

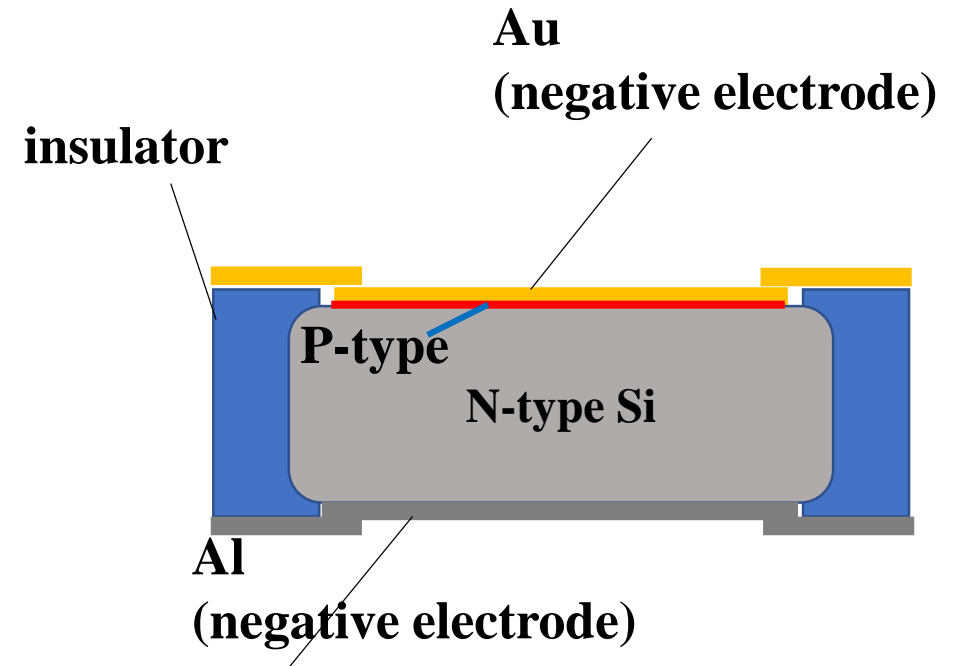
# Mesurements of Energy spectrum

# 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

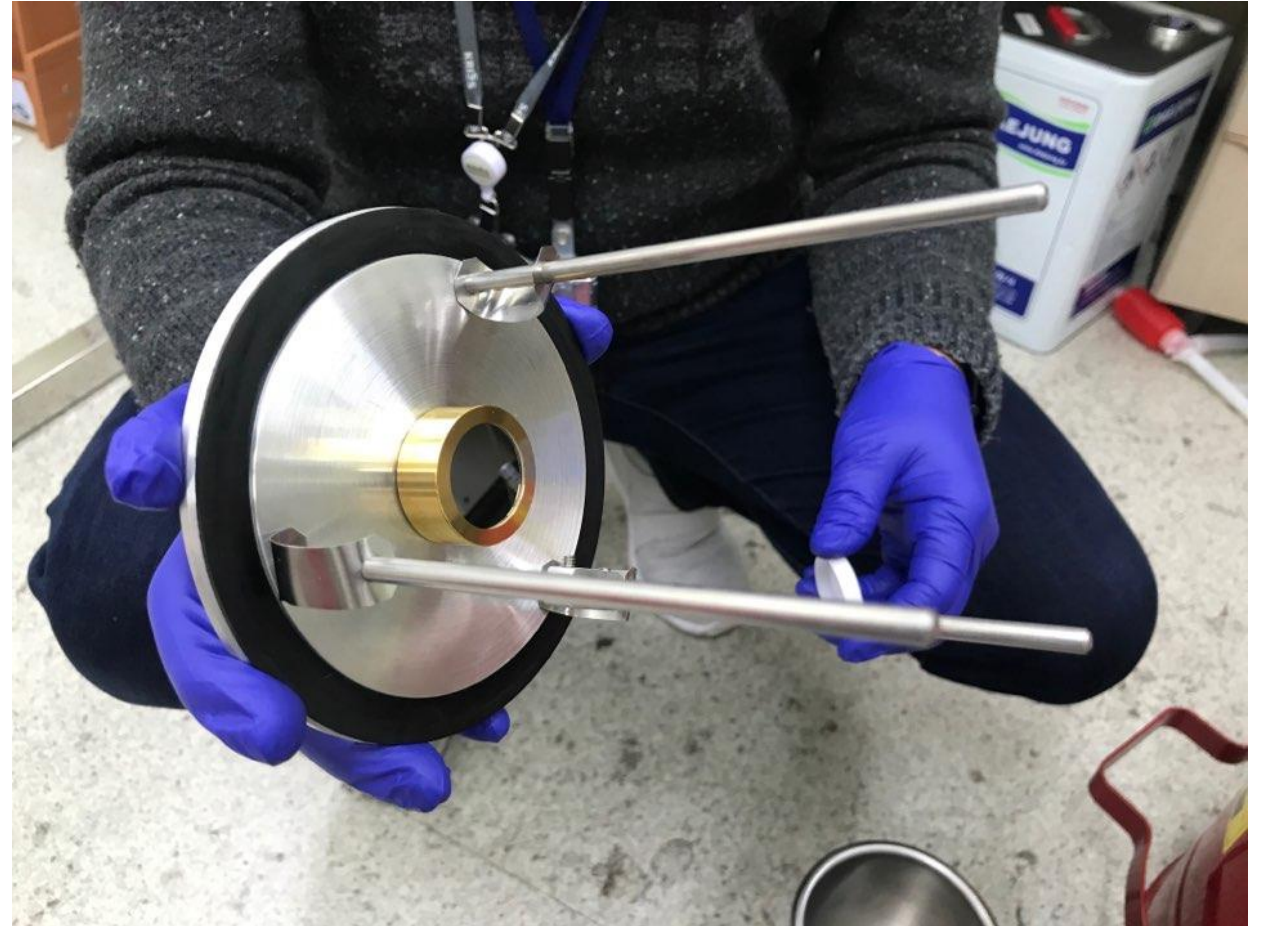
- N-type Silicon semi-conductor의 표면을 산화시켜 p-type을 만들고, 다시 그 표면을 Ni 혹은 Au 등의 금속을 얇게 흡착시켜 전극을 만듦.
- 공핍층에 energy deposit이 생기면 electron-hole pair가 만들어지고, electron과 hole은 전류를 만든다.
- 이 때의 전류의 크기를 측정하여 energy deposit을 계산한다.
- Depletion region이 매우 얇기 때문에 alpha particle, 무거운 하전입자를 검출할 때, 혹은 그 energy spectrum을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



