SEM용 전자검출기의 제작 및 성능평가

김지원†·전종업*·부경석**

Manufacture and Performance Estimation of Electron Detector for SEM

Ji Won Kim, Jong Up Jeon and Kyeung Seok Boo

Key Words: Scanning Electron Microscope(주사전자현미경), Electron Detector(전자검출기), Scintillator(신틸레이터), Numerical Analysis(수치해석)

Abstract

The nature of the signal collected by an SEM(Scanning Electron Microscope) in order to form images are all dependent on the detector used to collect them, and the quality of an acquired images is strongly influenced by detector performance. Therefore, the development of detector with high performance is very important for improving on the resolution of SEM. This paper presents the manufacture of secondary electron detector and the optimal position of electron detector through numerical analysis in SEM.

기호설명

I: 전류(A)
V: 전압(v)

1. 서 론

최근 다양한 산업분야에서 SEM(Scanning Electron Microscope)의 용도가 급격히 증가하고 있음으로 국내에서도 SEM의 구성요소에 대한 연구가 진행되고 있다.[1-2] 특히, 검출기 연구는 양질의 영상을 획득하기 위한 중요 기술로써 광신호에 대한 반응시간을 빠르게 할 수 있는 PMT(Photomultiplier Tube)가 널리 이용되고 있다. 따라서 본 논문에서는 SEM용 전자검출기의 제작에 대해 기술하고, PMT의 특성에 따른 ITO 전극의 증착조건 및 형광물질 침적조건의 최적화에 관한 연구를 위하여 제작한 신틸레이터의 성능을 평가하였다. 또한, 주사전자현미경의 챔버내에서 검출기의 최적위치를 선정하기 위하여 검출기의 위치에 따른 이차전자 검출율을 계산하기 위한 해석 절차와 결과에 대해 기술한다.

† 회원, 울산대학교 일반대학원 기계자동차공학과
E-mail : mems78@mail.ulsan.ac.kr
TEL : (052)259-1499 FAX : (052)259-1680
* 울산대학교 공과대학 기계자동차공학부
** 울산대학교 일반대학원 기계자동차공학과

2. 검출기의 제작

2.1 검출기의 기구부

이차전자(secondary electron)의 검출은 고진공 상태에서 이루어지기 때문에 이러한 환경에서도 outgasing 현상이 없는 재료를 선정해서 검출기 기구부를 구성하여야 한다. 아래 Fig. 1은 전자검출기의 조립도이고, Table 1에 Fig. 1의 각 부품명을 나타내었다.

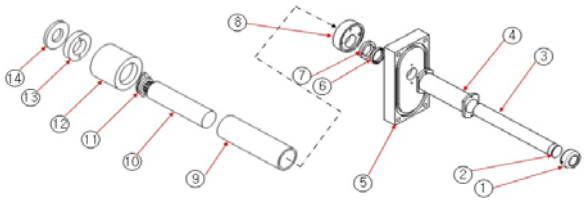

Fig. 1 Assembly of electron detector

Table 1 Parts name of electron detector

번호	부품명	번호	부품명	번호	부품명
1	Corona ring	6	O-ring fix washer	11	PMT socket
2	Scintillator	7	Nut	12	Circuit housing
3	Light guide	8	PMT housing connector	13	PMT fixer
4	Faraday cage supporter	9	PMT housing	14	PMT pusher
5	Plate	10	PMT		

2.2 검출기의 회로부

검출기에 필요한 회로는 두 가지로 나누어 제작되었으며, 이는 PMT(본 실험에서는 HAMAMATSU사의 R6249 제품을 사용하였으며, Peak wave length는 420nm이다.)를 구동하기 위한 고전압 인가회로와 PMT에서 증폭된 전류 신호를 전압으로 변환해서 증폭하는 회로(I/V 변환회로)이다. PMT는 입사되는 광자를 photocathode를 통하여 전자로 변환하고 dynode에서 전자의 수를 증폭한 후 최종 출력단인 anode에 도달하게 한다. Anode에 도달한 전자들의 흐름은 전류신호로써 전압으로 변환되기 위해 I/V회로로 입력된다.

