 도달하였을 경우, 이 신틸레이터의 표면에 침적되어 있는 형광분말의 양에 따라 발생하는 에너지의 크기가 달라지고, PMT 에 도달하는 광자의 양 또한 달라져 스크린에 보이는 영상의 콘트라스트와 밝기에 있어서 차이가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 형광분말의 침적두께를 변화시키면서 다수의 신틸레이터를 제작하고 이 들을 사용하여 영상 측정

실험을 수행함으로써 침적두께가 영상의 질에 미치는 영향을 조사하여 침적두께의 최적화를 도모하였다.

Table 3 Experimental conditions where the deposited thicknesses of fluorescent powder are varied

	Fluorescent powder(g)	Water glass(g)	Mass ratio
$\alpha 1$	0.1	0.002	100 : 2
$\alpha 2$	0.15	0.003	100 : 2
$\alpha 3$	0.2	0.004	100 : 2
$\alpha 4$	0.25	0.005	100 : 2
$\alpha 5$	0.3	0.006	100 : 2
$\alpha 6$	0.35	0.007	100 : 2
$\alpha 7$	0.4	0.008	100 : 2
$\alpha 8$	0.45	0.009	100 : 2

Table 3 은 형광분말의 침적두께에 대한 제작 조건을 나타낸 것이다. 형광분말의 양을 변화시키고 그에 따른 물유리의 양도 함께 변화시켜 형광분말과 물유리 양이 100:2 의 비율을 유지하도록 하였다. Fig. 10 은 Table 3 의 조건으로 신틸레이터를 제작한 후 이를 SEM 장비의 검출기에 장착하여 격자형상의 표준시편을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 형광분말의 두께가 두꺼워질수록 이미지의 콘트라스트가 점점 작아지고 어두워짐을 알 수 있다. 이차전자의 충돌로 인해 형광분말에서 발생한 광자는 형광분말의 두께가 두꺼우면 두꺼울수록 PMT 에 도달하기까지 더 많은 형광분말과 부딪히게 되어 더 많은 에너지를 잃어버리게 되고, 따라서 PMT 까지 도달하는 광자의 양이 줄어들게 되어 결과적으로 콘트라스트가 작아지고 상이 어두워지는 것으로 생각된다. 이상에서 기술한 바와 같이 보다 양질의 영상을 얻기 위해서는 형광분말의 두께를 가능한 얇게 제작하여야 한다. 그러나, 형광분말의 두께를 지나치게 얇게 제작하면 제대로 된 영상을 얻어 낼 수 없다. Fig. 11 은 형광분말 0.02g 의 신틸레이터를 제작하여 표준시편을 측정된 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 매우 밝은 상이 얻어졌으나 콘트라스트가 매우 작아 시편의 요철이 제대로 관찰되지 않고 있다. 이상의 실험결과로부터 본 연구에 있어서 형광분말의 최적의 양은 대

략 0.1g 정도임을 알 수 있다.

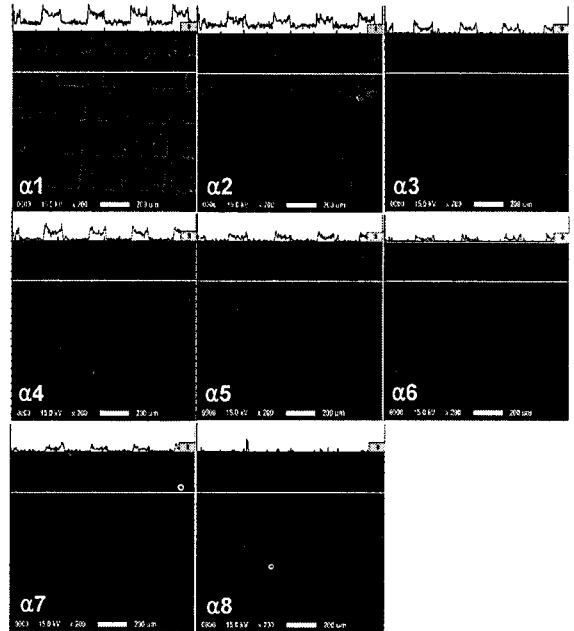


Fig. 10 SEM images acquired by changing the deposited thicknesses of fluorescent powder

