



기업 설명회

Paper Culture's Best Leader



KUKIL PAPER

www.kukilpaper.co.kr

Disclaimer

본 자료는 국일제지(주)가 기관투자자와 일반투자자들을 대상으로 실시되는 Presentation에서의 정보제공을 목적으로 국일제지(주)에 의해 작성되었으며 이의 반출, 복사 또는 타인에 대한 재배포는 금지됨을 알려드립니다.

본 Presentation 에의 참석은 위와 같은 제한 사항의 준수에 대한 동의로 간주될 것이며, 제한 사항에 대한 위반은 관련 법률에 대한 위반에 해당 될 수 있음을 유념해 주시기 바랍니다.

본 자료에 포함된 "예측정보"는 개별 확인 절차를 거치지 않은 정보들입니다. 이는 과거가 아닌 미래의 사건과 관계된 사항으로 회사의 향후 예상되는 경영현황 및 재무실적을 의미하고, 표현상으로는 '예상', '전망', '계획', '기대' 등과 같은 단어를 포함합니다. 위 "예측정보"는 향후 경영환경의 변화 등에 따라 영향을 받으며, 본질적으로 불확실성을 내포하고 있는 바, 이러한 불확실성으로 인하여 실제 미래실적은 "예측정보"에 기재되거나 암시된 내용과 중대한 차이가 발생할 수 있습니다. 또한, 향후 전망은 Presentation 실시일 현재를 기준으로 작성된 것이며, 현재 시장상황과 회사의 경영방향 등을 고려한 것으로 향후 시장환경의 변화와 전략수정 등에 따라 변경될 수 있으며, 별도의 고지 없이 변경될 수 있음을 양지하시기 바랍니다.

본 자료의 활용으로 인해 발생하는 손실에 대하여 회사 및 각 계열사, Representative 들은 그 어떠한 책임도 부담하지 않음을 알려드립니다.(과실 및 기타의 경우 포함) 본 자료는 어떤 경우라도 투자자의 투자결과에 대한 법적 책임 소재의 입증자료로서 사용 될 수 없습니다.

01 회사 소개

1. 회사개요

02 제지사업부문

1. 제지사업부문
2. 제지사업부문 연혁
3. 주요 제품
4. 주요 고객
5. 친환경제품
 - 전열막지
 - 담배필터지
 - 친환경초배지
 - 위생패드지
 - 친환경 종이빨대지
 - 종이물티슈
 - 벌집포장재
 - 재생라벨지& 종이테이프

03 신사업부문

1. 신사업 부문
2. 신사업 연혁
3. 그래핀 소개
4. 그래핀 산업환경 및 전망
5. 보유 기술 및 설비
6. 성과
7. R&D 전략
8. 성장전략
9. 응용화 협력

04 Appendix

1. 그래핀 응용화 실험 결과

CONTENTS





1. 회사 개요

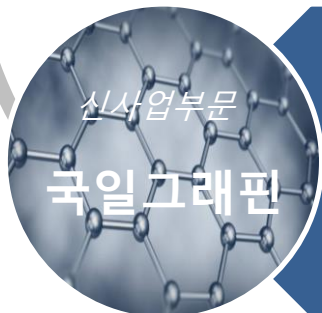
01

회사 소개

1. 회사개요



국일제지는 강판간지, 담배관련지, 산업용지, 식품용지 등 특수지 분야의 국내 선두 업체로 최근 시장변화와 미래에 요구되는 고부가가치 전략제품인 전열막지, 보안용지, R/O원지, 친환경 종이빨대원지 등을 개발하여 특수지 분야의 독자적 영역을 구축하고 있음.



국일그래핀은 그래핀계 나노소재 및 CVD 그래핀 기술을 바탕으로 초경량/고강도 그래핀 복합소재 분야 및 전기적 특성을 활용한 고전도성 복합소재 분야의 선도기업으로서, 기존의 전극체 속도를 상당히 높일 수 있는 신소재의 기술을 보유하고 있으며 저가-대면적 박막형 필름, 직접 전사CVD 기술 등 원소재 원천기술과 더불어 소재기반의 원천기술을 확대 응용하는 분야로 사업을 확장하고 있음 .

