신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

EUVL mask 보호를 위한 CNT Pellicle 제작과 RESCAN장비의 필요성

|1조| 손민우 이승원 이주현 이진석 정민교

캡스톤 디자인2 김동훈 교수님

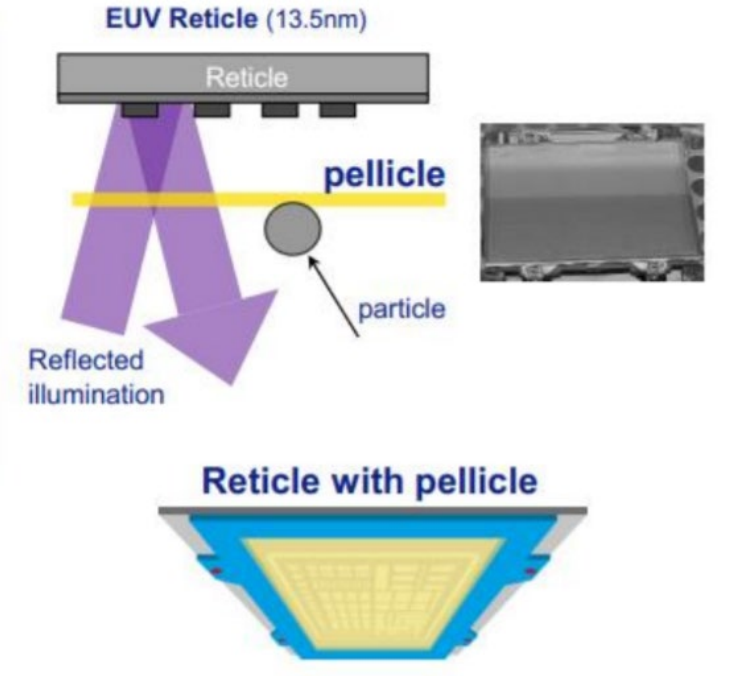
● 서론

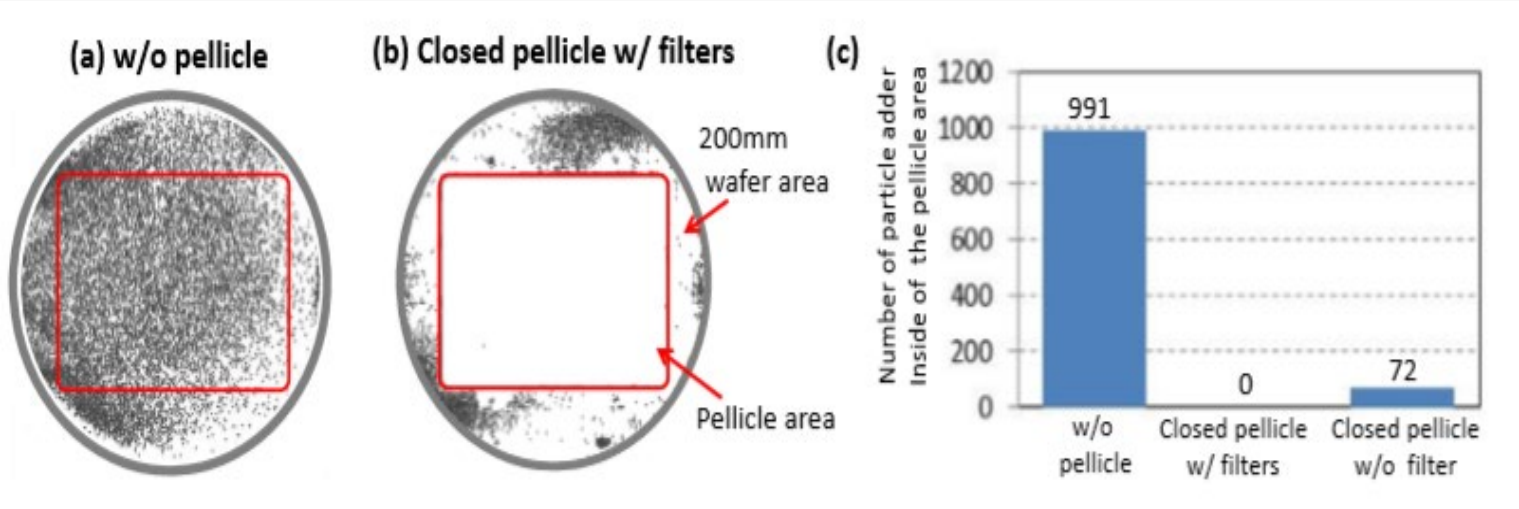
신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