2.2.1 PMT의 고전압 인가회로

PMT를 구동하기 위해서는 고전압이 필요한데, 본 연구에서는 -1kV의 전압을 사용하였다. PMT에 입력되는 고전압은 같은 크기의 저항을 배열해서 각 dynode에 똑같은 전위차를 주어 전위를 높여가며 인가한다. 출력단자에서 나오는 전류신호를 I/V 변환회로에 연결할 때, 신호선에 작용하는 노이즈를 차단하기 위하여 BNC케이블을 사용하여 연결하였다.

2.2.2 I/V 변환회로

PMT의 anode에서 나오는 전류 신호를 오실로스코프나 A/D컨버터를 사용해서 처리하기 위해서는 반드시 전압신호로의 변환이 필요한데, 이럴 경우 전류를 전압신호로 바꾸는 I/V변환 회로를 사용하여야 한다. 보다 구체적이고 실용적인 I/V 변환회로를 설계하기 위하여 입력전류를 실제 PMT의 anode에서 출력되는 전류의 범위로 설정한 후, 전류의 증가에 따라 전압이 비례적으로 증가하는 것을 확인하였으며, I/V 변환회로를 설계함과 아울러 변환된 전압 신호를 증폭하는 main amplifier를 설계하여 회로를 구성하였다. 회로는 PMT에서 나오는 상당히 미약한 전류를 변환 및 증폭하기 위하여 제작되었기 때문에 회로 외부에서 발생하는 노이즈의 제거에 만전을 기하였다. 회로의 구동을 위해 사용되는 소형 직류전원장치가 지니고 있는 노이즈의 영향도 무시할 수 없기 때문에 커패시터 필터를 사용해서 원천적으로 노이즈를 차단하였다.

3. 검출기의 보완 및 검출실험

3.1 검출기의 보완 설계 및 제작

3.1.1 Faraday cage추가

이미 제작된 검출기의 성능을 개선하기 위하여, 더욱 많은 양의 이차전자를 검출하기 위한 패러데이 케이지를 추가로 장착하여 설계 및 제작하였다. Fig. 2는 본 연구에서 설계하고 제작한 패러데이 케이지를 나타낸 것으로, 재질은 SUS304가 사용되었고, 선경 0.5mm, 선 간격 3mm의 그물망(mesh)의 반구형태로 성형하여 제작하였다. Fig. 3에서, (a)는 패러데이 케이지를 지지하기 위한 것이며 전기적 절연을 위해 MC 나일론을 사용하여 제작되었다. (b)는 패러데이 케이지에 전압을 인가하기 위한 전선으로써 패러데이 케이지와 나사로써 체결이 되며, -50V에서 300V정도의 전압을 견딜 수 있을 정도의 전선으로 제작되었다.

3.1.2 고전압 전원선의 집적

이차전자 검출기의 구성요소 중 패러데이 케이지, 코로나 링, 그리고 신틸레이터 등은 각각 이차전자를 검출, 가속, 수집하는데 사용되며, 이러한 역할을 수행하기 위해서 각 요소에는 수백 볼트에서 수만 볼트가 인가되어져야 한다. SEM의 진공 챔버 내부는 상당한 진공도를 유지해야 하는데 이를 충족시키기 위해서는 특수한 장치인 feedthrough를 장착하여 챔버 내부로 전선을 연결하였다.

상기 기술한 내용을 바탕으로 패러데이 케이지를 추가한 이차전자검출기를 보완 제작하였다. 보완 제작된 검출기는 Fig. 4와 같다. 패러데이 케이지와 supporter간에 나사결합방식을 채택하여 패러데이 케이지를 죔과 풀림을 함으로써 전·후진

Fig. 2 Faraday cage

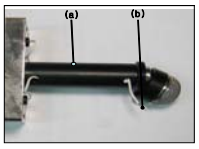

Fig. 3 Addition of Faraday cage

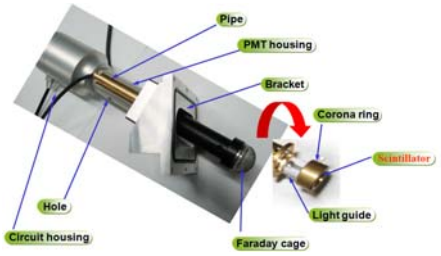

Fig. 4 Completed detector and name of component

을 통해 시편과 패러데이 케이지간의 간격을 조절하기 위함이다. 이는 시편과 패러데이 케이지 사이의 간격이 이차전자의 양에 상당한 영향을 미칠 것으로 예측되어, 검출기의 최적 위치를 결정하기 위함이다.

