

# 지능형 중성자·방사선 과학 연구실

*Intelligent Neutron and Radiological Science Laboratory*

## 이승욱 교수님 연구실

부산대학교 기계공학부 · 원자력시스템전공

---



PUSAN NATIONAL UNIVERSITY  
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING

**INRS** Lab.

Part  
01

# 연구실 소개 및 주요 연구

*Lab overview and representative research areas*

---

# 1. 연구실 소개

## INRS

중성자 및 엑스선 영상을 활용하여 재료의 내부 정보를 비파괴적으로 계측하고 영상 융합·복원·분석 기법을 바탕으로 다양한 응용 연구를 수행하는 연구실

### 주요 연구 분야

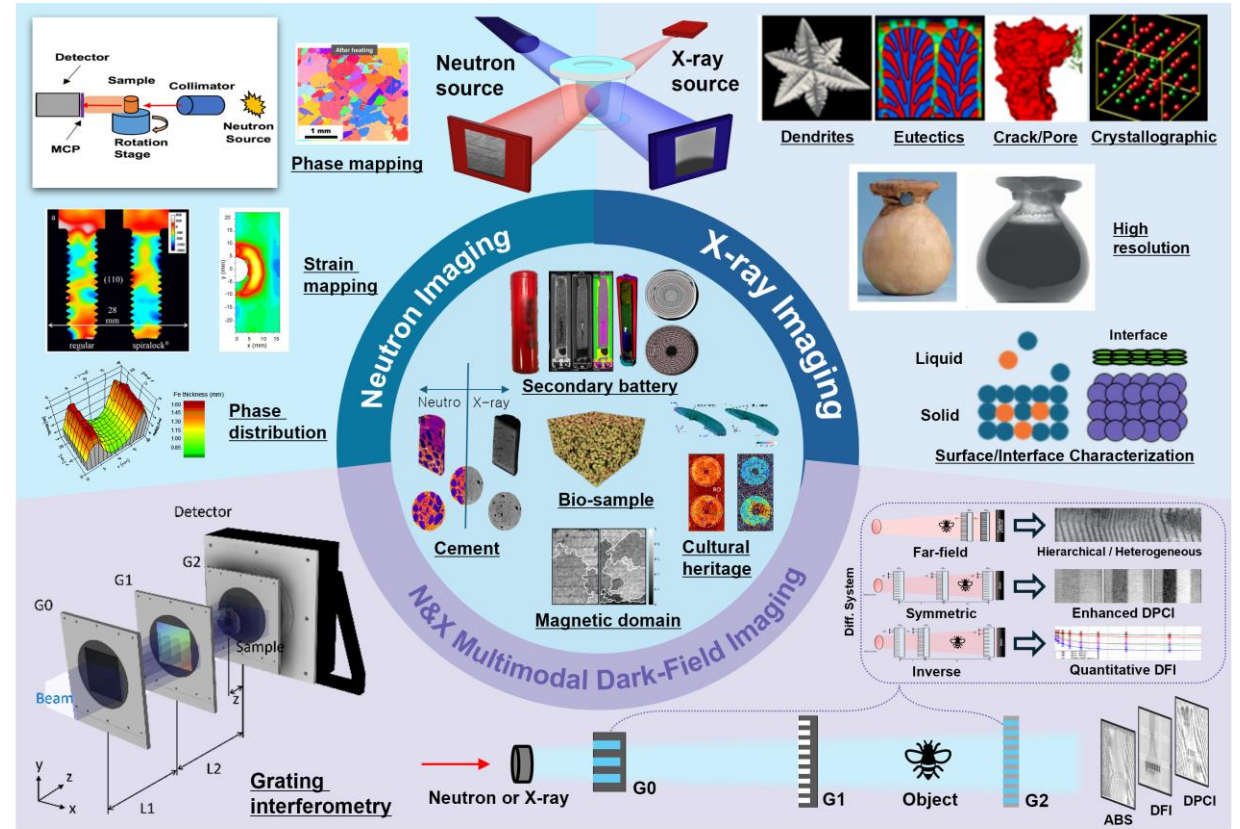
- 중성자/X-ray 융합 영상
- 격자간섭계 기반 위상대조·감쇠·산란 영상
- CT 재구성 및 영상처리
- AI 기반 복원·정합·분석