- **DRAM** 공정중 리소그래피 공정에서 재료개선

→펠리클의 재료학적인 접근

- **Pellicle** : 오염물질로부터 마스크오염을 보호하는 보호막





(a) 펠리클 사용**x** **(b)**펠리클 사용**o**

Pellicle의 필요성

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

표3 EUV 적용 시 필요한 마스크 및 펠리크 수

(개수)	7nm 공정	5nm 공정	3nm 공정
포토마스크 수	7	12~14	≥15
펠리클 수	14	24~28	≥30
펠리클 사용여부	옵션	필수	필수

자료: 산업자료, 메리츠종금증권 리서치센터

생산성 ↓

불량률 ↓

마스크 세척주기 ↓

마스크 수명 ↑

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

● CNT Pellicle 특성

- 흡수를 적게 해야 함

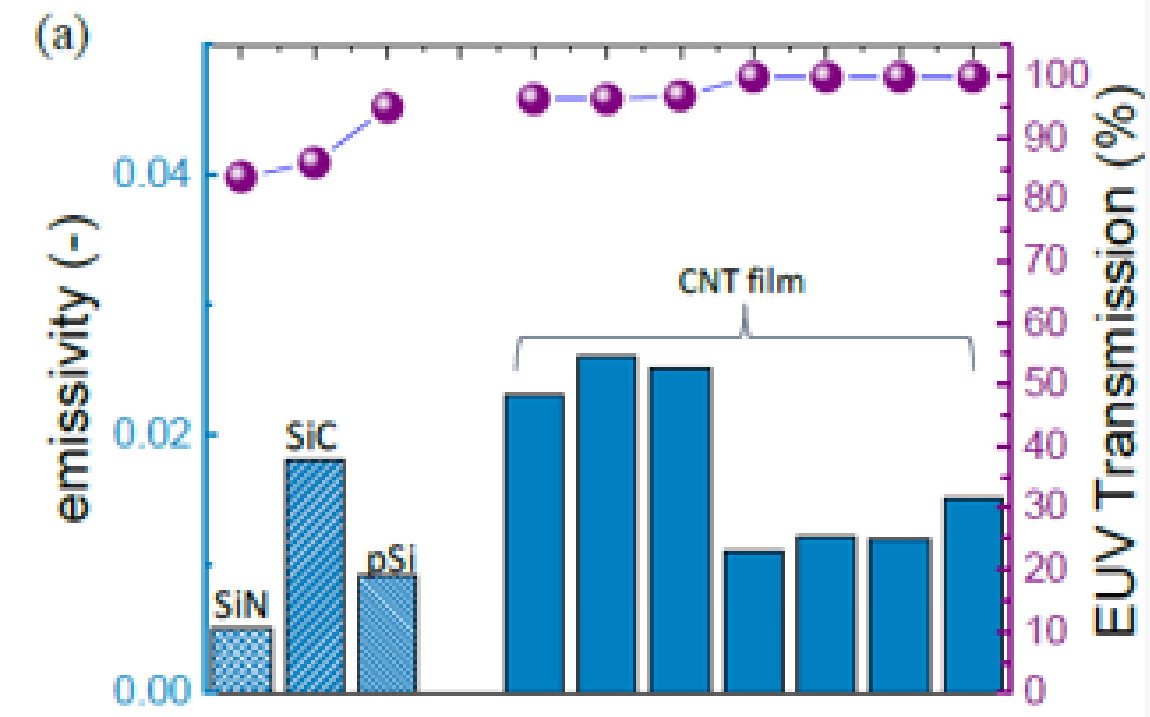
  →척도:재료의 흡광계수

- **Pellicle 의 중요한 특성 → transmission, unifprmity, reflectivity,mechanical stability 등**

Membrane property	Desired	CNT membrane
EUV Transmission	>90%	>96%
EUV Transmission uniformity	0.4% half range	0.4 % half range
EUV reflectivity	0.04%	0.001%
Mechanical stability	<0.5 mm	~0.08 mm
Trough-pellicle DUV mask inspection	Possible	Possible
EUV scattering	<0.25%	depends on type
Thermal stability	250W	Up to 1500w