# 실제 Surface Barrier Detector



Surface Barrier Detector



Vaccum chambe의 뚜껑에 부착된 Surface Barrier Detector

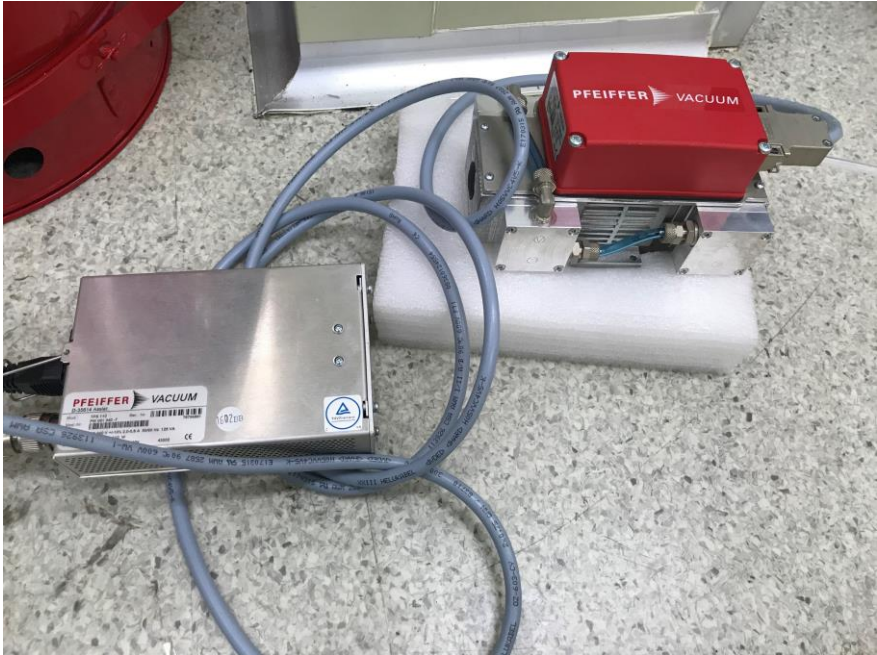
# Vaccum Chamber



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

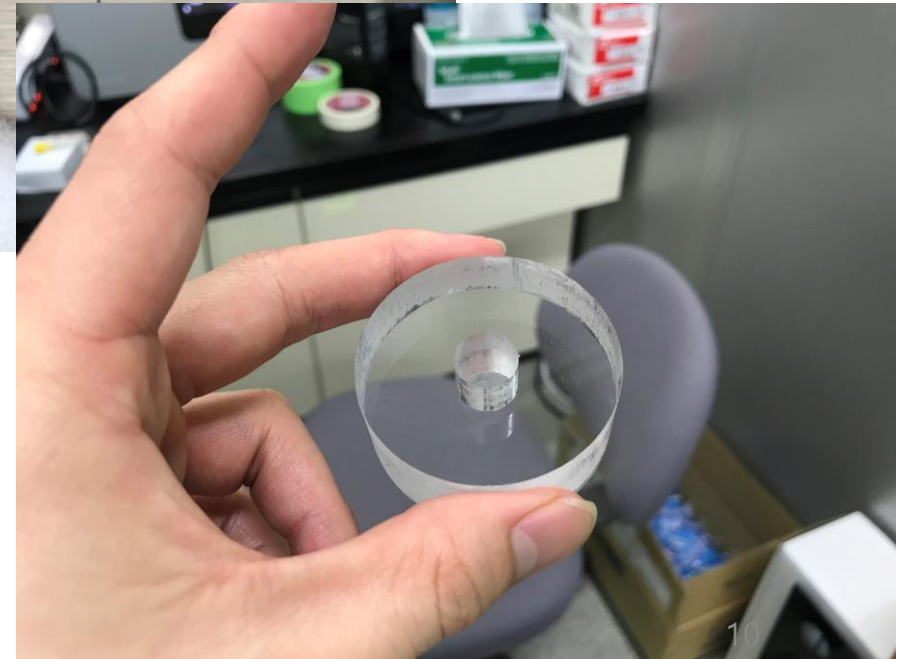


# Main idea

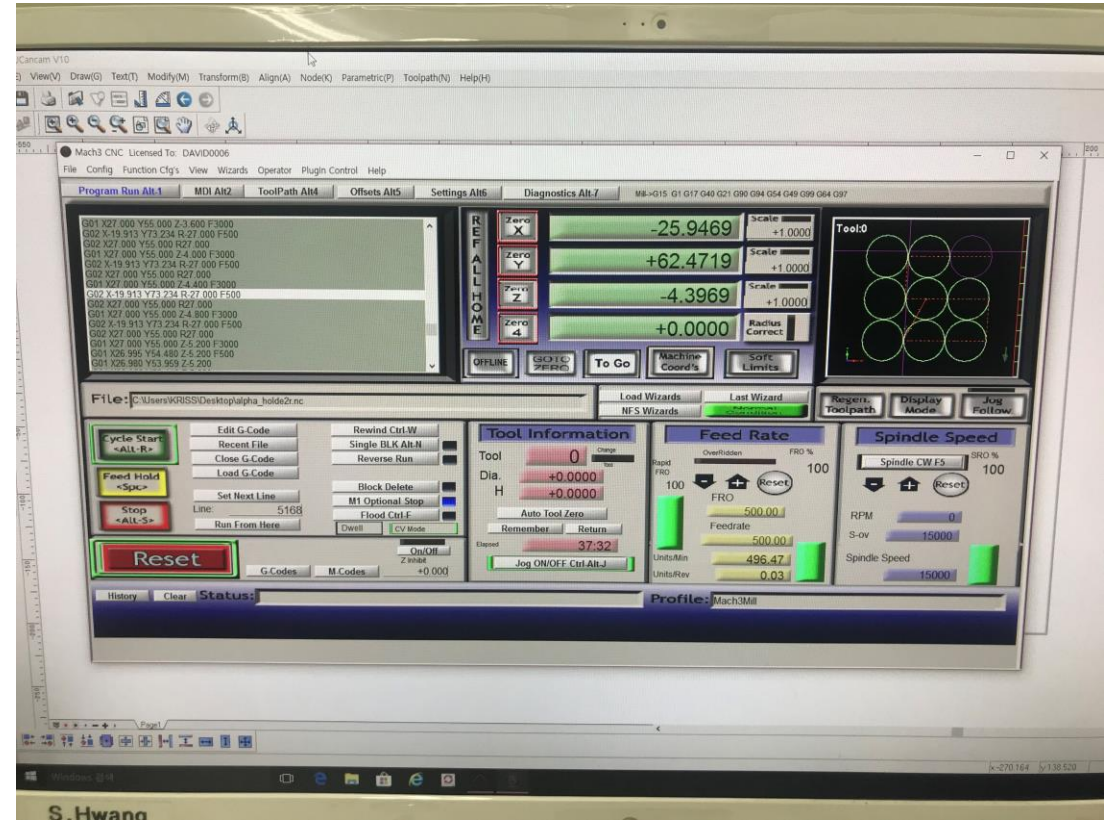
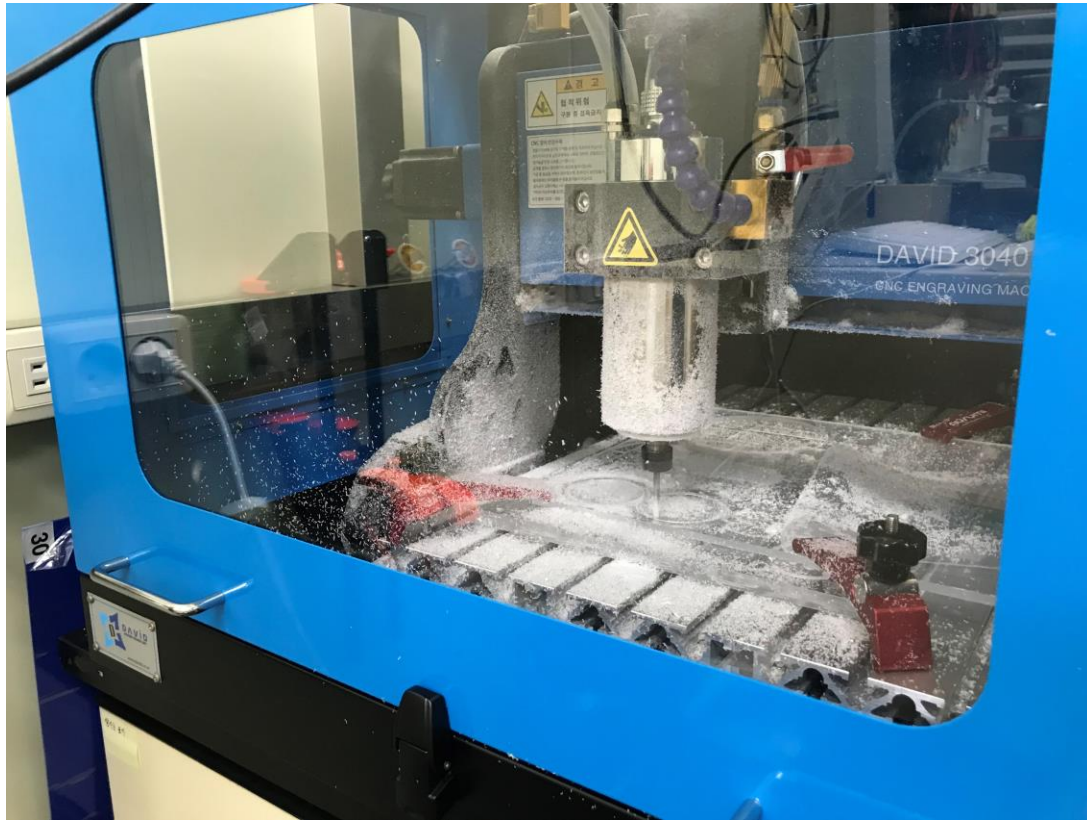
- 진공 속에  $^{241}\text{Am}$ 을 두고, Surface Detector로 alpha particle의 energy spectrum을 측정한다. 이 때 진공에서는 alpha particle이 interaction 할 물질이 없기 때문에 source에 나온 그대로의 에너지를 가지고 있다고 생각할 수 있으므로 측정된 Energy spectrum을 source의 기본 spectrum으로 둔다.
- Simulation 상, alpha particle은 공기중에서 0.5 mm를 이동할 때 약 10%의 에너지를 잃으므로, 공기의 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.

