

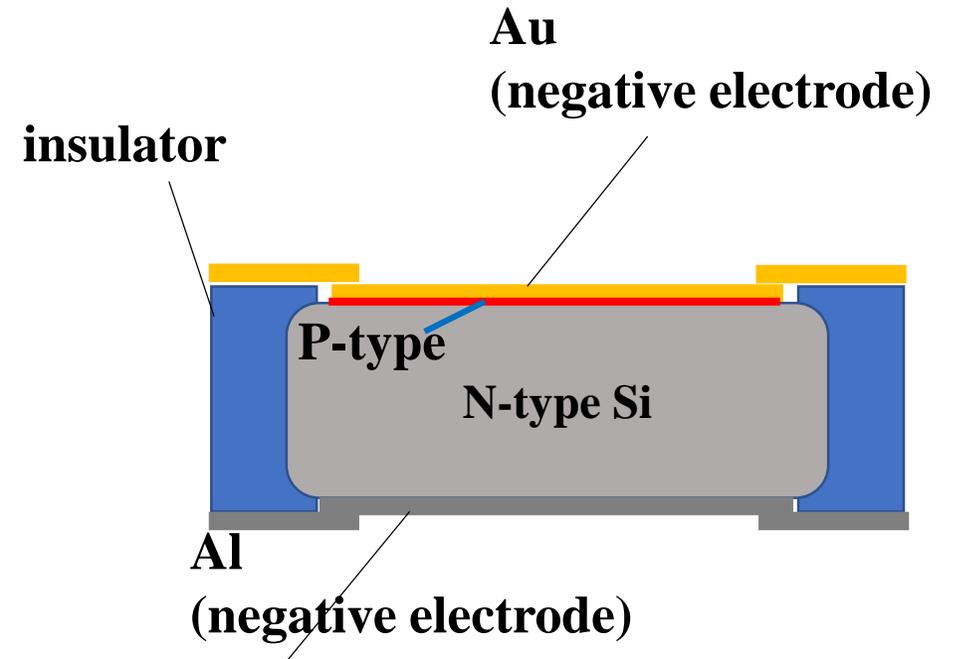
Mesurements of Energy spectrum

Purpose of experiments

- Scintillation yield를 측정하기 위해서는 Scintillator에 deposit 된 에너지와 그 때 발생하는 photon의 수를 정확히 측정해야한다.
- 이 때, Scintillator에 deposit 되는 에너지의 양을 보다 정확히 하기 위해 Surface barrier Detector를 이용하여 beta particle의 에너지를 측정한다.

Surface barrier detector

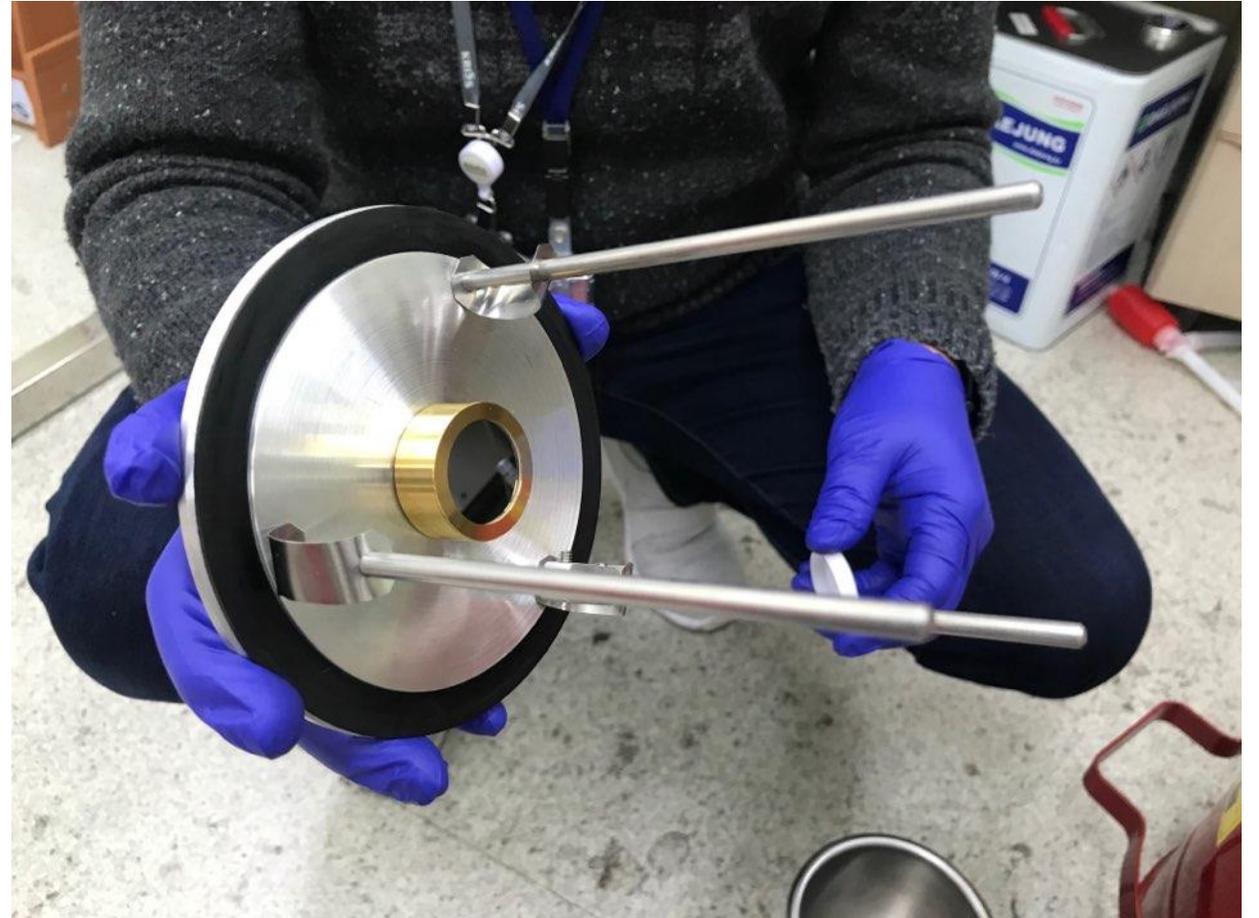
- N-type Silicon semi-conductor의 표면을 산화시켜 p-type을 만들고, 다시 그 표면을 Ni 혹은 Au 등의 금속을 얇게 흡착시켜 전극을 만듦.
- 공핍층에 energy deposit이 생기면 electron-hole pair가 만들어지고, electron과 hole은 전류를 만든다.
- 이 때의 전류의 크기를 측정하여 energy deposit을 계산한다.
- Depletion region이 매우 얇기 때문에 alpha particle, 무거운 하전입자를 검출할 때, 혹은 그 energy spectrum을 측정할 때 사용한다.