3.2 보완 검출기를 이용한 Faraday cage 인가전압에 따른 검출실험

본 연구에서 제작한 이차전자 검출기(Prototype Ⅱ)를 서울산업대학교에서 제작한 SEM에 장착하여 검출실험을 수행하였다. Fig. 5는 패러데이 케이지에 인가한 전압에 따라 획득된 SEM 영상을 캡쳐한 것으로 전압에 따라 각기 다른 밝기를 가지는 것을 보여준다. 패러데이 케이지에 인가한 전압이 높을수록 전체적으로 밝은 영상과 명암비가 뚜렷한 영상을 획득할 수 있었다. 이는 높은 양의 전압이 인가될수록 음의 전하를 가지는 전자가 더 많이 포획되는 것을 의미하며, 이러한 현상으로 인해 보다 양질의 영상을 얻을 수 있다는 것을 실험적으로 확인하였다. Fig. 5에서 -50V일 경우에는 이차전자들이 거의 포획되지 않고 반사전자들만 포획되었는데, 영상의 밝기를 조정하여 반사전자들에 의한 영상을 획득함을 보여준다. 검출

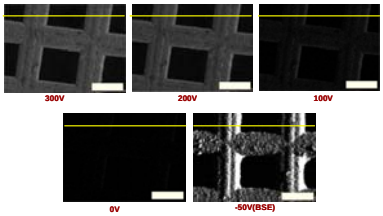

Fig. 5 SEM image by voltage that approve Faraday cage

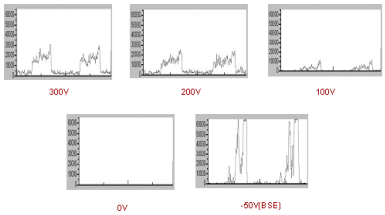

Fig. 6 Gray scale by voltage that approve Faraday cage

기의 신틸레이터 표면이 시편의 오른쪽에 위치하여 왼쪽의 시편을 향하고 있으므로, 신틸레이터의 면과 마주보는 시편의 면에서 방출되는 이차전자들이 반대의 면에서 탈출하는 그것과는 달리 상대적으로 많이 검출되어 밝게 나타남을 알 수 있다. Fig. 6은 Fig. 5에서 획득한 영상에 있는 가로로 그은 직선을 따라 나타나는 gray scale의 크기를 도시한 것이다.

4. 신틸레이터의 제작 및 실험

본 논문의 신틸레이터는 Fig. 7에서 나타낸 바와 같이 고전압을 인가할 수 있는 ITO 전극 부분과 이차전자를 광신호로 변환하는 발광물질인 형광분말 층으로 나누어진다. 전극 부분은 형광분말에서 변환된 광신호를 PMT로 전달하여야 하므로 낮은 전기저항과 광투과성이 뛰어난 ITO를 sputtering기법으로 증착하고, 형광분말층은 전극부분 위에 형광분말을 물과 잘 섞은 후 침적시켜 제작하게 된다.

4.1 신틸레이터의 제작

4.1.1 ITO 증착

ITO(Indium Tin Oxide)는 In2O3에 Sn을 doping 시켜 degenerate semiconductor 형태를 만들어 전기저항을 낮춘 것이 기본구조이다. 낮은 전기저항을 가지기 때문에 display 장치를 구동시키는데 요구되는 전압을 낮게 하여 장치 design의 유연성을 높여준다. 투과도의 측정은 자외선-가시광선 분광광도계(UV-VIS spectrophotometer)를 사용하여 측정하였으며, 본 실험에 사용된 PMT의 Peak wave length가 420nm이므로, 이 영역에서 광투과율이 높은 샘플을 선정하여야 한다.

4.1.2 형광분말 침적

형광물질(Fluorescent material)이란, 빛에너지가 형광체 결정 (phosphor crystal)에 흡수되면, 이를 다

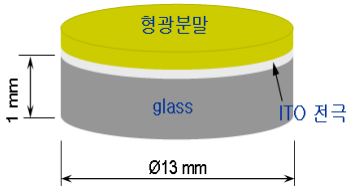

Fig. 7 Structure of scintillator

다시 다른 빛에너지 형태의 에너지를 방출하는 것을 말한다. 신틸레이터에 사용될 수 있는 형광물질들은 BaF2, CsI(Ti), NaI(Ti), CsI(Na), CaF2, YAP:ce, CsF, ZnS(Ag) 등이 있으나, 본 논문에서는 희토류 형광물질 중 Sylvania 社 의 형광분말들을 사용하였다. 하지만, 희토류 형광물질만 침적했을 시 아주 약한 결합을 가지며 쉽게 파손되기 때문에 결합제 역할을 하는 물유리도 함께 혼합하여 제작한다.