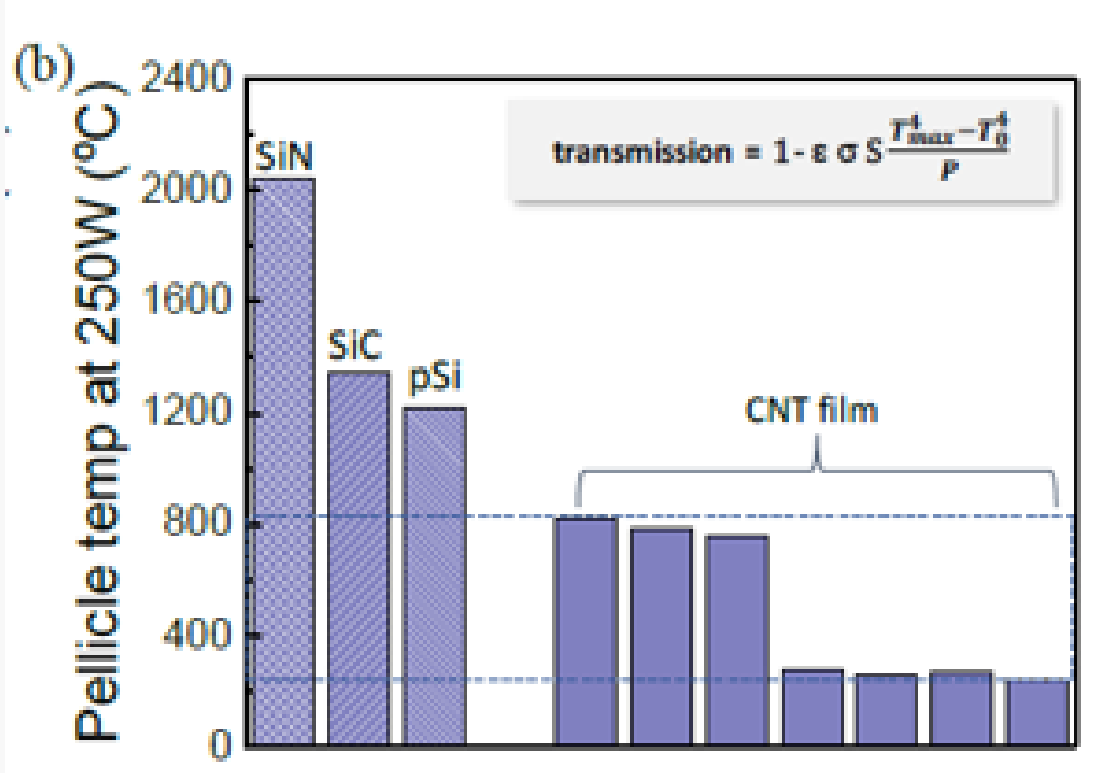
● CNT Pellicle 열적 특성

- **CNT**는 높은 방사율,높은 투과도



<30nm두께에서 방사율,투과도>

- **250W**에서 낮은 T_{max} 예상



<투과도식에 따른 막의 최대온도>

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

● EUV 스캐너 환경에서의 CNT 단점

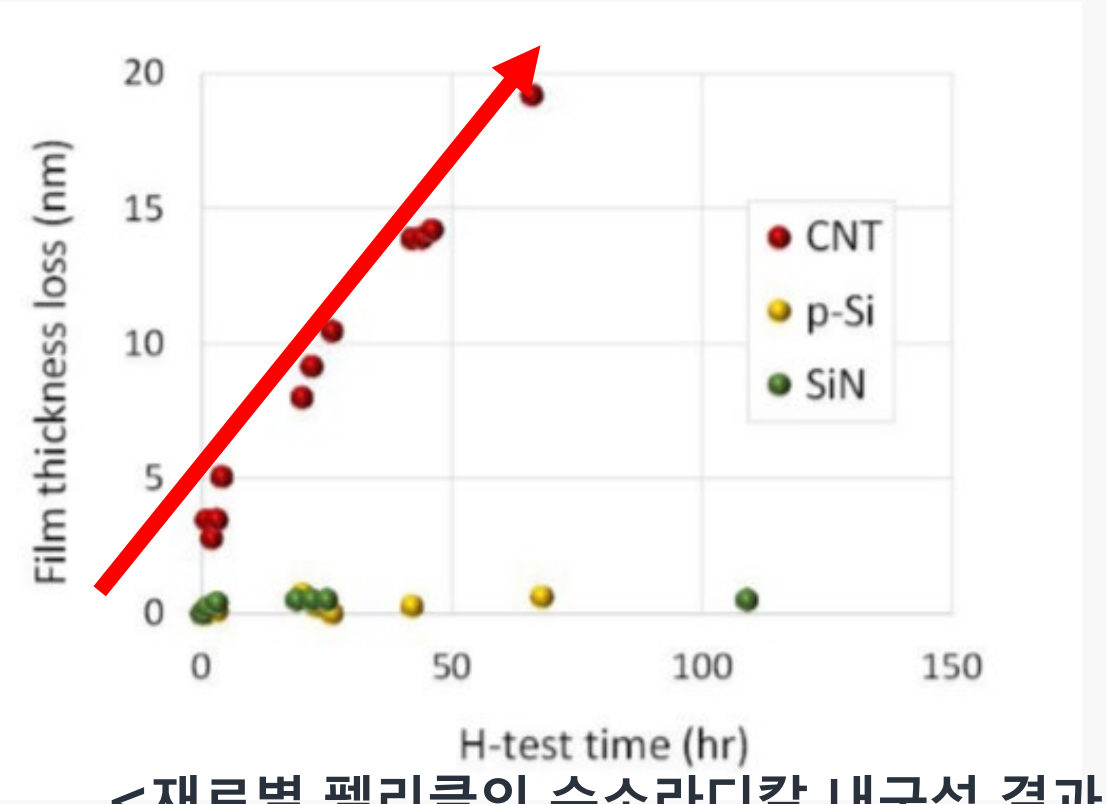
- 현재 스캐너 환경:**EUV+H2**

  → 탄소 오염물 제거를 위한 세정

  →**Hydrogen radicals (H*)**

  →비가역적으로 **etching**되면서

  CNT를 제거



<재료별 펠리클의 수소라디칼 내구성 결과>

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

Coating의 필요성 - material 탐색