### 대표 응용

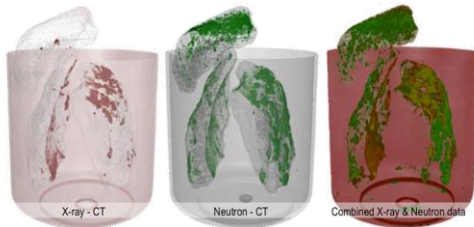
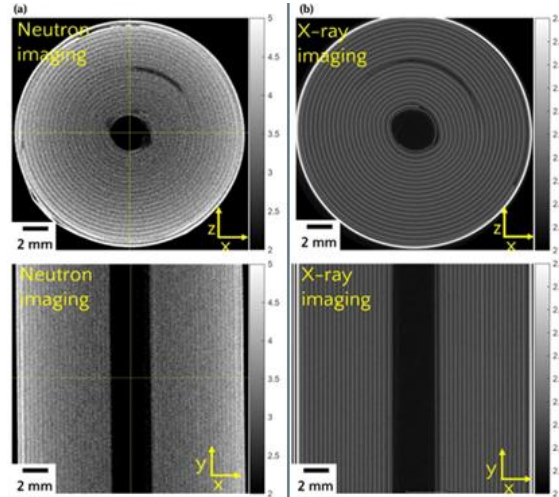
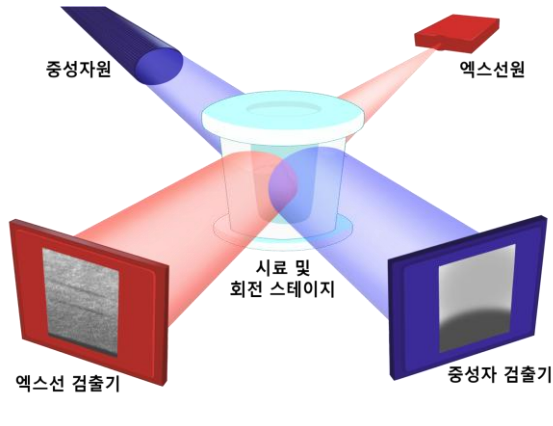
배터리·연료전지

문화재·유물 분석

의료·방사선 영상



중성자/X-ray 융합 영상 · 격자간섭계 · 첨단 소재 응용



### ☑ 문화재

- 금속·비금속층의 구분을 통한 특성 분석
- 결정학적 특성을 이용한 부식층 분석

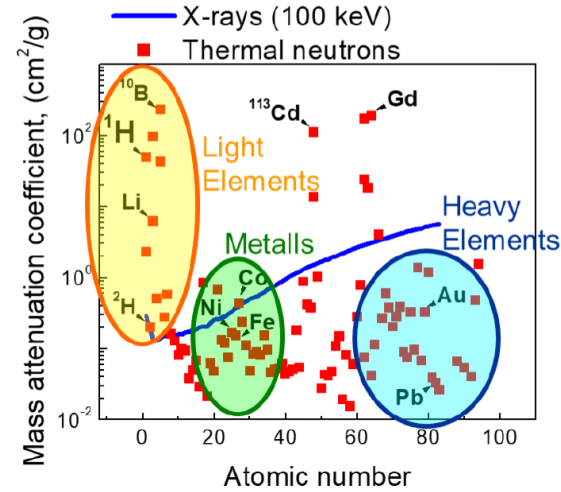
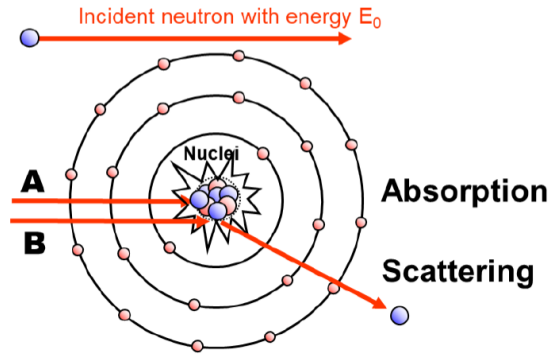
### ☑ 배터리