4.2 신틸레이터 제작조건의 최적화

4.2.1 ITO증착의 최적화

Sputtering System을 이용한 ITO 박막의 증착에 있어서는 일반적으로 기판 온도와 스퍼터 건에 인가되는 전압, 그리고 증착시간을 조정함으로써 ITO 박막 증착조건의 최적화를 도모한다. 3가지의 증착 조건 중, 특히, 스퍼터 건의 인가전압 및 증착시간은 면저항과 광투과율에 직접적인 영향을 미치게 되는데, 면저항은 ITO 막이 제대로 증착되었는가를 판단하는 기준일 뿐이며, 신틸레이터에서 ITO 막의 두께는 이차전자의 포집에는 아무런 영향을 주지 않는다. 반면, 광투과율은 신틸레이터의 성능에 직접적으로 관여를 하게 됨으로써 높은 광투과율을 확보하기 위한 ITO 박막의 증착이 본 항의 목적이라 할 수 있다. Table 2는 ITO 박막의 증착 조건을 변화시켜 증착을 하고, 각 샘플에 대한 면저항값을 측정하여 기록한 표이다. α-β의 형식의 각 샘플은 α는 Ⅰ에서 Ⅸ까지 기판온도와 인가전압을 변수로 지정하고, β는 1에서 3까지 증착시간을 변수로 지정하여 모두 27가지에 대한 ITO 박막의 증착 조건을 보여주고 있다.

Fig. 8은 Table 1의 조건으로 제작된 각각의 샘플에 대해 광투과율을 측정하여 PMT의 peak wave length인 420nm에서의 광투과율을 도시한 그래프이다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 Ⅶ-1의 조건이 420nm에서 가장 높은 광투과율을 보였고, 이는 ITO를 증착함에 있어서 높은 기판 온도, 짧은 증착 시간, 낮은 인가전압에서 광 투과율이 최적화됨을 알 수 있다.

Ⅶ-1의 Sputtering 조건으로 다수의 샘플을 제작하고, 이 샘플들에 대해 면저항과 광투과율을 측정

Table 2 Sputtering Condition

Target : 2inch
Sub. - Target distance : 10Cm
Sub. Rotary speed : 5m/min
B.P : 8.0 X 10^-6
W.P : 1.6 X 10^-2
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	0.09A	0.09A	0.09A	0.21A	0.21A	0.21A	0.26A	0.26A	0.26A
%T(420nm)	96.2026	96.6933	81.499	66.996	67.7109	59.1571	67.0612	59.9167	41.3454
Resistant	None	None	None	10KΩ	5.5KΩ	1.7KΩ	7.3KΩ	1.5KΩ	275Ω

	Ⅳ-1	Ⅳ-2	Ⅳ-3	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	100°C	100°C	100°C
Voltage	350V	350V	350V	450V	450V	450V	550V	550V	550V
Time	10min	20min	30min	10min	20min	30min	10min	20min	30min
Current	0.09A	0.09A	0.09A	0.23A	0.23A	0.23A	0.27A	0.27A	0.27A
%T(420nm)	87.7615	81.9551	81.0318	73.0941	70.9533	62.5653	75.517	53.2031	56.0566
Resistant	38KΩ	13KΩ	4KΩ	350Ω	110Ω	83Ω	68Ω	40Ω	15Ω

	Ⅶ-1	Ⅶ-2	Ⅶ-3	Ⅷ-1	Ⅷ-2	Ⅷ-3	Ⅸ-1	Ⅸ-2	Ⅸ-3
Sub. Temp	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C
Voltage	350V	350V	350V	450V	450V	450V	550V	550V	550V
Time	10min	20min	30min	10min	20min	30min	10min	20min	30min
Current	0.11A	0.11A	0.11A	0.27A	0.27A	0.27A	0.33A	0.33A	0.33A
%T(420nm)	94.4968	88.6295	86.9784	75.4631	75.8752	68.5563	74.4348	58.9671	58.3996
Resistant	24KΩ	9KΩ	5KΩ	4KΩ	1KΩ	1KΩ	20Ω	12Ω	9Ω