- 수소 **radical**의 반응성을 줄이기 위해 **coating**의 필요성

- **Coating material** 선정

  1. 수소 **Radical** 반응 안정성

  2. 0.02이하의 흡광계수 **(k)**

  3. 1과 가까운 굴절율 **(n)**

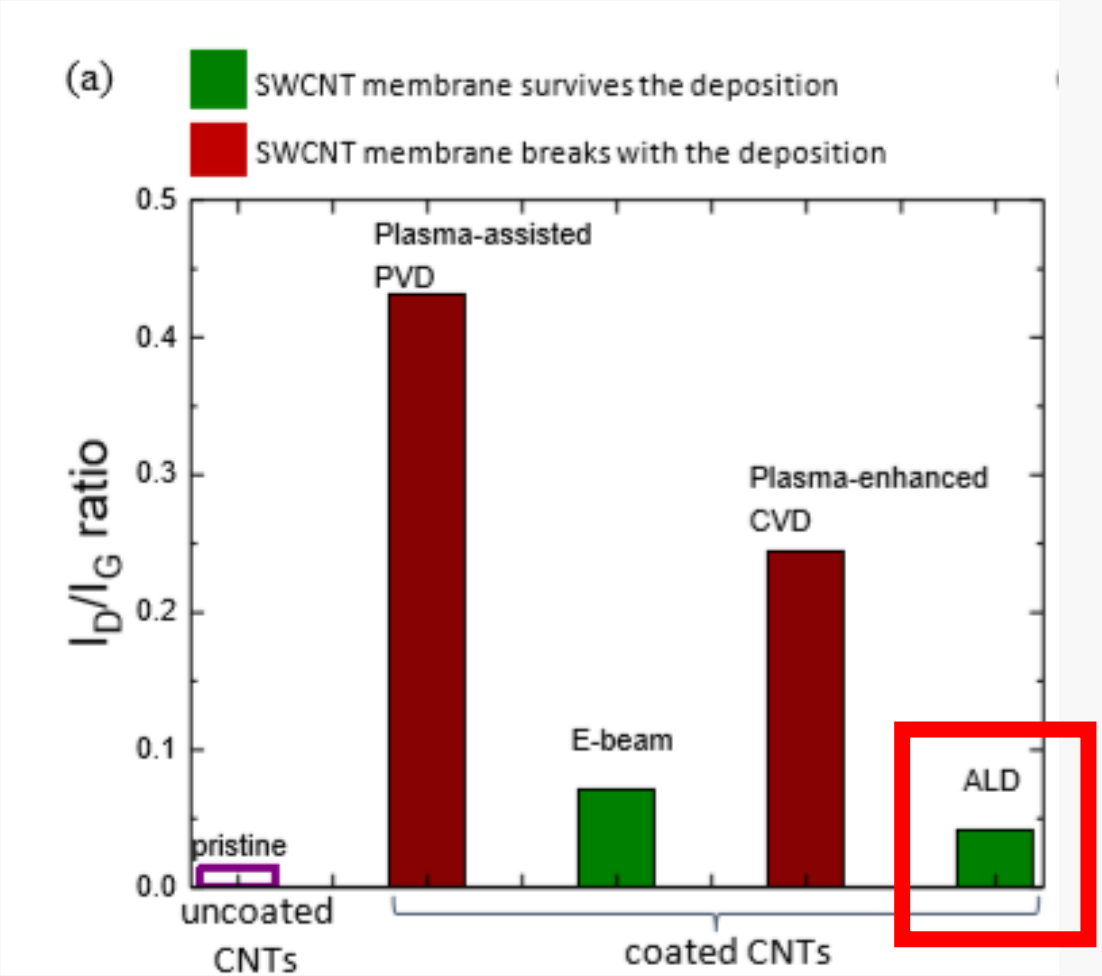
  4. 열 안정성

Zr , Mo , B , Si , Rb , Sr , Nb , Ru

Zr, Mo, Ru, Pd, Nb, Ge 및 Si → 프레임과의 계면 특성 좋음

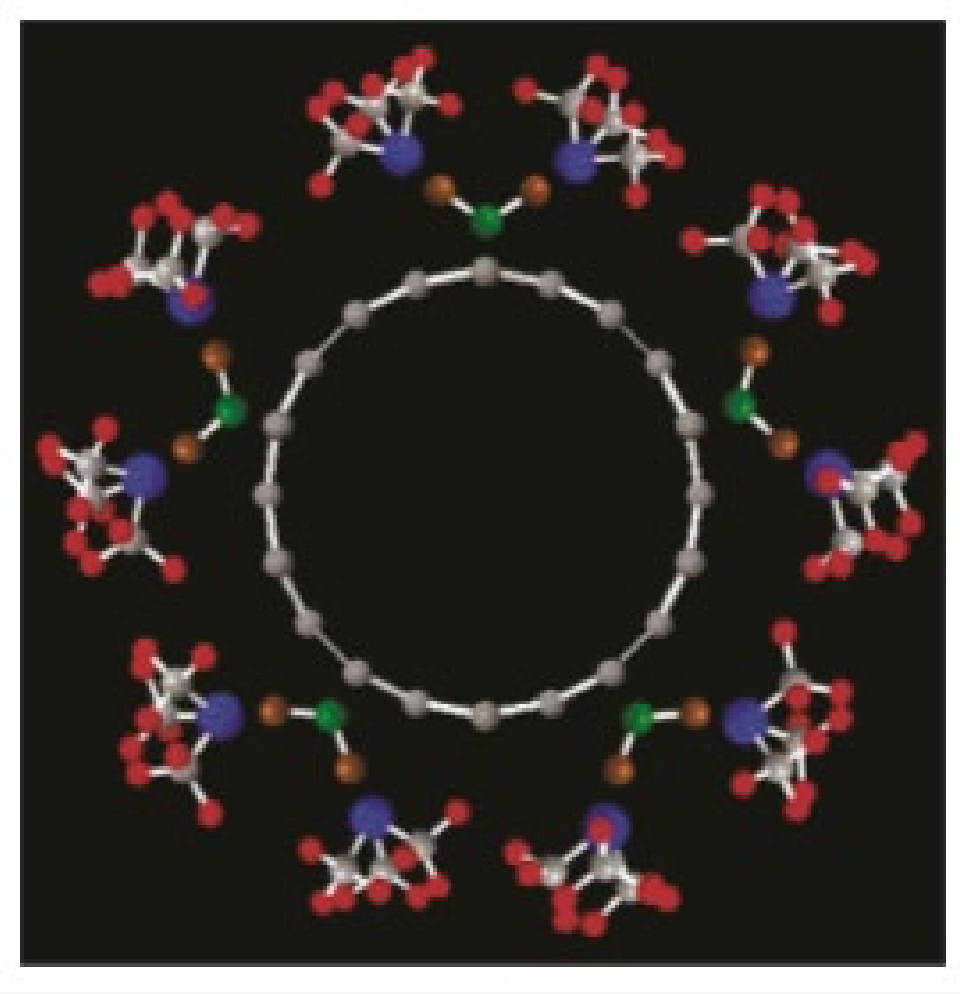
B, B_4C, ZrN, Ru, SiC, TiN, a-C → EUV 환경에서의 광학특성 좋음

● CNT coating 방법 선정



- **Plasma** 기반 **coating** 사용시 **CNT**막 파괴 등 단점 존재
- **ALD**가 고품질의 **coating** 가능

● CNT coating – ALD 문제점



CNT 표면이 불활성임으로 직접 증착 불가능

→ 등방성 코팅 불가

그러므로 **SWNT**를 **ALD** 전구체에

취약하게 하는 기능화 기술 필요

이산화질소 **(NO2)** 가스와

trimethylaluminum (TMA, Al $[CH_3]_3$)

증기를 사용하여 기능화

● 새로운 마스크 검사 장비의 필요성

- **EUV** 마스크

  -기존 마스크와는 다른 구조, **EUV pellicle**이 **ArF**에서 불투명할 경우

  마스크 검사 시 마다 **pellicle** 제거의 필요성

- 검사 장비 없이 양산을 수행할 경우

  결함에 의한 수율 ↓ , 칩 원가 상승 야기

- **EUV** 조명을 사용하는 **actinic** 시스템 필요

  - 쓰루-펠리클**(thru-pellicle)** 측정 및 **EUV** 위상 효과와 같은 요구사항으로 **actinic** 측정 시스템의 필요성