- 전해질 이동 분석
- 충·방전 수명 메커니즘 규명

### 연구 방향

- 중성자/X-ray 멀티모달 영상
- 상보적 contrast 기반 내부 정보 계측
- 비파괴 구조·조성 정보 획득
- 머신러닝을 이용한 영상 노이즈 저감
- 에너지 소재 및 산업재료 응용
- 문화유산 보존·분석 응용

## 2. 대표 연구 | 중성자·X선 융합 영상



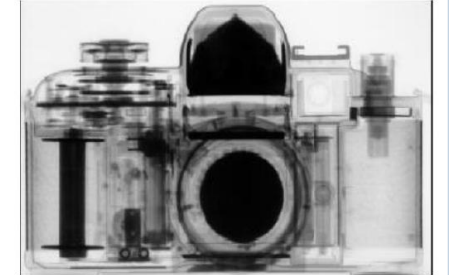
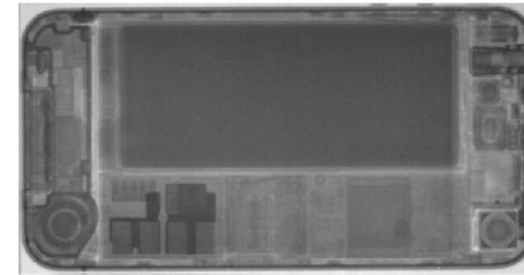
Group → 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

↓ Period

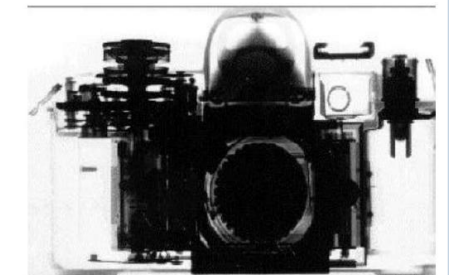
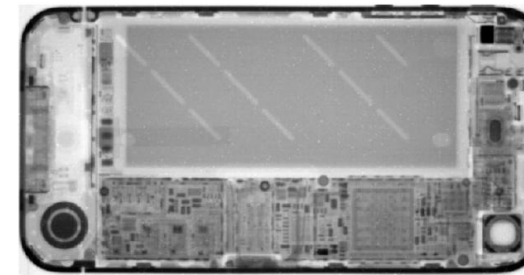
**ALSO DIFFERENT CROSS-SECTIONS FOR DIFFERENT ISOTOPES**

1	H 3.44																He 0.02	
2	Li 3.30	Be 0.79										B 101.6	C 0.56	N 0.43	O 0.17	F 0.20	Ne 0.10	
3	Na 0.09	Mg 0.15										Al 0.1	Si 0.11	P 0.12	S 0.06	Cl 1.33	Ar 0.03	
4	K 0.06	Ca 0.08	Sc 2.00	Ti 0.60	V 0.72	Cr 0.54	Mn 1.21	Fe 1.19	Co 3.92	Ni 2.05	Cu 1.07	Zn 0.35	Ga 0.49	Ge 0.47	As 0.67	Se 0.73	Br 0.24	Kr 0.61
5	Rb 0.08	Sr 0.14	Y 0.27	Zr 0.29	Nb 0.40	Mo 0.52	Tc 1.76	Ru 0.58	Rh 10.88	Pd 0.78	Ag 4.04	Cd 115.1	In 7.58	Sn 0.21	Sb 0.30	Te 0.25	I 0.23	Xe 0.43
6	Cs 0.29	Ba 0.07		Hf 4.99	Ta 1.49	W 1.47	Re 6.85	Os 2.24	Ir 30.46	Pt 1.46	Au 6.23	Hg 16.21	Tl 0.47	Pb 0.38	Bi 0.27	Po -	At -	Rn -
7	Fr -	Ra 0.34		Rf -	Db -	Sg -	Bh -	Hs -	Mt -	Ds -	Rg -	Uub -	Uut -	Uuq -	Uup -	Uuh -	Uus -	Uuo -
Lanthanides	La 0.52	Ce 0.14	Pr 0.41	Nd 1.87	Pm 5.72	Sm 171.47	Eu 94.58	Gd 1479.0	Tb 0.93	Dy 32.42	Ho 2.25	Er 5.48	Tm 3.53	Yb 1.40	Lu 2.75			
Actinides	Ac -	Th 0.59	Pa 8.46	U 0.82	Np 9.80	Pu 50.20	Am 2.86	Cm -	Bk -	Cf -	Es -	Fm -	Md -	No -	Lr -			