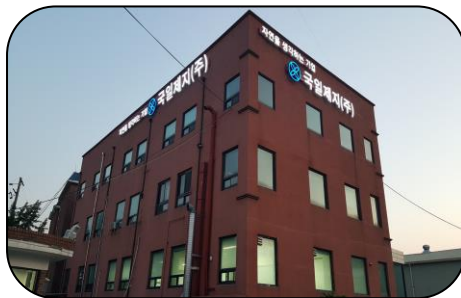
02

제지사업부문

1. 제지사업부문
2. 제지사업부문 연혁
3. 주요 제품
4. 주요 고객
5. 친환경제품
 - 전열막지
 - 담배필터지
 - 친환경초배지
 - 위생패드지
 - 친환경 종이빨대지
 - 종이물티슈
 - 별집포장재
 - 재생라벨지 & 종이테이프

1. 제지사업부문

기업명	국일제지(주)	종업원 수	200명
설립일자	1978. 8		
대표자	최우식, 이용호 (각자대표)	기업형태	코스닥 상장
서울사무소	서울 강남구 강남대로 388 https://youtu.be/KZYLp0i_v74?t=3		
사업장	용인) 초지기 4대 (22,000톤/γ), Heating Calender 2대 아산) 초지기 2대 (65,000톤/γ)		
주요사업	지류 제조 판매업 (박엽지, 담배필터용, 크라프트지 등)		
자산	141,109백만원		
시가총액	400,000백만원		
최대주주	최우식(대표이사) 32.13% (41,000,000주)		



2. 제지사업부문 연혁



3. 주요 제품

친환경 제품

- 전열막지
- 담배필터지
- 친환경초배지
- 위생패드지
- 친환경 종이빨대지
- 종이물티슈
- 벌집포장재
- 재생라벨지 & 종이테이프

담배용

- 일반권지
- 다공지
- 내유권지
- 크립지
- Foil/Paper Inner Liner지

산업용

- R/O지
- 이형원지
- 치과용지
- 가습원지
- 실크벽지
- 난연벽지
- 백상벽지

포장용

- KP(Kraft Paper)
- GKP(Green Kraft Paper)
- AKP(All Kraft Paper)
- WKP(White Kraft Paper)