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

● 새로운 마스크 검사 장비 - **RESCAN**

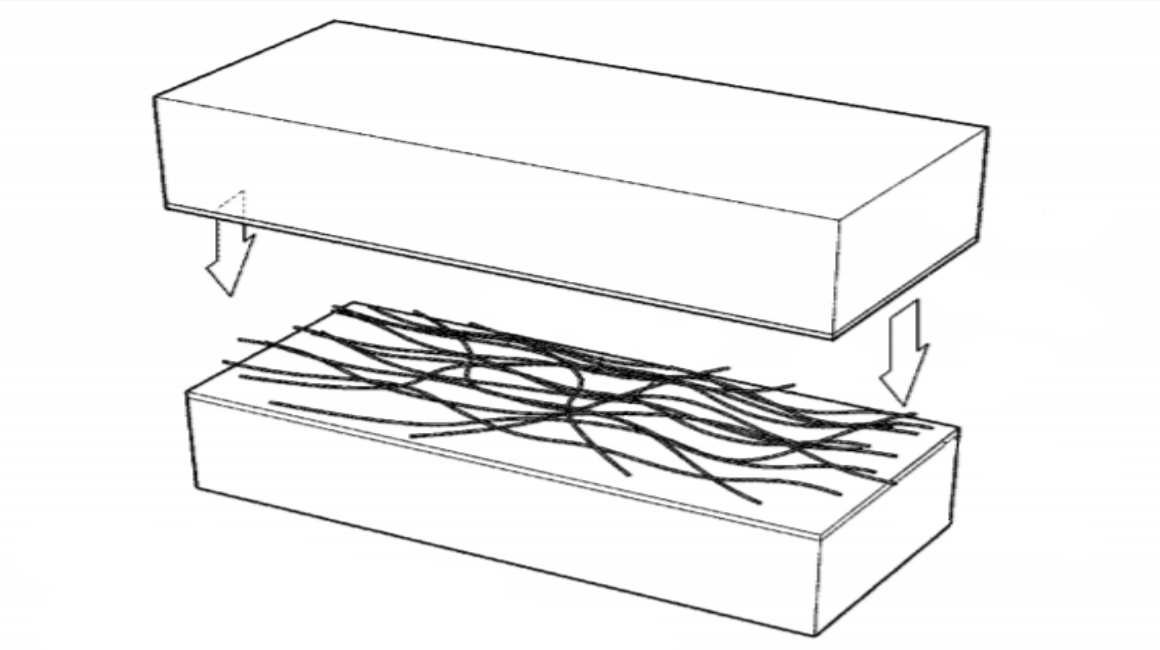
Paul Sherrer Institute(PSI) *에서 개발중인* ***activian pattern*** *검사*

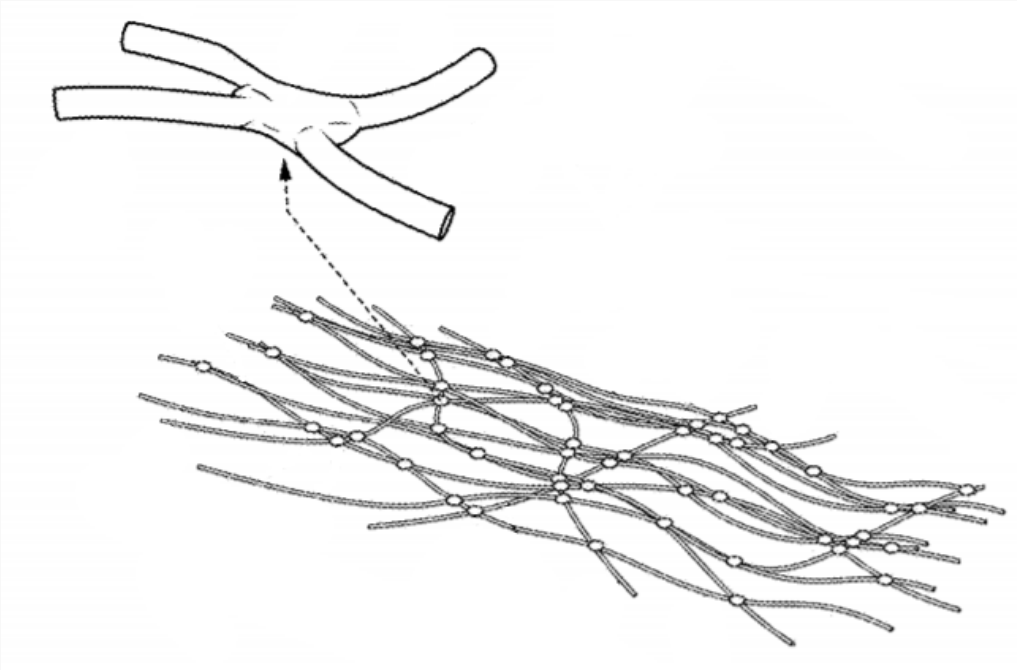
- 일관성 있는 회절 이미징**(CDI)**에 기초한 렌즈 없는 스캔 현미경
- 샘플은 **EUV** 빔으로 조명되고 반사된 회절 빔은 픽셀 검출기에 의해 기록됨
- 다중 회절 패턴이 결합되어 **ptychography**를 사용하여 샘플 이미지 재구성
- **reticle** 주변에 어떤 광학 장애물도 가지고 있지 않기 때문에, 샘플 위에 **pellicle**을 장착하는데 물리적인 장애물이 없음