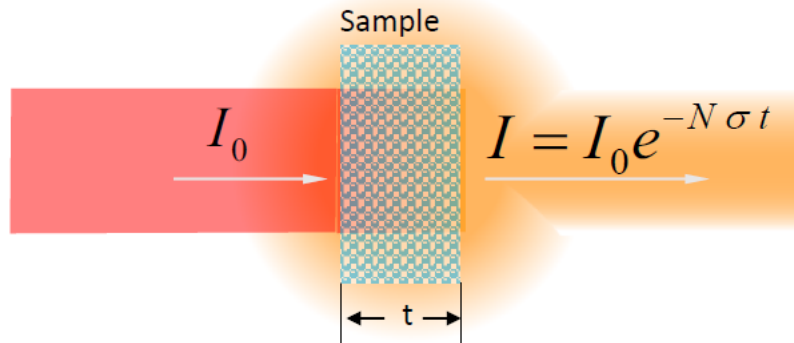
Neutrons



X-rays



## 2. 대표 연구 | 중성자·X선 융합 영상



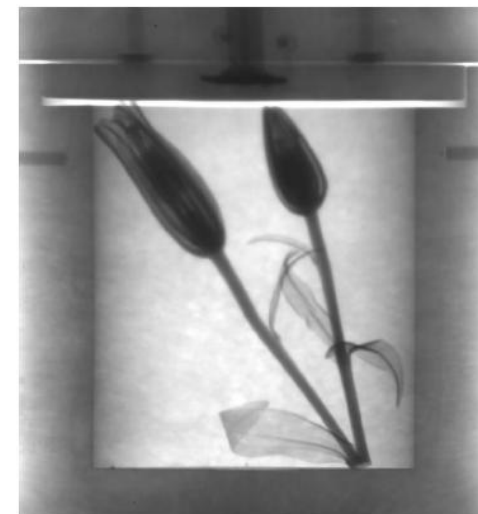
$T = I/I_0$  = transmission and what we measure directly with neutrons

$\sigma$  = cross sectional area due to absorption and scattering that the atom presents to the neutron