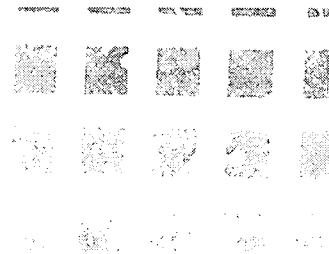


Fig. 11 SEM image in case that the very thin fluorescent powder(0.02g) is deposited

본 연구에서는 형광분말 침적시 분말 간에 결합력을 부여하기 위해 결합제로서 물유리를 첨가하였다. 이러한 물유리는 신틸레이터의 형광기능 및 발생한 광자의 PMT 로의 전달효율이라는 관점에서 보면 하나의 불순물로 생각될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 형광분말과 물유리의 질량비(물유리의 양)를 변화시키면서 다수의 신틸레이터를 제작하고 이 들을 사용하여 영상 측정 실험을 수

행함으로써 물유리의 양이 영상의 질에 미치는 영향을 조사하였다.

Table 4 Experimental conditions where the mass ratios are varied

	Fluorescent powder(g)	Water glass(g)	Mass ratio
$\beta_1$	0.05	0	100 : 0
$\beta_2$	0.2	0	100 : 0
$\beta_3$	0.2	0.002	100 : 1
$\beta_4$	0.2	0.006	100 : 3
$\beta_5$	0.2	0.01	100 : 5
$\beta_6$	0.2	0.014	100 : 7
$\beta_7$	0.2	0.018	100 : 9
$\beta_8$	0.2	0.02	100 : 10

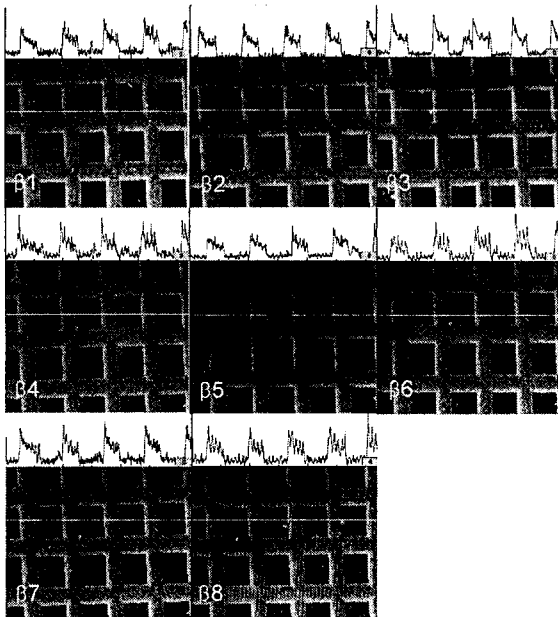


Fig. 12 SEM images acquired by changing the mass ratios between fluorescent powder and water glass

Table 4 는 형광분말과 물유리의 질량비에 대한 제작 조건을 나타낸 것으로,  $\beta_1$  과  $\beta_2$  는 물유리를 전혀 첨가하지 않고 형광분말의 양만을 변화시킨 경우이고,  $\beta_3$  부터  $\beta_8$  까지는 물유리의 질량비를 일

정한 간격으로 증가시킨 경우이다. Fig. 12 는 Table 4 의 조건으로 신틸레이터를 제작한 후 표준시편을 측정된 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 물유리의 첨가로 인해 측정된 영상에 다소의 노이즈가 발생하고 있으나 콘트라스트와 밝기에 있어서는 물유리의 유무 및 그 양에 관계없이 비슷한 수준의 영상을 얻고 있다. 이상으로부터 보다 양질의 영상을 얻기 위해서는 물유리를 첨가하지 않은 것이 바람직할 수 있지만 물유리의 첨가가 신틸레이터의 성능에 미치는 영향은 그다지 크지 않으므로 신틸레이터 제작시 형광분말 간의 결합을 위해 약간의 물유리를 첨가하는 것은 바람직한 것으로 생각된다.