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

● 최종 설계 방향 – **CNT membrane** 제작

- **CNT**를 평평한 두 판 사이에 놓고 가압하여 **CNT membrane** 형성





신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

*진공 환경 **coating** 전/후 가능*

***coating** 전) 10 ~ 30 GPa*

***coating** 후) 0.1 kPa ~ 30 Mpa*

● 최종 설계 방향 – **CNT coating**

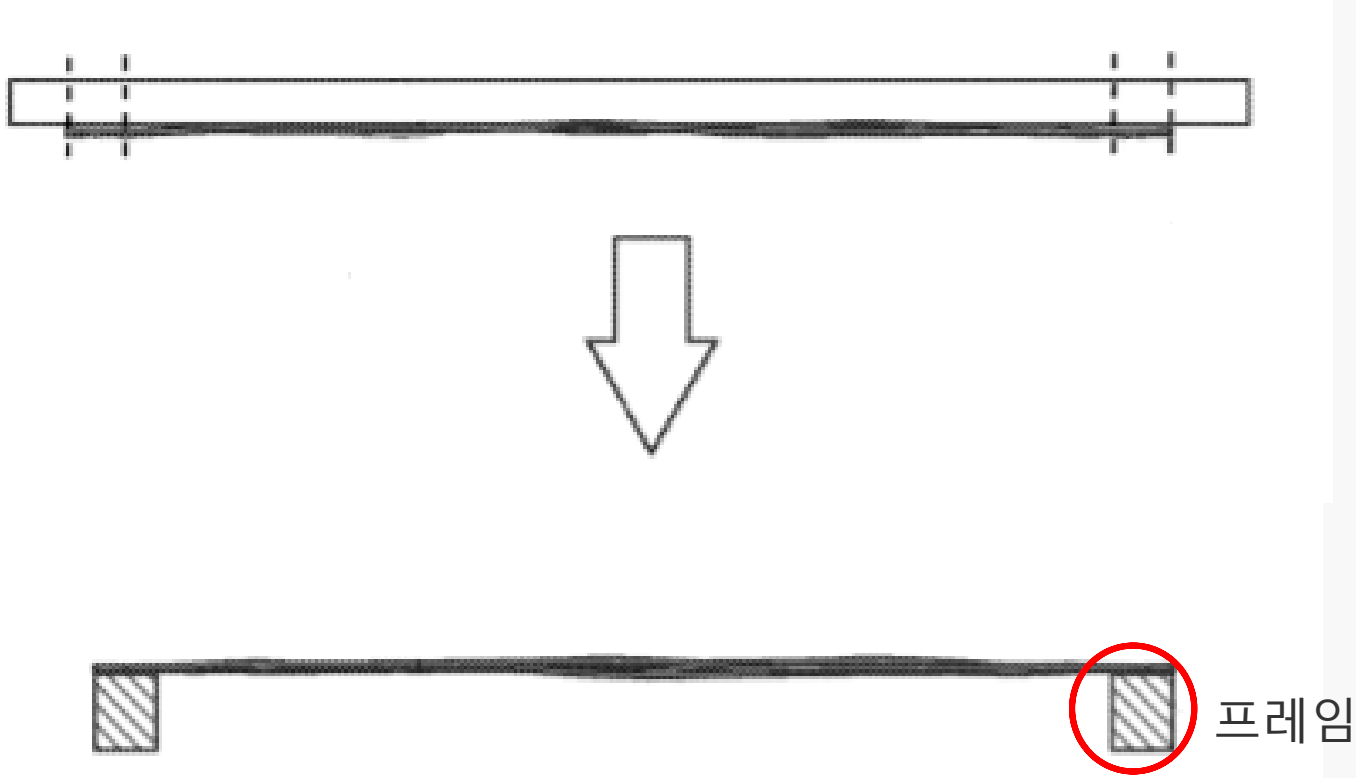
- 수소 **Radical**의 반응성을 줄이기 위해 **ALD** 코팅