$N$  = atom density

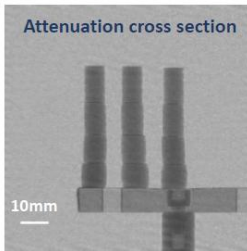
$t$  = Sample or Water thickness

Simply measure water from the transmission:  $N\sigma t = -\ln(T)$

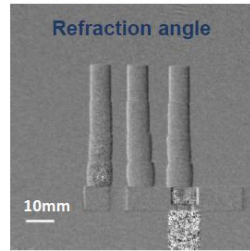




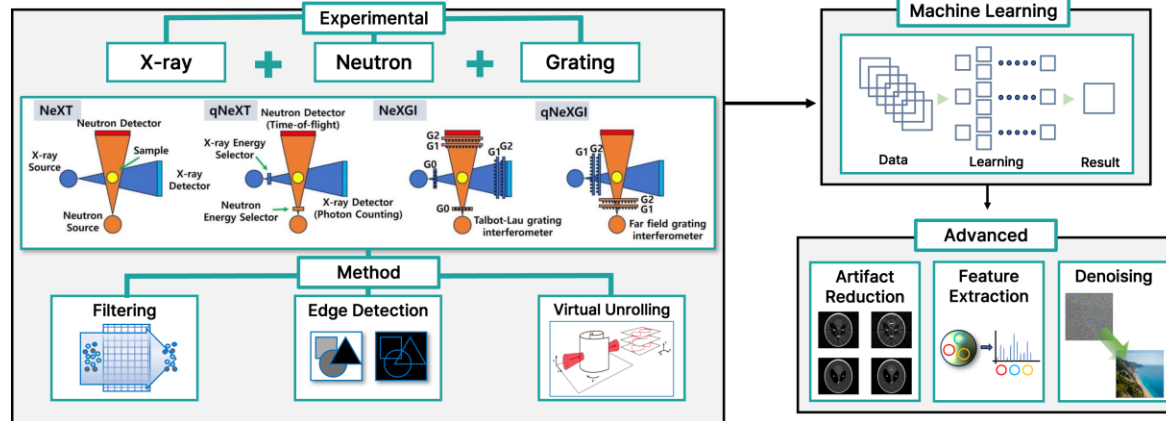
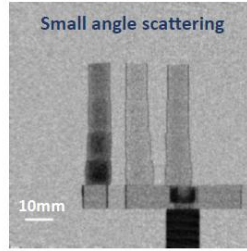
Transmission



Differential phase



Dark-field



## 연구 방향

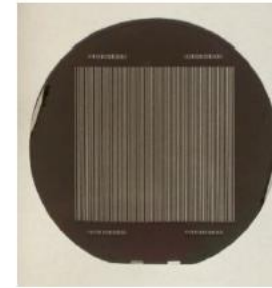
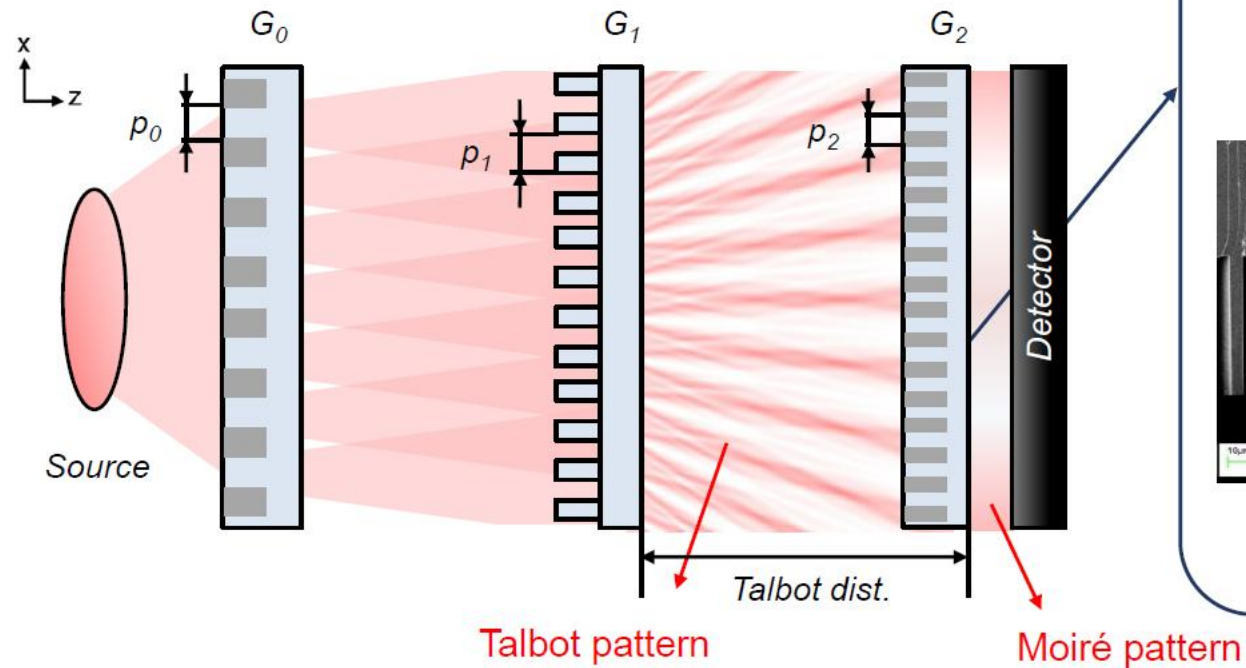
- Talbot-Lau 격자간섭계
- 감쇠·미분위상·산란 정보 계측
- 머신러닝을 이용한 데이터 분석 기법 개발
- 의료·산업·식품 검사 응용
- TALINT-EDU 교육·실험 플랫폼