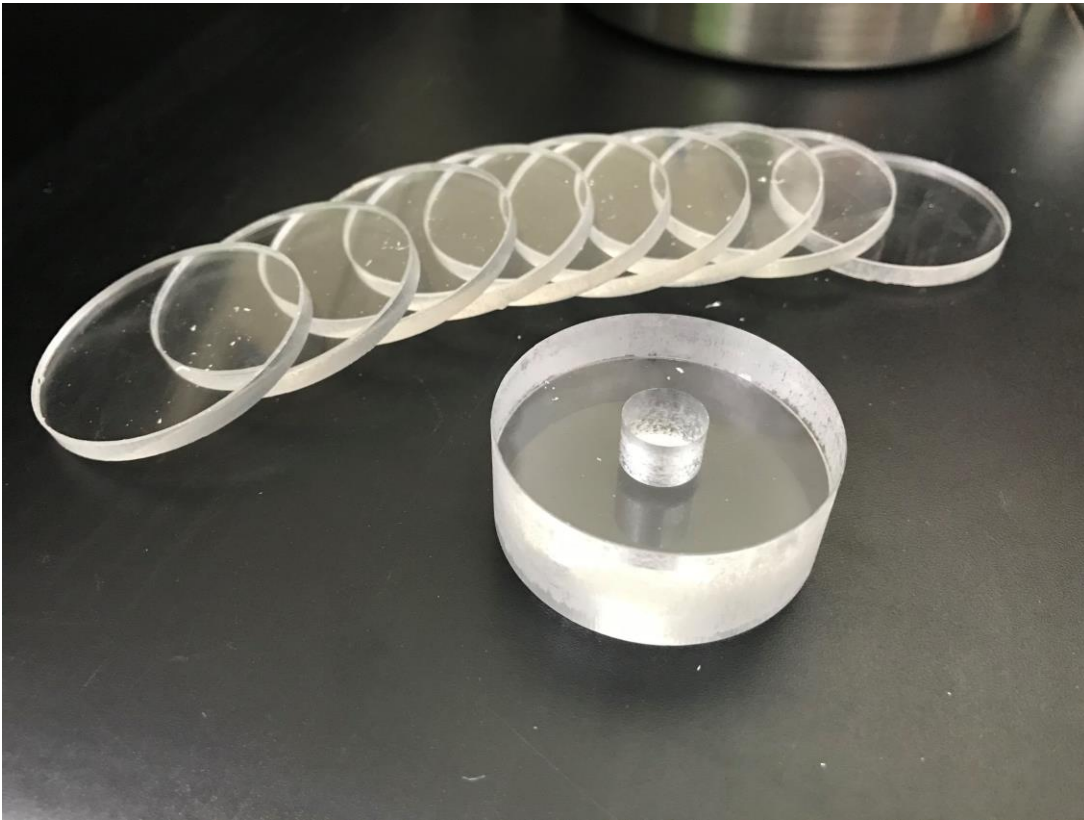


# CNC 작업을 통한 아크릴 가공



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

# Source holder



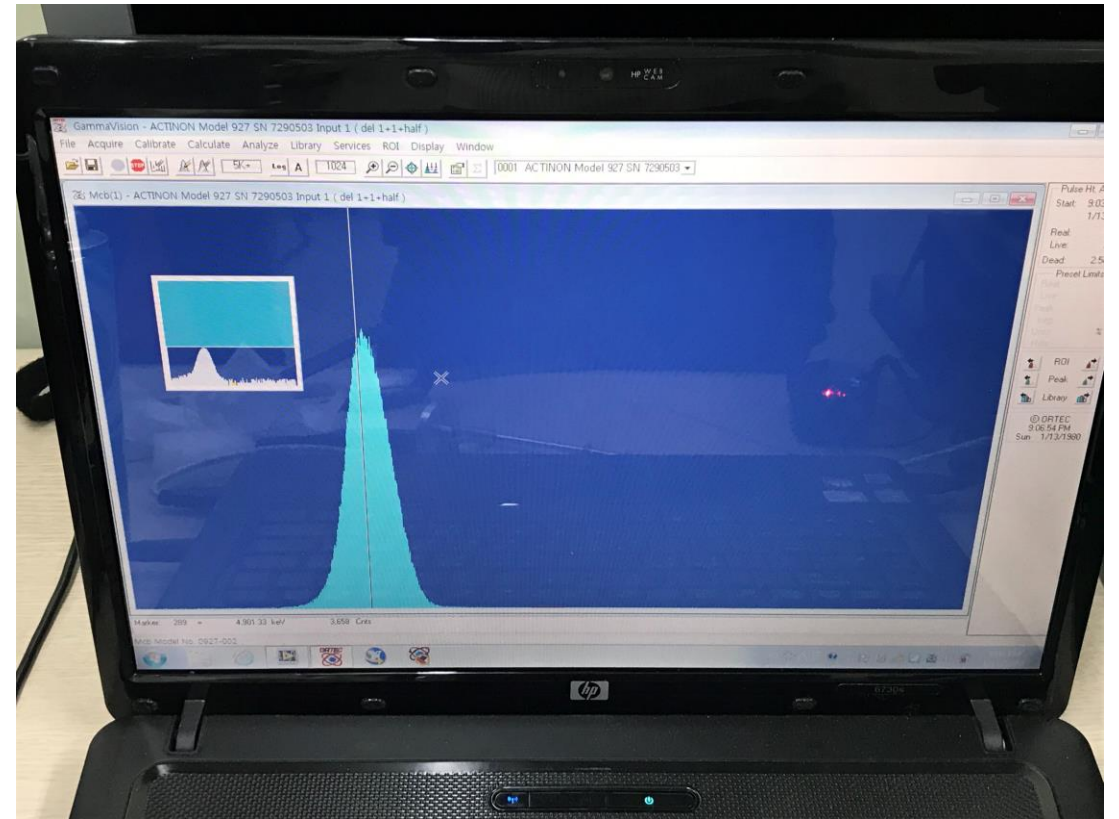
# DAQ



- 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