실제 Surface Barrier Detector



Surface Barrier Detector



Vaccum chambe의 뚜껑에 부착된 Surface Barrier Detector

Vaccum Chamber



Vaccum chamber



Vaccum chamber



Vaccum pump

Main idea

- 만약 beta particle이 aluminum mylar로 감싼 scintillator 2개를 통과하고, 그 뒤의 p-n junction Silicon semi-conductor에 energy deposit이 있다면, 실제 scintillation yield 측정 실험에서 첫번째 scintillator에 남기는 에너지의 분포는 Landau distribution과 동일하다고 생각할 수 있을 것이다.

Simulation

- 시뮬레이션 결과 Aluminum wrapped 된 Scintillator 2개를 통과 하여 나오는 beta particle은 없었다.

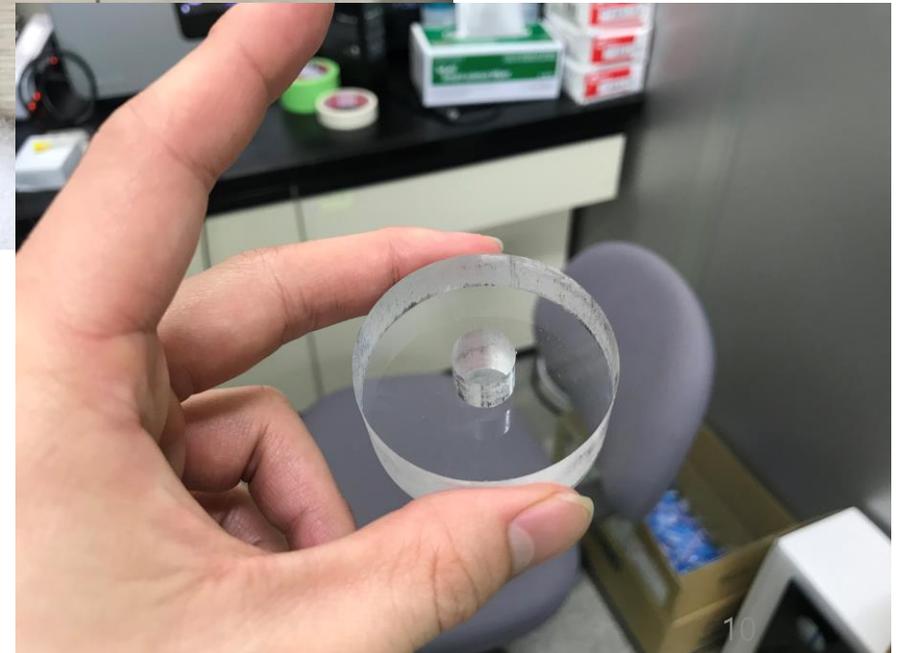
Alpha particle

Main idea

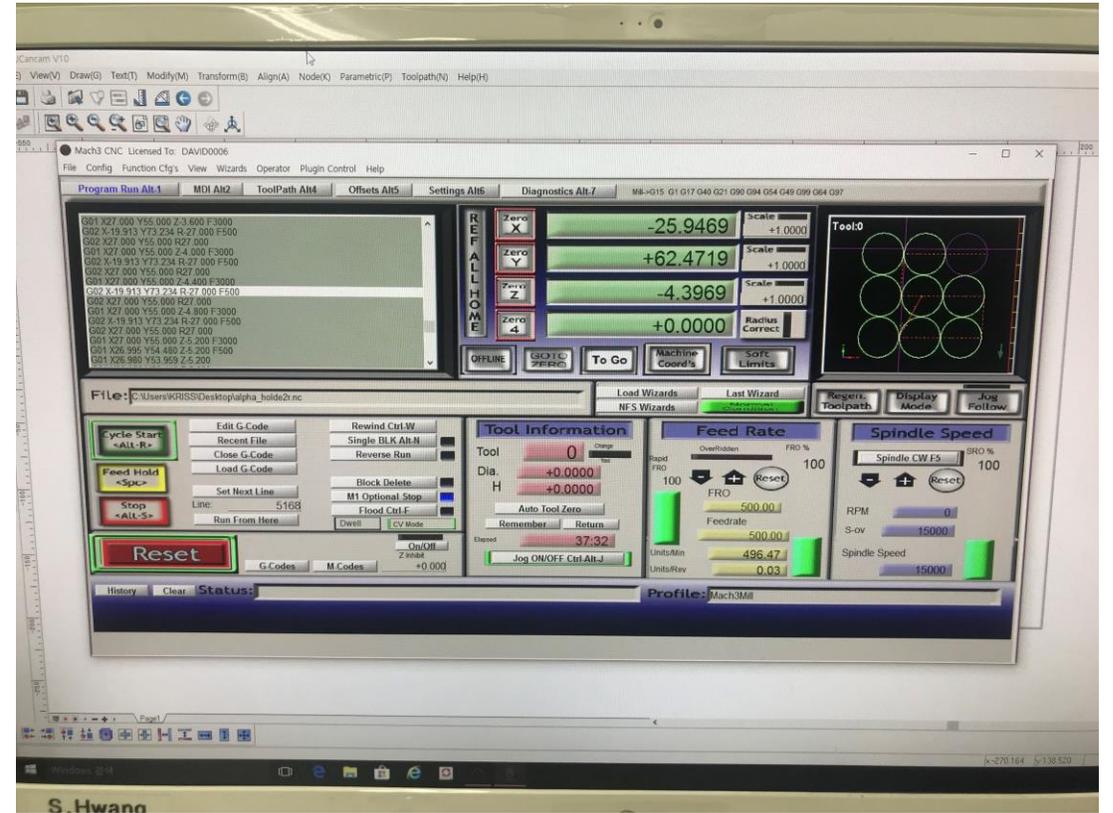
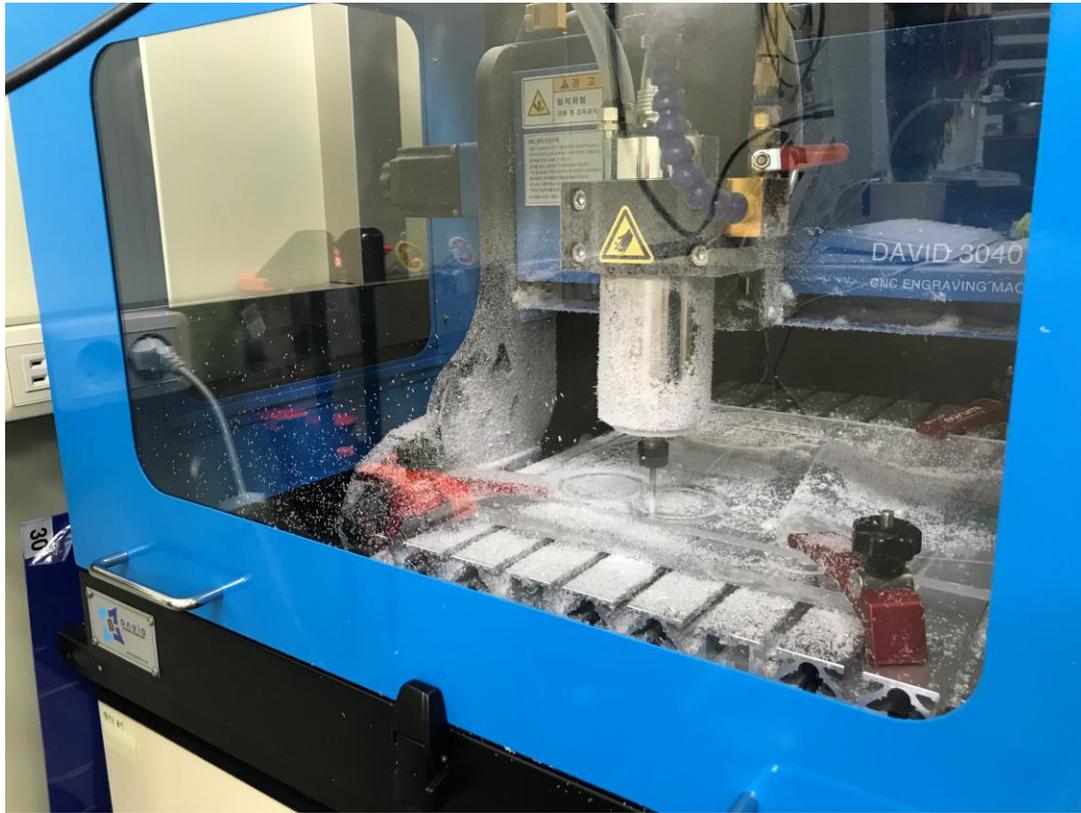
- 진공 속에 ^{241}Am 을 두고, Surface Detector로 alpha particle의 energy spectrum을 측정한다. 이 때 진공에서는 alpha particle이 interaction 할 물질이 없기 때문에 source에 나온 그대로의 에너지를 가지고 있다고 생각할 수 있으므로 측정된 Energy spectrum을 source의 기본 spectrum으로 둔다.
- Simulation 상, alpha particle은 공기중에서 0.5 mm를 이동할 때 약 10%의 에너지를 잃으므로, 공기의 밀도에 영향을 받는다고 생각할 수 있고, 따라서 현재 기온, 압력을 통해 공기의 밀도를 측정한다.(For simulation input data)
- Americium과 Surface barrier detector 사이의 간격을 조절해주면서 Air layer의 두께의 변화에 따른 alpha particle의 energy loss를 측정한다.
- 실제로 Americium과 Surface barrier detector 사이의 초기간격을 정확히 측정할 수 없었으므로, 앞서 얻은 공기의 밀도, alpha particle의 기본 energy spectrum을 토대로 Monte Carlo이용, 초기 거리를 계산한다. 그리고 Air layer 두께가 변함에 따라 energy loss의 변화가 실제 실험 결과와 일치하는지 확인한다.