### 3. 대표 연구 | 격자간섭계 기반 영상 기술

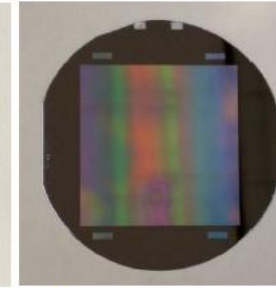
#### Neutron grating interferometry (nGI)

= Neutron imaging + Grating interferometry

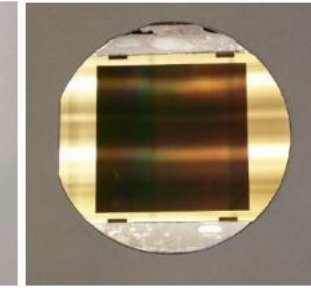
→ Talbot-Lau neutron grating interferometry (nTLI)



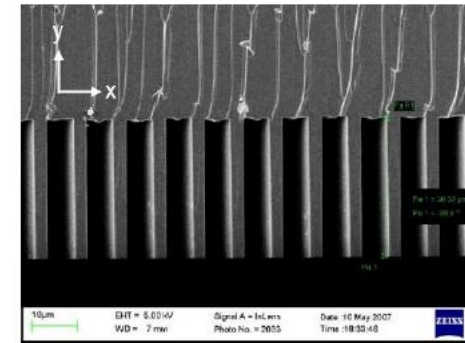
Source grating ( $G_0$ )



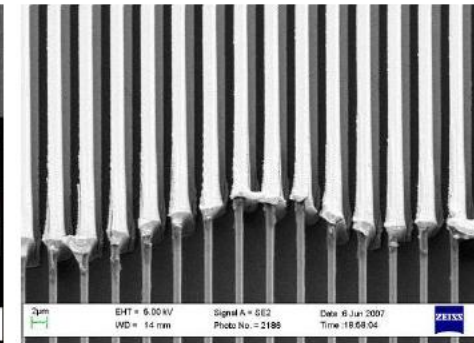
Phase grating ( $G_1$ )



Analyzer grating ( $G_2$ )



SEM Image of  $G_1$

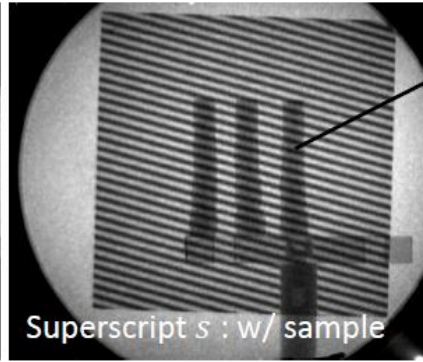
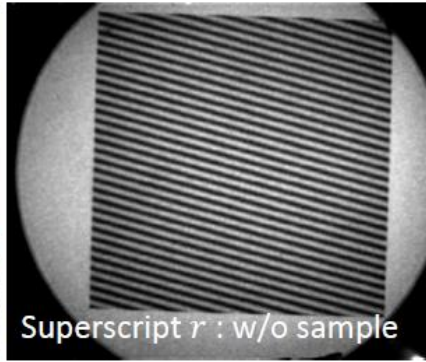
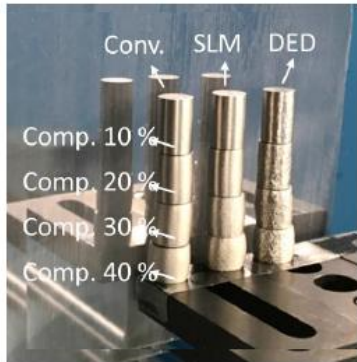