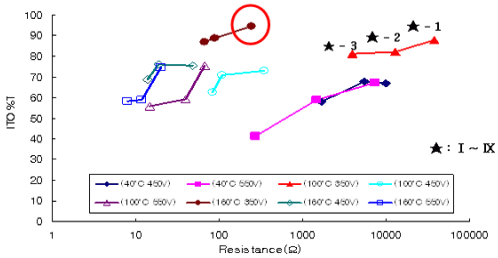

Fig. 8 Transmittance of ITO electrode

한 후, 광투과율이 420nm에서 일정한 값을 가지는 샘플들만 분별하여 측정실험을 수행한다.

4.2.2 형광분말의 침적두께에 따른 성능평가

같은 양의 이차전자가 신틸레이터에 도달하였을 경우, 이 신틸레이터의 표면에 침적되어 있는 형광분말의 양에 따라 발광되는 에너지의 크기가 달라지고, 증폭되는 신호의 크기도 달라져 스크린에 보이는 영상의 콘트라스트와 밝기에 있어서 차이가 발생한다. Fig. 9는 형광분말의 침적두께에 대한 실험 조건과 측정한 이미지를 나타낸 것으로 형광분말의 양을 변화시키고, 그에 따른 물유리의 양도 함께 변화시켜 형광분말과 물유리 양이 100:2의 일정한 비율이 유지되도록 하여 신틸레이터 제작 후 SEM장비를 이용하여 측정하였다. 형광분말의 두께가 두꺼워지게 되면 이미지의 콘트라스트가 작아지고 어두워짐을 알 수 있다. 그 이유는 다음과 같이 해석될 수 있다. 이차전자가 형광분말이 두껍게 침적된 신틸레이터와 충돌하게 되면, 광자가 PMT에 도달하기까지 형광분말의 두께가 두꺼울수록 더 많은 형광분말과 부딪히게 되어 더 많은 에너지를 잃어버리게 되고, 따라서 PMT까지 도달하는 광자의 양이 줄어들어 결과적으로 콘트라스트가 작아지고 상이 어두워지는 것으로 생각된다.

	형광분말(g)	물유리(g)	비고
α1	0.1	0.002	100 : 2
α2	0.15	0.003	100 : 2
α3	0.2	0.004	100 : 2
α4	0.25	0.005	100 : 2
α5	0.3	0.006	100 : 2
α6	0.35	0.007	100 : 2
α7	0.4	0.008	100 : 2
α8	0.45	0.009	100 : 2

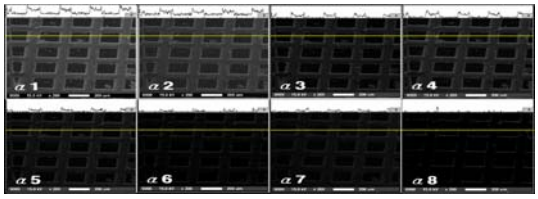

Fig. 9 Performance by fluorescent powder thickness

	형광분말(g)	물유리(g)	비고
β1	0.05	0	100 : 0
β2	0.2	0	100 : 0
β3	0.2	0.002	100 : 1
β4	0.2	0.006	100 : 3
β5	0.2	0.01	100 : 5
β6	0.2	0.014	100 : 7
β7	0.2	0.018	100 : 9
β8	0.2	0.02	100 : 10

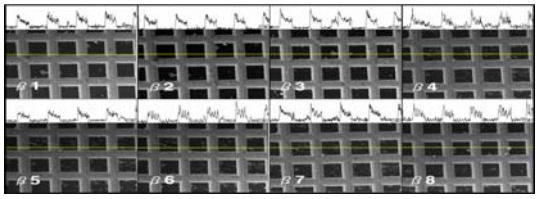

Fig. 10 Performance by mass ratio of water glass

4.2.3 물유리의 질량비에 따른 성능평가

신틸레이터의 기능에 있어서, 물유리는 형광분말의발광성능을 제한하는 불순물로 생각되나, 물유리의 첨가는 형광분말을 단단히 고정하는 역할을 하게 되므로 신틸레이터의 제작 측면에서 중요한 역할을 하게 된다. 따라서 본 항에서는 물유리의 양이 신틸레이터의 성능에 어떠한 영향을 미치는가를 실험을 통해 확인하고, 물유리의 질량비를 최적화시키고자 한다.