Sample 고정

- 막대형 241 Americium source의 지름은 약 12 mm였다.
- 따라서 20 mm의 아크릴에 지름 12.3 mm, 높이 15 mm의 원기둥만큼 파낸 뒤, 이를 241 Americium holder로 사용하였다.
- 그리고 Americium holder 아래에 4 mm의 아크릴을 쌓음으로써 Americium source와 Surface barrier detector 사이의 간격을 조절한다.

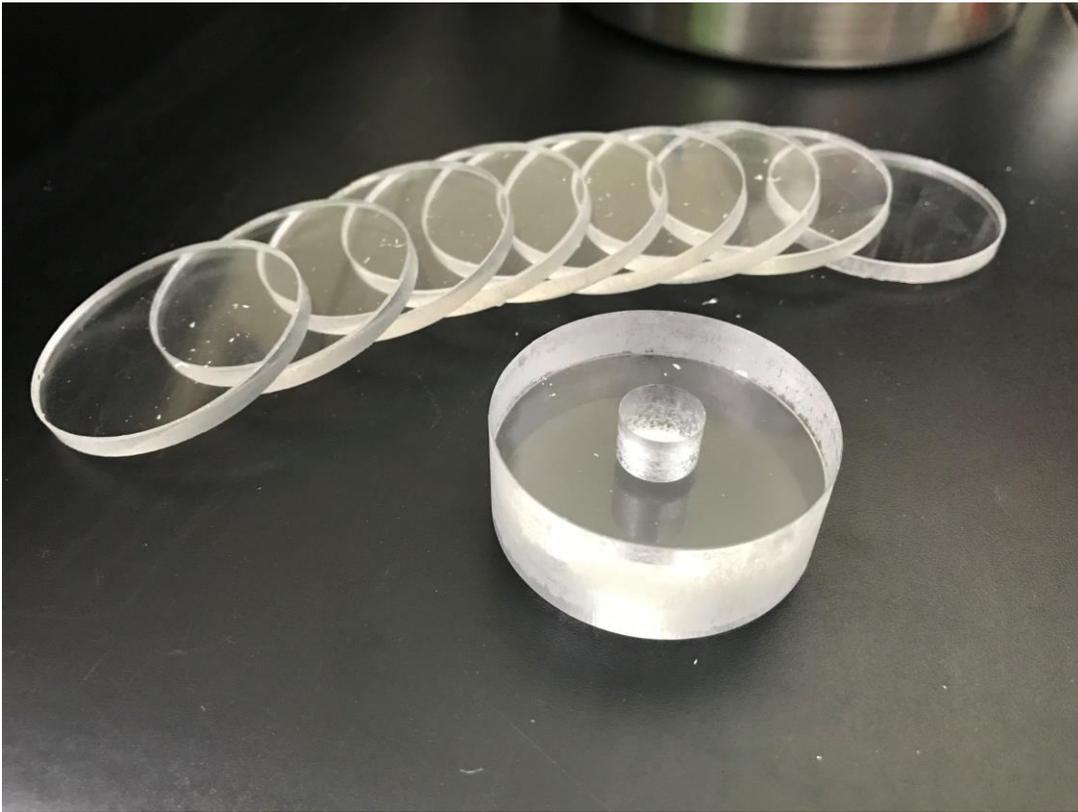


CNC 작업을 통한 아크릴 가공



CNC 작업을 통해 만들어진 아크릴의 끝은 중심부보다 높이가 높으므로, 정확한 높이 조절을 위해 테두리를 긁어 높이를 일정하게 유지한다.