SEM Image of  $G_2$

### 3. 대표 연구 | 격자간섭계 기반 영상 기술

SS316 rods

Measured image series (by Phase stepping  $x_g$ )



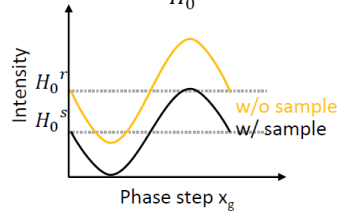
Intensity oscillation at a pixel

$$I(m, n, x_g) = \sum_i H(m, n) \cos(ikx_g + \varphi_i(m, n))$$

$$= H_0(m, n) + H_1(m, n) \cos(kx_g + \varphi_1(m, n))$$

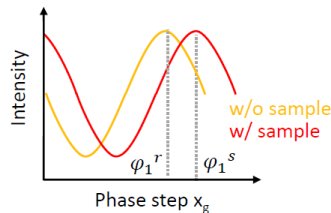
Transmission

$$TI = \frac{H_0^s}{H_0^r}$$



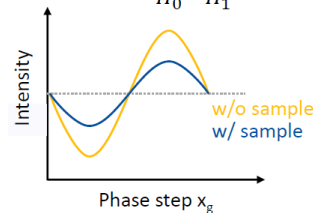
Differential phase

$$DPI = \varphi_1^s - \varphi_1^r$$



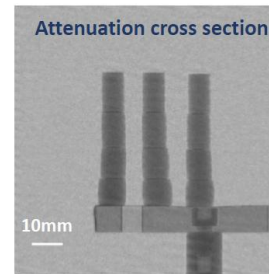
Dark-field

$$DFI = \frac{H_1^s H_0^r}{H_0^s H_1^r}$$



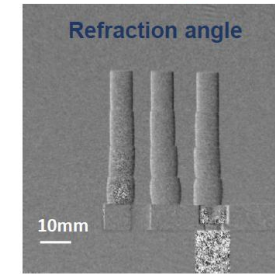
Transmission

Attenuation cross section



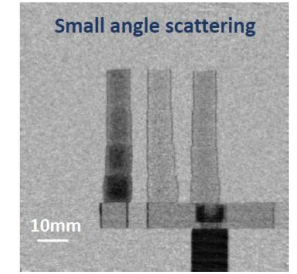
Differential phase

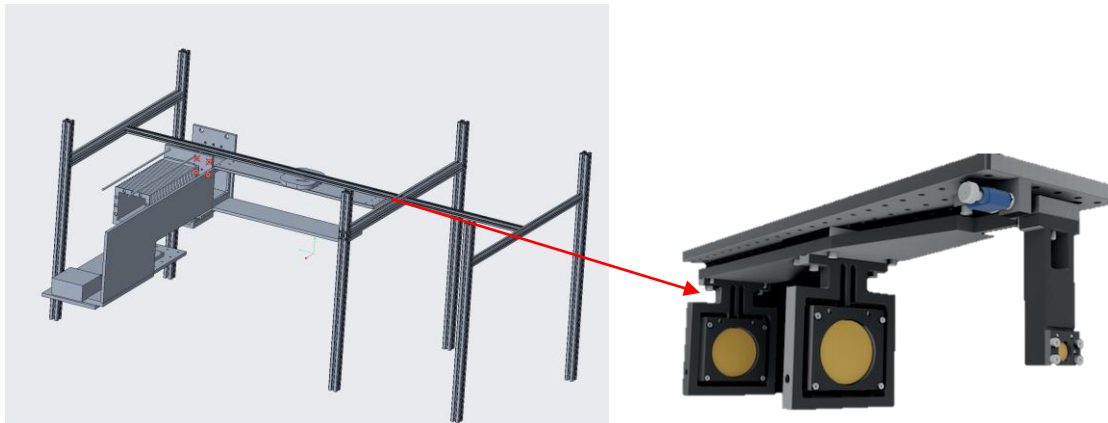
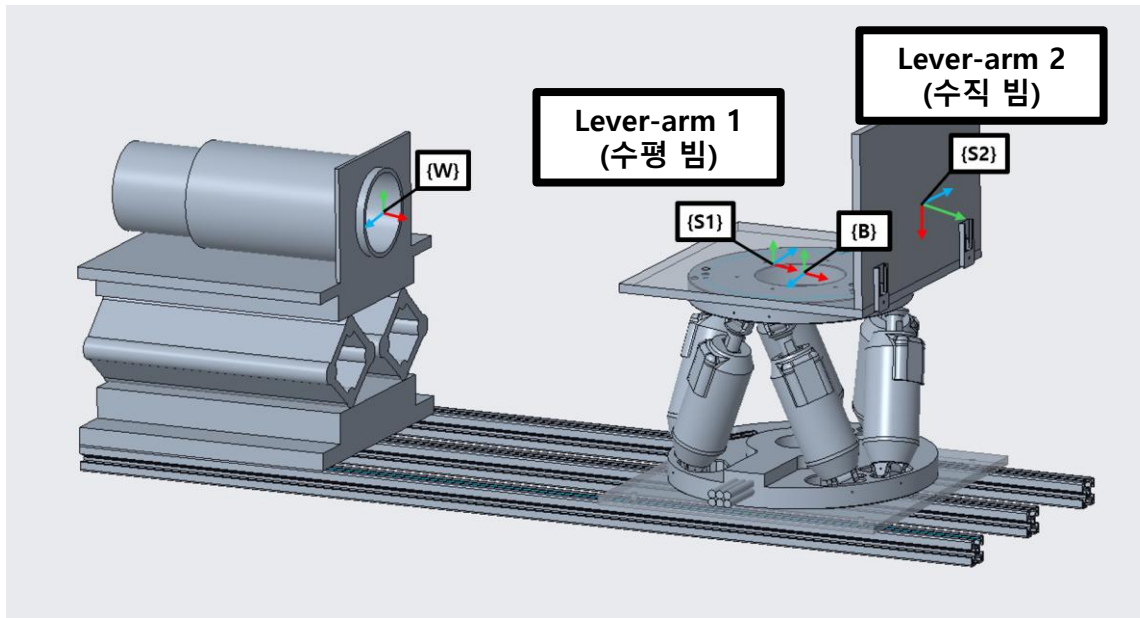