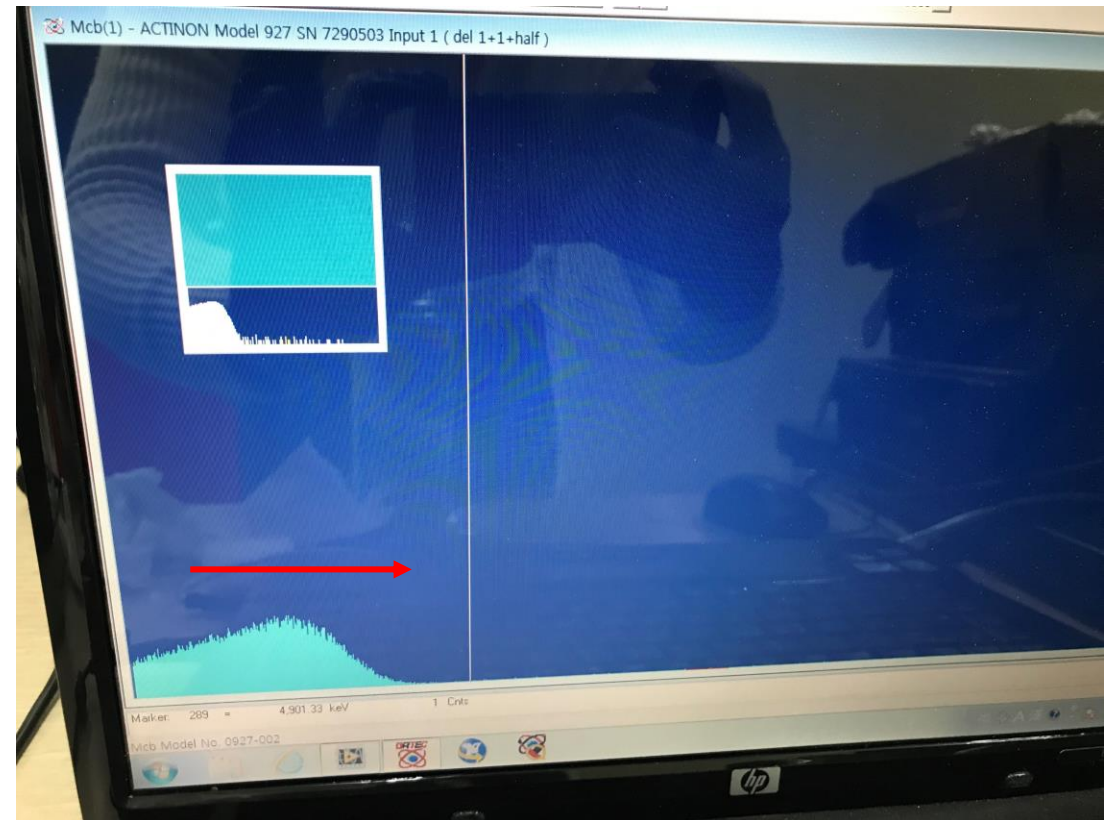
- Vacuum chamber 내부를 vacuum 상태로 만들고  $^{241}\text{Am}$  source가 Surface Barrier detector를 바라보도록 하고 Energy spectrum을 측정하였다.
- 측정 결과 오른쪽과 같이 Gaussian과 유사한 형태의 그래프가 나타났다.
- 이 때 Vacuum chamber의 내부 압력은 680 mmHg이다.