Source holder



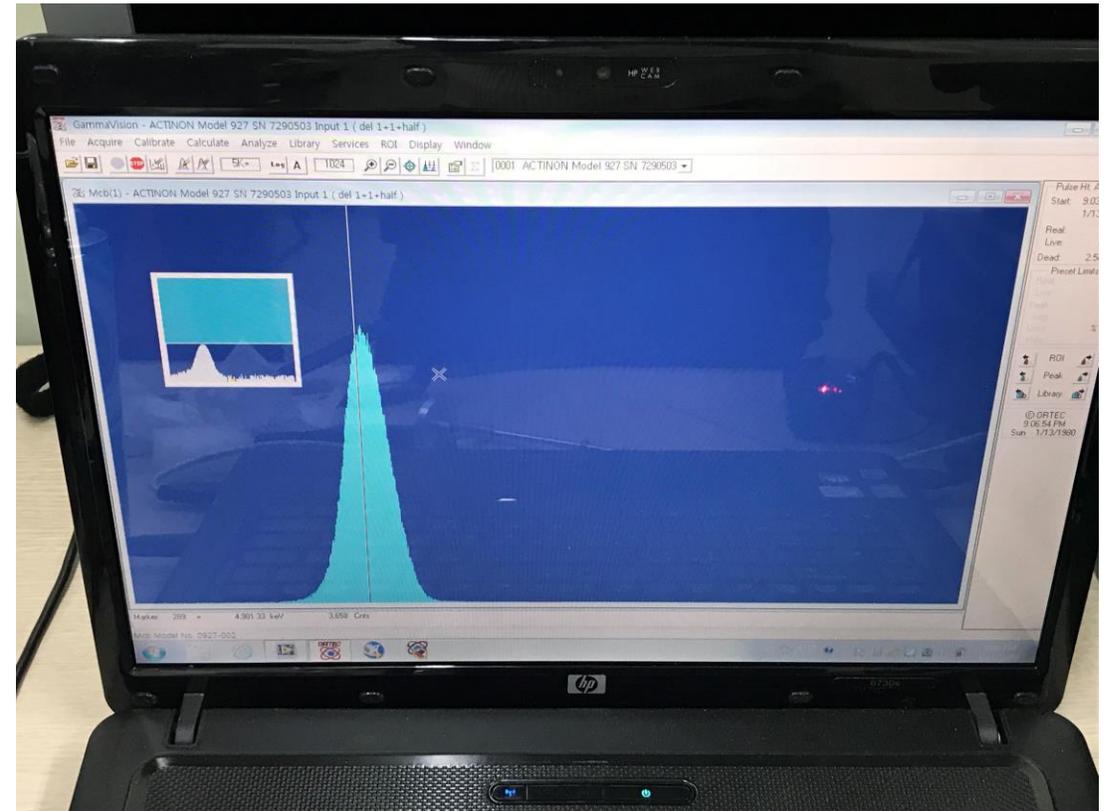
DAQ



- Surface Barrier Detector에 high voltage를 걸고, 신호를 증폭시킨다.
- 그리고 data를 sampling 하여 hight의 Peak(Maximum point)를 통해 에너지를 측정한다.
- >> 조금 더 공부 필요

Alpha particle Energy spectrum 측정

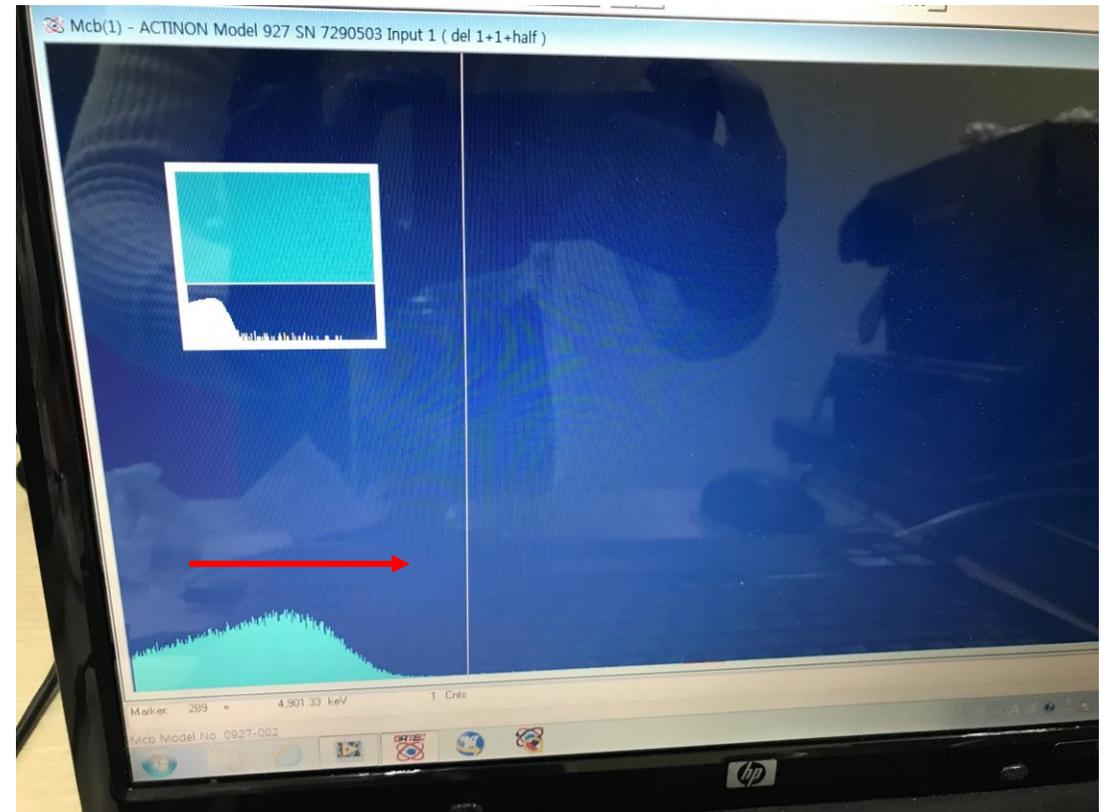
- Vacuum chamber 내부를 vacuum 상태로 만들고 ^{241}Am source가 Surface Barrier detector를 바라보도록 하고 Energy spectrum을 측정하였다.
- 측정 결과 오른쪽과 같이 Gaussian과 유사한 형태의 그래프가 나타났다.
- 이 때 Vacuum chamber의 내부 압력은 680 mmHg이다.