프레임과의 계면 특성	**Zr, Mo, Ru, Pd, Nb, Ge**
EUV 환경에서의 광학특성 좋음	**B, B_4C, ZrN, Ru, SiC, TiN, a–C**

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

● 최종 설계 방향 – Frame과 결합

- 탄소 나노 튜브 펠리클 막과 펠리클 프레임의 지지 표면을 서로 가압



프레임 : **Si, SiN, SiO_2,** 쿼츠

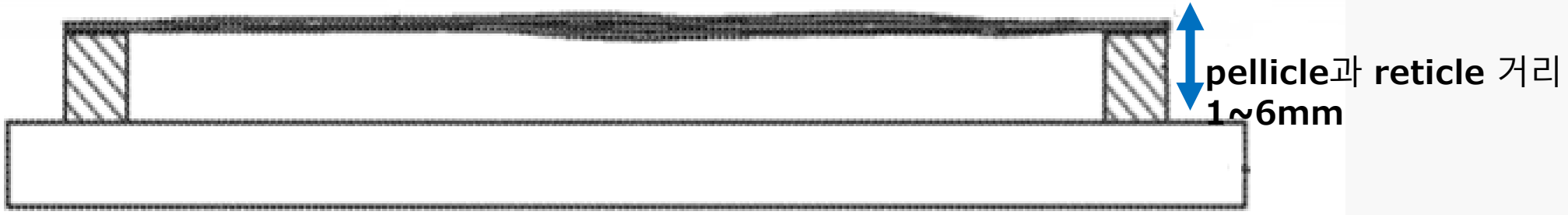
수소와의 반응성이 없음

***1mbar** 미만(**10^{-10}mbar to 10^{-6} bar**의 압력을 갖는 진공을 가하면서*
*기계적 압력 **0.1 kPa ~ 30 MPa**의 압력을 가하면 **cold welding**으로 접*

***100 ~ 500** ℃ 범위의 온도로 가열하면 접합 용이*

최종 설계 방향 – Pellicle 사용

- **Reticle** 위에 **frame** 접착시켜 **pellicle** 사용



***90%** 투과율의 **CNT** 만들기 위해서*

***1.7x10¹⁷ carbon atoms/cm²** 이하*
***2.266 g/cm³** 이하 가 되어야 함*

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

Conclusions

- **pellicle**에 중요한 특성 **4**가지 파악 및 재료마다 특성 조사
- **CNT pellicle**이 가장 특성이 좋고 단점인 수소반응성도 개선 가능
- **CNT pellicle**의 특성 및 코팅재료 선정**(B)**
- 코팅 방법 선정 **(ALD)** 및 전체적인 **CNT pellicle** 제작
- 마스크 검사 장비로 **actinic** 방식인 **RESCAN**

신소재공학과
20학년도 2학기 CNT 펠리클조
(손민우, 이승원, 이주현, 이진석, 정민교)

● 출처

Novel membrane solutions for the EUV pellicle:better or not?

Ivan Pollentier *, Jae Uk Lee, Marina Timmermans, Christoph Adelmann, Houman Zahedmanesh, Cedric Huyghebaert and Emily E. Gallagher

Experimental evaluation of the impact of arbon nanotube EUV pellicles on reticle imaging

Iacopo Mochi,Marina Y. Timmermans,Emilly E,Gallagher,Marina Mariano,Ivan Pollentier,Rajeev Ragendran Patrick Helfenstein,Sara Femandez,Dimitrios Kazazis,and Yasin Ekinci

CNT EUV pellicle: moving towards a full-size solution

Marina Y. Timmermans*, Ivan Pollentier, Jae Uk Lee, Johan Meersschaut, Olivier Richard, Christoph Adelmann, Cedric Huyghebaert and Emily
E. Gallagher* imec, Kapeldreef 75, B3001 Leuven (Belgium). 2017

Atomic Layer Deposition on Suspended Single-Walled Carbon Nanotubes via Gas-Phase Noncovalent Functionalization

DiVision of Engineering and Applied Sciences and Department of Chemistry and Chemical Biology, HarVard UniVersity, Cambridge, Massachusetts
02138 Received December 12, 2005; Revised Manuscript Received February 6, 2006

Fabrication of a full size EUV pellicle based on silicon nitride

Dario L. Goldfarb1∗ IBM T.J. Watson Research Center, 1101 Kitchawan Rd, Yorktown Heights, NY 10598 2015

THANKS FOR WATCHING

|1조| 손민우 이승원 이주현 이진석 정민교

캡스톤 디자인2 김동훈 교수님