첫 번째 실험 결과 spectrum

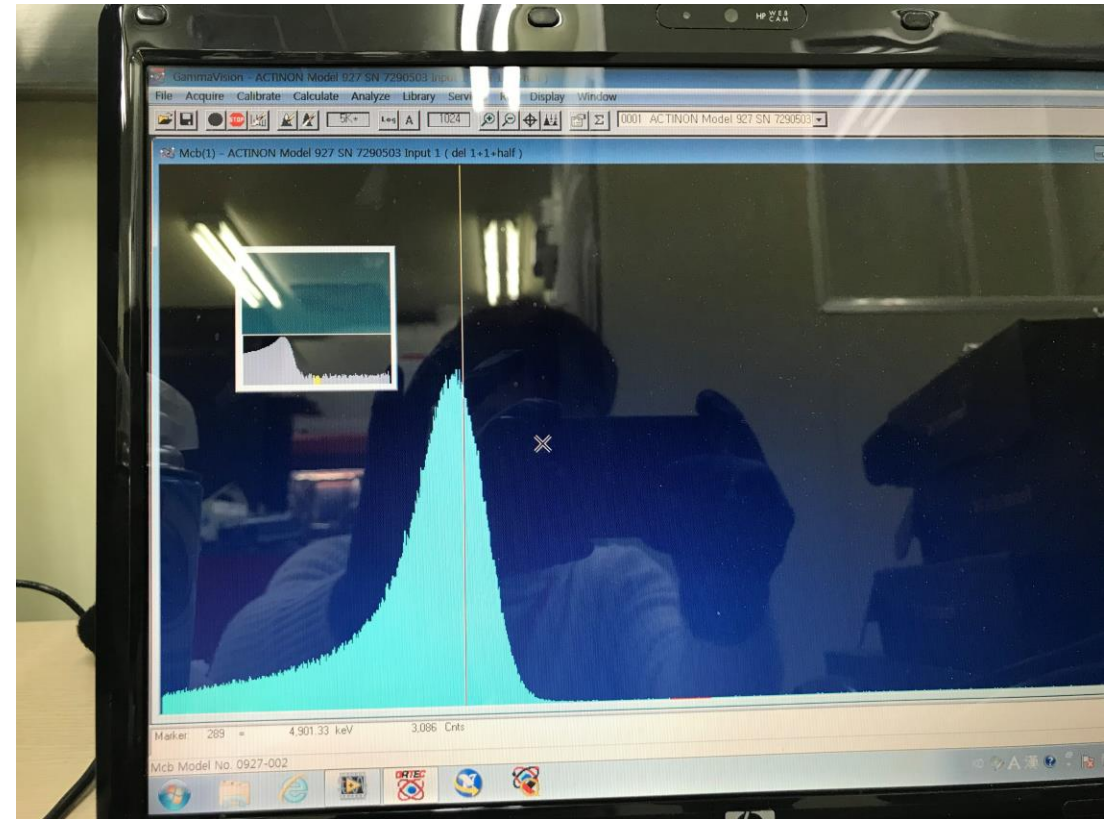
# Alpha particle Energy spectrum 측정

- 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

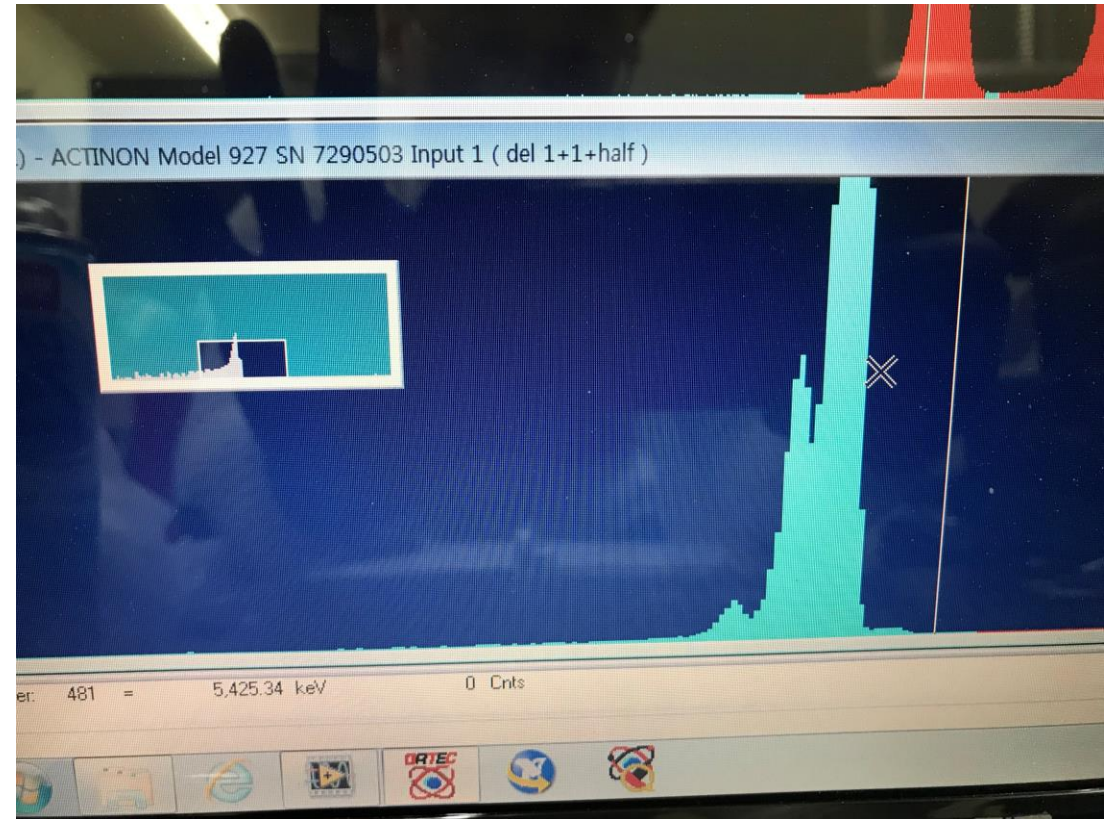
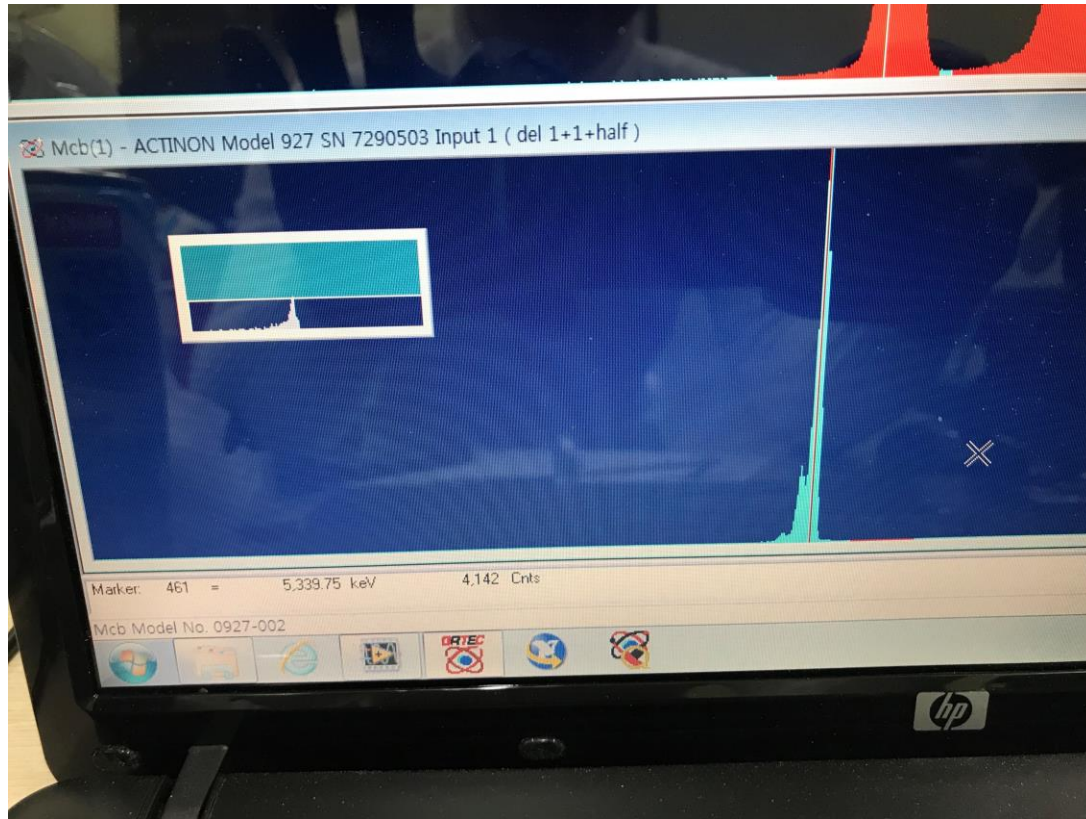
- Vacuum chamber 내부를 앞 slide의 실험 조건보다 더 높은 진공 상태로 만들고 다시 Energy spectrum 을 측정한 결과, 오른쪽과 같았다.
- 첫 번째 데이터보다 조금 더 높은 에너지에서 peak가 나타났지만 여전히 spectrum의 FWHM이 매우 두꺼운 것을 확인할 수 있다.
- 또한 왼쪽으로 긴 tail이 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이를 통해 연구실에 있는 241-Americium의 앞에 얇은 막이 있어, 얇은 막에 energy deposit이 있기 때문에 왼쪽으로 긴 tail이 발생함을 예상할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