첫 번째 실험 결과 spectrum

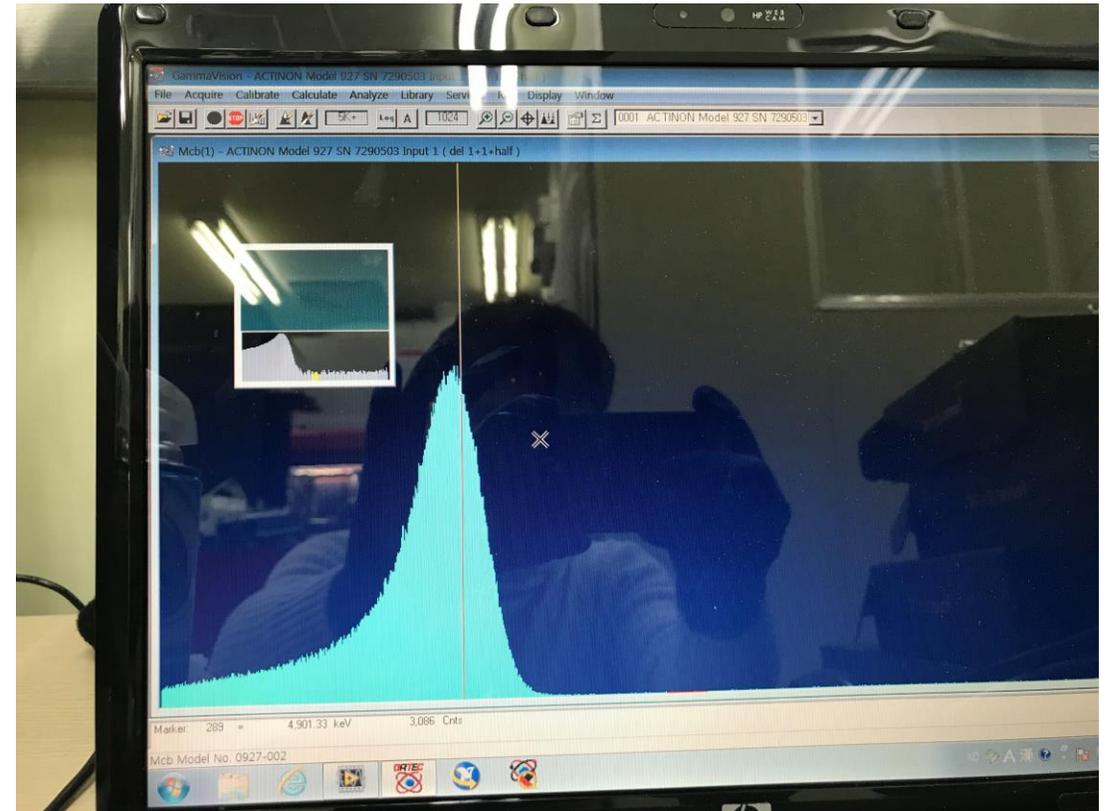
Alpha particle Energy spectrum 측정

- Vacuum pump의 성능이 좋지 않아서 앞 slide와 같은 결과가 나타난 것으로 확인 되어, 성능이 더 좋은 vacuum pump를 이용하여 다시 실험을 진행해 보았다.
- 오른쪽 사진은 Vacuum이 되어 감에 따라 energy spectrum의 피크가 오른쪽으로 이동해 감을 확인할 수 있는 사진이다.



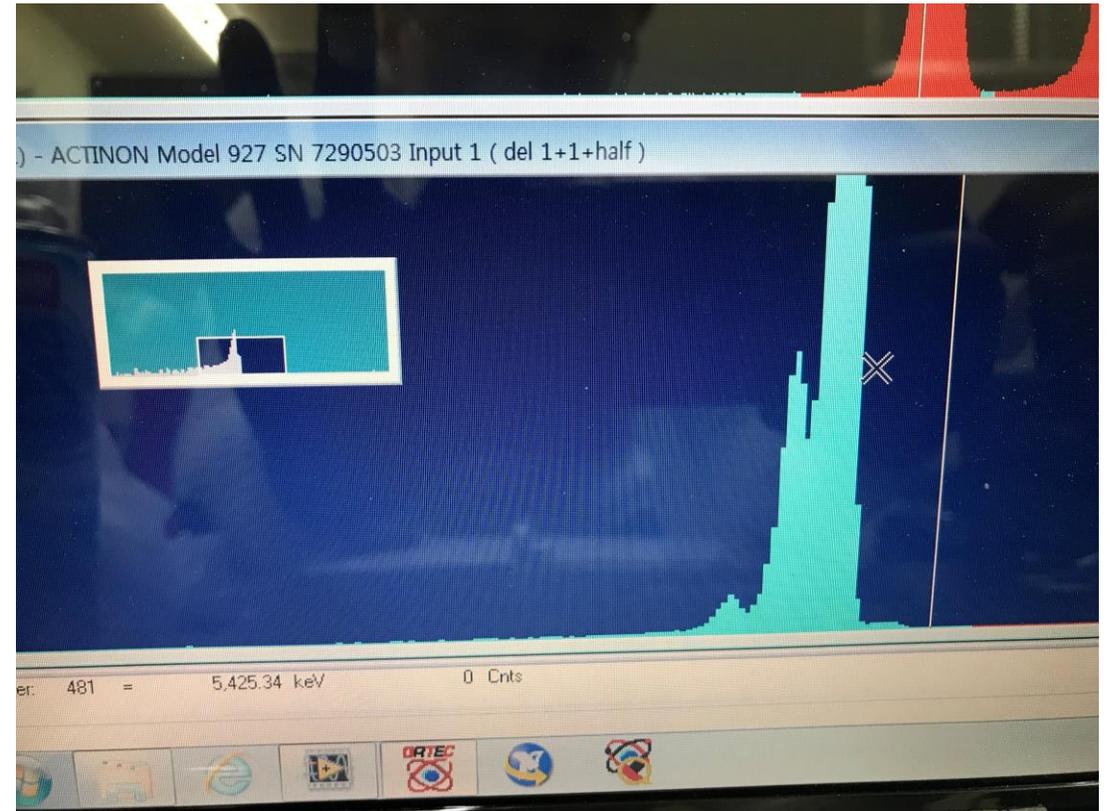
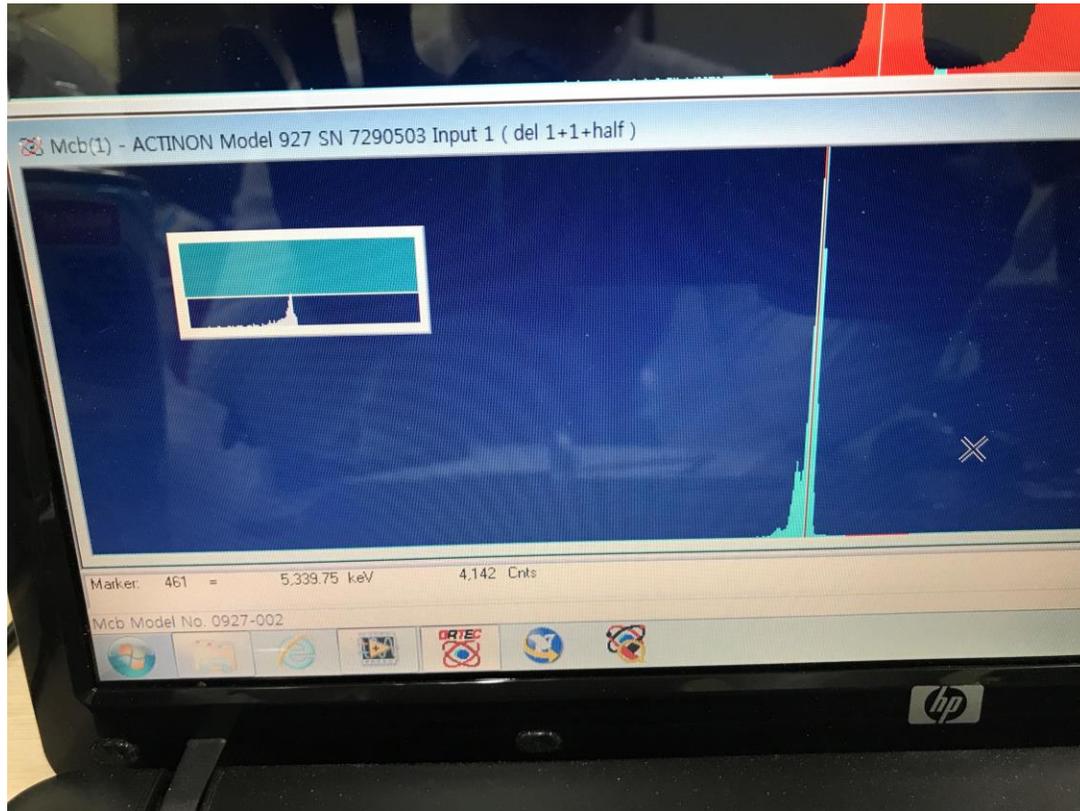
Alpha particle Energy spectrum 측정