Fig. 10은 형광분말과 물유리의 질량비에 대한 제작 조건과 그 측정결과를 보여준다. 그림에 있어서, β1과 β2는 물유리를 전혀 첨가하지 않은 조건에서 측정한 결과이고, β3부터 β8까지는 물유리의 질량비를 일정하게 증가시킨 조건에서 측정한 결과이다. 대체로 같은 콘트라스트를 가지지만, 물유리를 첨가한 신틸레이터의 영상을 gray scale로 확인한 결과, 표면이 다소 거칠게 나타났다. β3은 물유리를 약간 섞어(형광분말과 물유리의 비율 100:1) 제작한 신틸레이터의 영상으로 그림에서 보는 바와 같이 β1과 β2의 영상과 비교해 보면 표면 거칠기에 있어서의 차이가 그다지 크지 않음을 알 수 있다. 이상으로부터, 일반적으로 보다 양질의 영상을 얻기 위해서는 물유리를 첨가하지 않는 것이 바람직하지만, 신틸레이터 제작상의 어려움으로 인한 소량의 물유리 첨가는 신틸레이터의 성능에 그다지 큰 영향을 주지 않음으로 신틸레이터 제작 시 약간의 물유리를 첨가하는 것은 바람직한 것으로 생각된다.

5. SEM 챔버내 이차전자의 거동해석

SEM의 진공 챔버내 검출기의 최적위치를 선정하기 위하여, 전자기장 해석 프로그램인 VECTOR FIELDS사의 OPERA-3d를 이용하여 이차전자의 거동 해석을 수행하였다. Fig. 11은 기본 해석 조건 하에서 이차전자의 거동해석을 수행한 결과로 시편에서 방출된 이차전자가 어떤 궤적을 그리며 검출기에 도달하는지 알 수 있다. 본 절에서는 검출기의 최적 위치를 선정하기 위해, 상기한 해석 파라미터 값을 변화시키며(해석 변수 이외의 파라미터들의 값으로는 상기한 기본 값을 사용) 각각의 경우에 대한 검출율 시뮬레이션을 수행하였다.

5.1 신틸레이터와 시편간 거리에 따른 검출율

검출기의 신틸레이터와 시편간 거리에 따라 검출율이 어떻게 변화하는지 파악하여 검출기의 최적 위치를 선정하기 위해 기본해석 파라미터 값 중 검출기의 신틸레이터와 시료간의 거리를 47.2mm~195.5mm의 범위내에서 13mm씩 증가시키며 패러데이 케이지가 있는 경우와 없는 경우 각각에 대하여 검출율 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 11-(A)의 해석결과로부터 패러데이 케이지가 없을 때가 있을 때보다 더 높은 검출율을 보임을 알 수 있다. 또한 패러데이 케이지 유무에 관계없이 신틸레이터와 시편간의 거리가 가까워질수록 검출율이 높아짐을 알 수 있다. 이로부터 높은 검출율을 얻기 위해서는 가능한 한 신틸레이터를 시편 가까이 위치시키는 것이 바람직함을 알 수 있으나 신틸레이터(검출기)와 시편 간의 거리가 과도하게 가까워지게 된다면, 검출기에 인가된 고전압에 의해 발생된 강한 전기장이 시편에 입사되는 일차전자빔(primary electron beam)의 궤적에 영향을 줄 수 있으므로, 신틸레이터(검출기)를 시편 가까이 위치시키는 데에는 한계가 있다.