가지고 간 241-Americium의 Energy spectrum

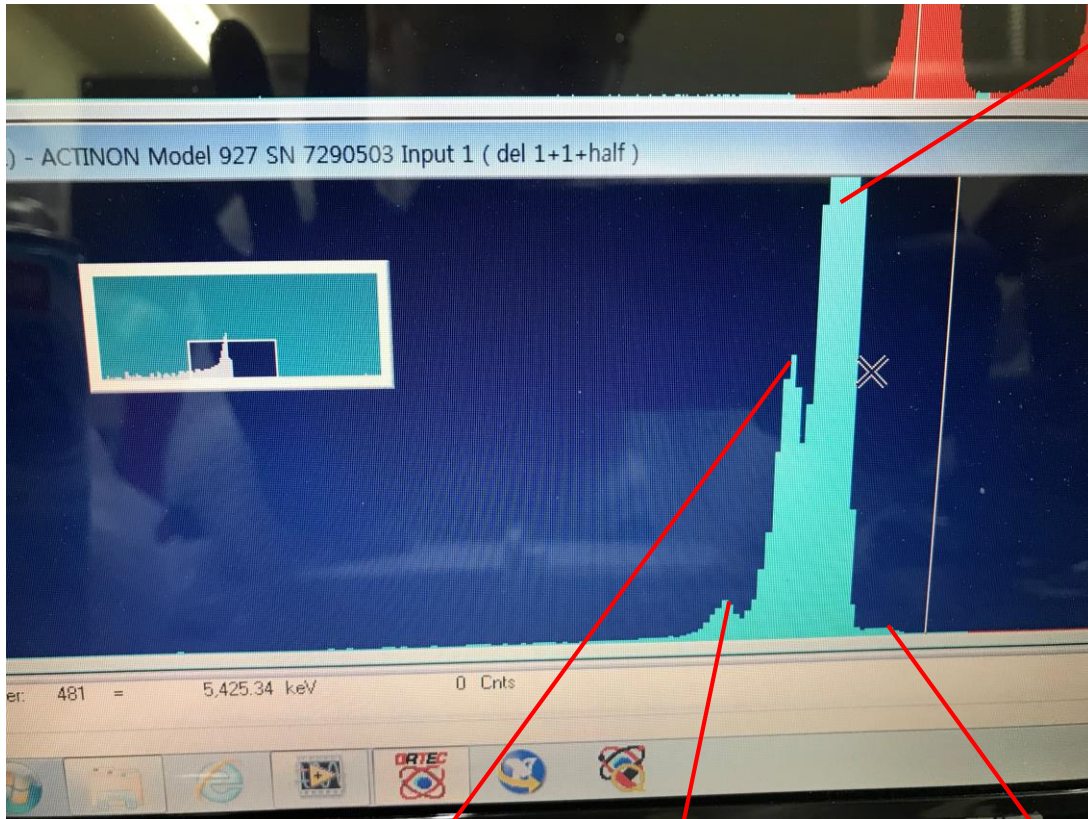


# Alpha particle Energy spectrum 측정



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

# 241 Americium decay scheme



5.578 MeV (84.45%)

## 2.1 $\alpha$ 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)	$\sim 0,0004$	$\sim 1000$
$\alpha_{0,22}$	5185,27 (13)	$\sim 0,0004$	$\sim 1000$
$\alpha_{0,21}$	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)	$\sim 0,01$	$\approx 4000$
$\alpha_{0,4}$	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.