- Vacuum chamber 내부를 앞 slide의 실험 조건보다 더 높은 진공 상태로 만들고 다시 Energy spectrum 을 측정한 결과, 오른쪽과 같았다.
- 첫 번째 데이터보다 조금 더 높은 에너지에서 peak가 나타났지만 여전히 spectrum의 FWHM이 매우 두꺼운 것을 확인할 수 있다.
- 또한 왼쪽으로 긴 tail이 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이를 통해 연구실에 있는 241-Americium의 앞에 얇은 막이 있어, 얇은 막에 energy deposit이 있기 때문에 왼쪽으로 긴 tail이 발생함을 예상할 수 있다.(SBD에도 dead area가 있지만, 그 효과는 source의 막보다 작은 영향력을 가지고 있었다)



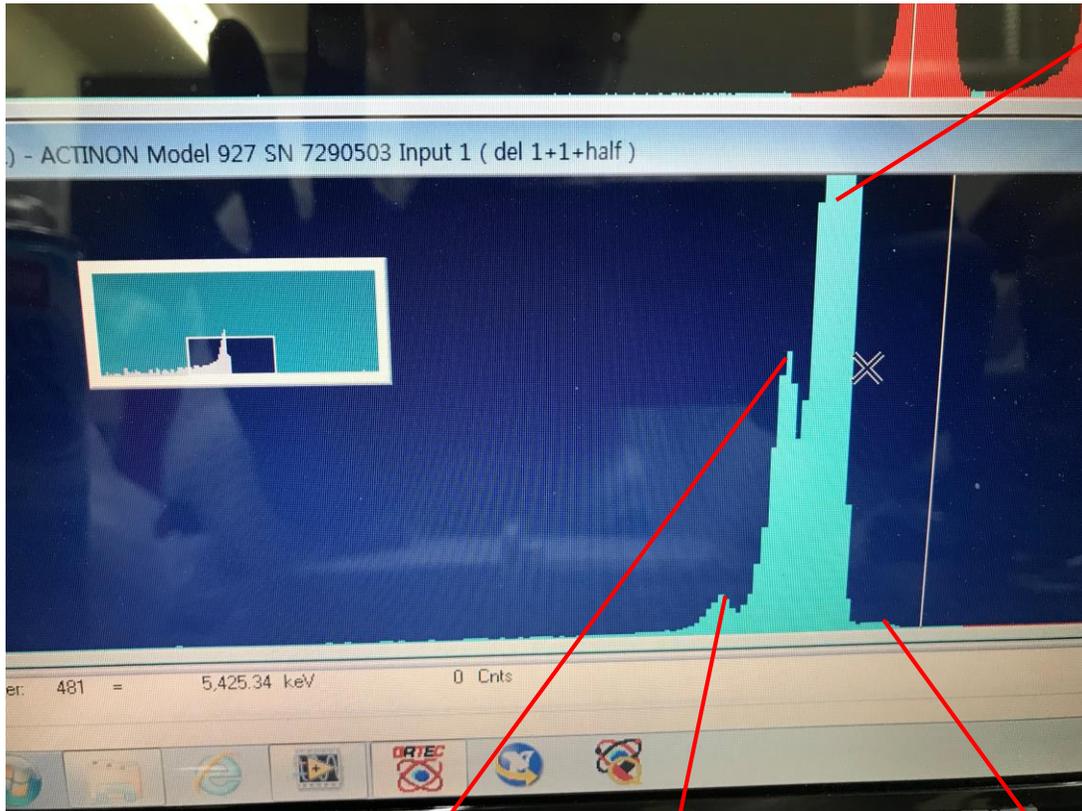
가지고 간 241-Americium의 Energy spectrum

Alpha particle Energy spectrum 측정



KRISS의 241-Americium source(비밀봉선원)를 이용한 Energy spectrum 측정 결과

241 Americium decay scheme



5.578 MeV (84.45%)

2.1 α Transitions

	Energy keV	Probability $\times 100$	F
$\alpha_{0,36}$	4838,00 (13)	0,00004 (3)	47
$\alpha_{0,34}$	4882,14 (13)	0,000086	44
$\alpha_{0,33}$	4915,86 (13)	0,0007	9,5
$\alpha_{0,32}$	4971,62 (15)		
$\alpha_{0,30}$	5039,83 (15)		
$\alpha_{0,29}$	5045,49 (14)		
$\alpha_{0,28}$	5047,73 (13)		
$\alpha_{0,27}$	5091,70 (14)	0,0001	1000
$\alpha_{0,25}$	5140,81 (13)		
$\alpha_{0,24}$	5151,60 (15)	0,00011	2300
$\alpha_{0,23}$	5178,13 (13)	$\sim 0,0004$	~ 1000
$\alpha_{0,22}$	5185,27 (13)	$\sim 0,0004$	~ 1000
$\alpha_{0,21}$	5193,04 (16)		
$\alpha_{0,20}$	5203,70 (13)	0,0004	1400

	Energy keV	Probability $\times 100$	F
$\alpha_{0,19}$	5219,6 (2)		
$\alpha_{0,18}$	5242,25 (13)	0,0007	1400
$\alpha_{0,17}$	5266,89 (13)	0,0003	4600
$\alpha_{0,16}$	5269,21 (13)	0,0009	1600
$\alpha_{0,15}$	5277,90 (23)	0,0006	2700
$\alpha_{0,14}$	5305,44 (13)		
$\alpha_{0,13}$	5313,40 (13)	0,0013	2100
$\alpha_{0,12}$	5321,0 (3)		
$\alpha_{0,11}$	5332,77 (13)	0,0022 (3)	1600
$\alpha_{0,9}$	5370,25 (13)	0,0005	12000
$\alpha_{0,8}$	5411,82 (13)	0,014 (3)	770
$\alpha_{0,6}$	5479,32 (13)	1,66 (3)	16,4