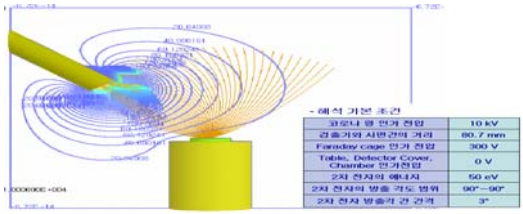

Fig. 11 Equipotential and conduct secondary in basis analysis condition

5.2 신틸레이터와 검출기 Cover간의 상대 위치에 따른 검출율

신틸레이터의 검출기 Cover에 대한 상대 위치에 따른 검출율을 파악하여 검출기내 신틸레이터의 최적 위치를 선정하기 위해 기본해석 파라미터 값 중 신틸레이터 위치를 -27mm~63mm(기준 위치를 0으로 하고, '-'는 신틸레이터가 시편에 가까워짐을 의미하며, '+'는 시편으로부터 멀어짐을 의미함)의 범위 내에서 9mm씩 증가시키며 검출율 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 11-(B)로부터 패러데이 케이지가 없을 때가 있을 때보다 높은 검출율을 보이고, 패러데이 케이지가 없을 때는 기준위치에서 가장 높은 검출율을 보이며 패러데이 케이지가 있을 때는 -9mm부터 55mm까지 일정한 검출율을 보이고 있다. 따라서 패러데이 케이지가 없는 경우, 신틸레이터는 검출기 Cover 안쪽 기준위치에 설치하여야 하고, 패러데이 케이지가 있는 경우에는 검출기 Cover 안쪽 -9mm~55mm 구간 내에서는 어느 위치에 설치하여도 무방하다.

5.3 검출기 각도변화(type1)에 따른 검출율

검출기 각도 변화(type 1)에 따른 검출율의 변화를 파악하여 검출기의 최적위치를 선정하기 위해 검출기와 챔버가 만나는 지점에 검출기를 고정하고 검출기의 각도를 고정점을 중심으로 0°～90°범위 내에서 5°씩 증가시키며 검출율 시뮬레이션을 수행하였다. Fig.11-(C)에 나타난 바와 같이 패러데이 케이지가 없을 때가 있을 때보다 검출율이 높고, 패러데이 케이지가 없을 때는 45°에서 검출율이 높으며 패러데이 케이지가 있을 경우는 25°~55°에서 검출율이 높게 나타남을 알 수 있다.

5.4 검출기 각도변화(type2)에 따른 검출율

검출기 각도 변화(type 2)에 따른 검출율의 변화를 파악하여 검출기의 최적위치를 선정하기 위해 Fig. 11-(D)의 밑 부분에 나타낸 바와 같이 검출기가 항상 시편에 대면하는 상태를 유지하면서 검출기 전체를 회전시킴으로써 검출기의 각도에 변화를 주었다. 각도 변화는 0°~80°범위 내에서 0°부터 5°씩 증가시키며 검출율 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 11-(D)의 결과로부터 패러데이 케이지가 없을 때가 패러데이 케이지가 있을 때보다 검출율이 높게 나타남을 알 수 있다. 패러데이 케이지가 없는 경우는 약 45°일 때 최대 값에 도달하며 패러데이 케이지가 있는 경우에는 약 20°일 때 최대 값에 도달한다.

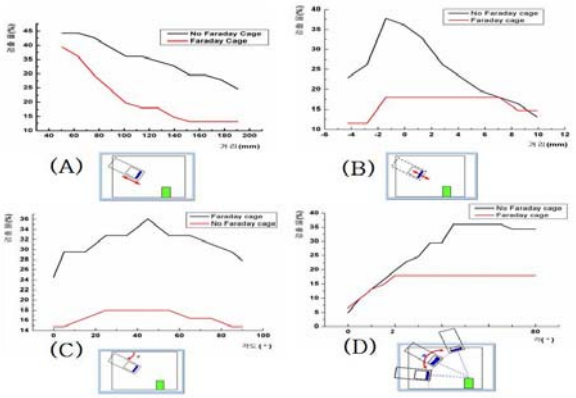

Fig. 12 The detection rate by variety parameter

따라서 패러데이 케이지를 사용하지 않고 검출기의 각도는 45°일 때 높은 검출율을 얻을 수 있다.

6. 결론

주사전자현미경 용 이차전자 검출기의 기구부, PMT 구동회로, I/V 변환회로, 전압 증폭기 등을 설계, 제작하였다. 본 연구에서는 검출기의 부품 중 비교적 고가이고 소모성 부품인 신틸레이터의 최적 제작 조건에 관한 연구를 수행하였으며, 챔버내 검출기의 최적위치를 선정하기 위해 유한요소 해석법을 이용하여 이차전자의 거동해석을 수행하였다.

후 기

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

참고문헌

(1) Jang, D. Y., Park, M. J., Kim, J. H., Han, D. C., 2004, "Development of a multi-functional nano-fabrication system for fabrication and measurement", *Proceedings of the Ksmte Spring Conference*. pp.472~477.

(2) Lee, S. U., Jeon, J. U., Han, S. H., 2004, "The Electron Detector in Scanning Electron Microscope" *Proceedings of the Ksmte Spring Conference*. pp.513~517.