#### 4.5 선진 제품과의 비교실험

신틸레이터를 제작한 후 선진사의 SEM 에 사용되는 기존 제품과 동일한 실험 조건에서 비교 실험을 수행하였다 Fig. 13 은 실험 결과를 나타낸 것으로, 시편의 같은 부분을 스캐닝(scanning)하여 획득한 영상과 직선으로 표시된 특정 부분의 그레이 스케일(gray scale) 영상을 나타낸 것이다. 본 연구를 통해 제작한 신틸레이터(a)가 기존 제품(b)에 비해 동등 이상의 성능을 보임을 알 수 있다.

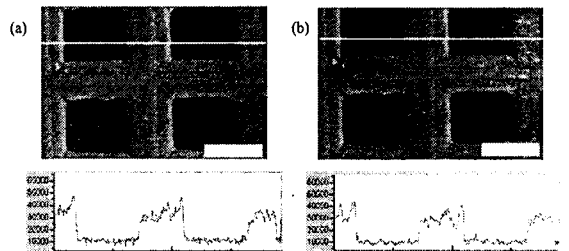


Fig. 13 SEM images: (a) with our scintillator and (b) with a conventional scintillator

#### 5. 결론

본 연구에서는 패러데이 케이지, 신틸레이터, 코로나 링, 라이트 가이드, 광전자증배관 등으로 구성되는 주사전자현미경용 전자검출기를 설계, 제작하였다. 제작된 검출기를 이용하여 검출실험을 수행하였으며, 그 결과 실용적으로 사용하기에 충분한 성능을 보이고 있음을 확인하였다. 또한 검출기의 부품 중 비교적 고가이고 소모성 부품인

신틸레이터를 자체 제작하였으며, 그 성능을 최적화하기 위해 최적의 광투과율을 가지는 ITO 전극의 증착조건에 관한 실험을 수행하였고 형광분말의 침적두께 및 몰유리의 양이 신틸레이터의 성능에 미치는 영향에 관한 실험을 수행하였다. 자체 제작한 신틸레이터와 선진사 제품의 성능을 비교 실험한 결과, 자체 제작한 신틸레이터는 선진사 제품에 비해 동등 이상의 성능을 보였다.

본 연구를 통해 얻은 결과는 최근 들어 그 수요가 급증하고 있는 주사전자현미경의 국산화 및 관련기술의 발전에 크게 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

## 후 기

이 논문은 산업자원부 차세대신기술개발사업(총괄과제명:이온빔 이용 나노가공용 장비 개발)의 위탁과제 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

## 참고문헌

1. Oh, H. J., Chang, D. Y., Yang, H. N., Kim, D. H., Park, M. J., Shim, C. H. and Kim, C. S., "The Development of Scanning Electron Microscopy," Proc. KSMTE Spring Conf., pp. 15-18, 2005.
2. Park, M. J., Kim, D. H., Kim, Y. D., Jang, D. Y. and Han, D. C., "Design and Control of Mini-Scanning Electron Microscope," Proc. KSME Spring Ann. Meeting, pp. 1271-1276, 2007.
3. Park, K., Jung, H., Park, M., Kim, D. and Jang, D., "A Study on Design and Analysis for Magnetic Lenses of a Scanning Electron Microscope using Finite Element Method," J. of the KSPE, Vol. 24, No. 9, pp. 95-102, 2007.
4. Lee, R. E., "Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis," Prentice-Hall, Inc., pp. 119-148, 1993.
5. Knoll, G. F., "Radiation Detection and Measurement," John Wiley & Sons, Inc., pp. 219-305, 2000.