$\alpha_{0,5}$	5507,83 (13)	$\sim 0,01$	≈ 4000
$\alpha_{0,4}$	5534,86 (12)	13,23 (10)	4,3
$\alpha_{0,3}$	5561,92 (12)	$< 0,04$	> 2000
$\alpha_{0,2}$	5578,28 (12)	84,45 (10)	1,3
$\alpha_{0,1}$	5604,62 (12)	0,23 (1)	600
$\alpha_{0,0}$	5637,82 (12)	0,38 (1)	610

241-Am Decay Scheme(reference : LNHB)

5.534 MeV(13.23%)

5.479 MeV(1.66%)

5.604 MeV + 5.637 MeV (0.23 + 0.38 %)

공기층의 두께에 따른 Energy spectrum

- 241-Americium 앞에 아크릴 소재의 collimator를 두고, 공기층의 두께를 변화시키며 여러 point에서 Energy spectrum 을 측정하고, Energy loss가 linear 하다고 가정하여 공기 중에서의 Energy loss를 계산하고자 하였다.
- 하지만 Surface barrier detector의 Sensitive part가 오목하게 되어 있었는데, 표면을 만질 수 없기 때문에 정확한 거리를 측정할 수 없었다.
- 그 외에도 Vacuum chamber의 바닥이 편평하지 않은 점, 만들어진 아크릴 두께가 일정하지 않은 점, 공기를 뺄 때, 압력으로 인해 Source의 위치가 움직인 점 등으로 인해 정확한 거리를 측정할 수 없었고, 대략 19.5 mm의 거리차에 대한 Energy spectrum 데이터를 받았으나, alpha particle 이 0.5 mm의 공기층에 대해서 10%의 에너지를 잃은 시뮬레이션 결과를 고려했을 때 조금 더 정밀한 실험이 필요하다고 생각된다.
- 따라서 조금 더 정밀한 alpha particle spectrum 실험을 위해서는 우선 빛을 통해 Surface barrier detector의 높이를 정확히 측정하여야 한다.
- 그리고 알루미늄 프레임에 자를 붙이고, 한 쪽에는 Surface barrier detector를, 다른 한 쪽에는 source를 두고 그 거리를 정확히 측정하면서 Black sheet로 빛을 가린 뒤 실험하는 것이 더 나은 결과를 얻을 수 있다고 생각된다.

Backup

- Alpha particle는 0.125 mm, 0.025 mm의 aluminum mylar를 통과할 수 없었다.
- 0.012 mm 의 aluminum mylar의 경우 통과할 수 있었고 Surface barrier detector에 에너지를 남겼다.(Simulation 점검 필요)
- 그리고 만약 aluminum 조건을 변화시켰을 때, simulation에서도 2개의 aluminum mylar로 둘러 싸인 scintillator를 통과하여 나오는 전자가 있을지도 모른다.
- 약 19.5 mm의 길이 변화에 대한 data를 아직 받지 못해서 받는대로 데이터를 확인하고 fitting 할 필요가 있다.
- Beta source의 경우, Surface barrier detector의 depletion region이 매우 얇기 때문에 수 십 keV의 에너지를 남길 것으로 예측되었다.
- alpha source의 실험 조건에서는 신호를 전혀 확인할 수 없었고, 따라서 보다 더 높은 high voltage와 높은 amplifier가 필요한데 시간관계상 추가적인 실험을 할 수 없었다.