Refraction angle



Dark-field

Small angle scattering





### 연구 방향

- 방사선 응용 장치 및 시스템 설계
- 정밀 구동 메커니즘 및 구조 설계
- 영상 계측 환경에 적합한 기구 설계
- 하드웨어·소프트웨어 통합 개발

Part  
02

# 연구 환경 및 학부생 참여

*Laboratory environment and student opportunities*

---



실험실 / 제어 공간



주요 실험 장비



학생 연구실



세미나·회의 공간

### 공간 및 분위기

- 전용 실험실 및 제어 공간
- 컴퓨터 기반 데이터 분석을 위한 학생 연구실
- 세미나·회의를 위한 협업 공간
- 실험-분석-토론이 자연스럽게 이어지는 연구 환경

### 위치

- 학생 연구실: 기계관 119호
- 실험실: 제3공학관 3109호

## 6. 학부생이 참여할 수 있는 활동

Opportunities for undergraduate researchers

실험 장비, 영상 데이터, 알고리즘, 응용 문제를 함께 다루기 때문에 학부생도 다양한 방식으로 연구에 참여할 수 있습니다.

### 영상·데이터 분석

Python/MATLAB  
영상처리·정합·재구성  
데이터 정리 및 시각화

### 실험·계측

실험 셋업  
장비 운용  
데이터 획득 및 기록

### 장치·기구 설계

CAD 모델링  
구조·기구 설계  
테스트베드 제작 보조

### 문헌·발표 정리

문헌 조사  
결과 요약  
포스터·PPT 제작

실험과 분석이 함께 이루어지는 연구실로서, 문제 해결의 전체 흐름을 폭넓게 경험할 수 있습니다.