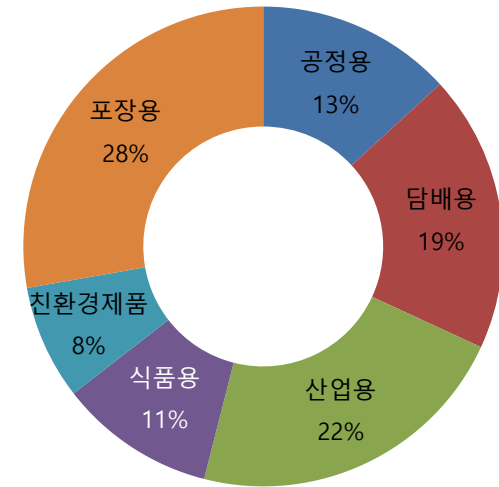
공정용

- 강판간지
- 전선피복지
- 위생용지
- 도포용지

식품용

- 박엽지(편면/양면)
- 은박원지
- 컵지/아이스콘지

매출 구성



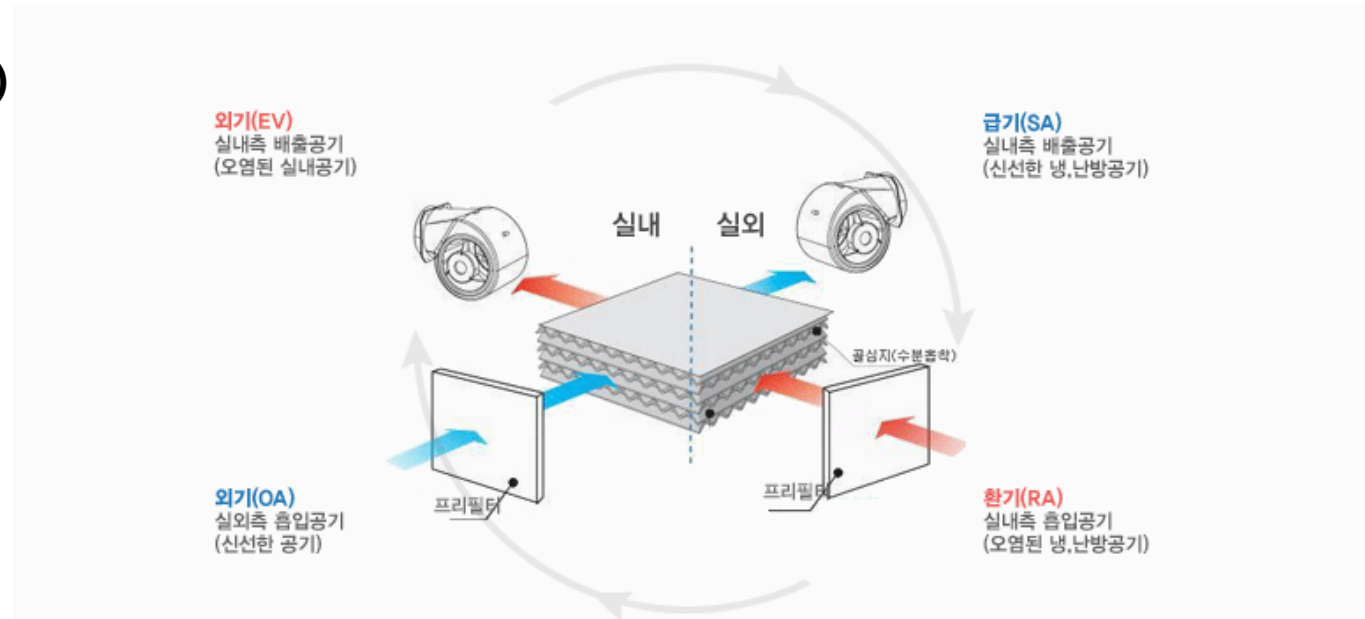
주) 2021년 판매액 기준

4. 주요 고객



5. 친환경 제품

● 전열막지(傳熱膜紙)



📄 제품특성

“양방향 환기시스템”
(실내외 공기의 교환 시, 온도와 습도의 열 교환 부품 소재)

💡 주요이슈

- 환경문제 대두

- 환기설비 설치의무에 대한 법안 제정
 - APT 30세대 이상 설치 의무화

👍 기대효과

- 환기시스템 설치 활성화
 - 교육청 및 지자체 설치 확대
 - 공동주택(아파트) 교체 서비스 확대

- 공조기의 유지보수 교체 인식 확대
 - 열교환소자 관리주기 : 2년
 - 👉 소모품 교체에 대한 인식 확대

● 담배필터지



제품특성

“필터 작업성 우수, 연기제거효율, 탈취 등”
(아세테이트토우 대체, 담배필터에 사용되는 원지)



주요이슈

- 담배필터 시장에서 아세테이트 토우가 원가에 차지하는 비중 약 25%
 - 토우 공급량 축소로 대체품 시급

- KT&G “26년 탈 플라스틱”
 - 아세테이트토우 대체

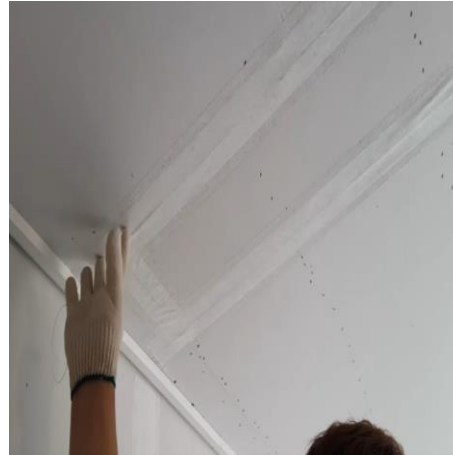
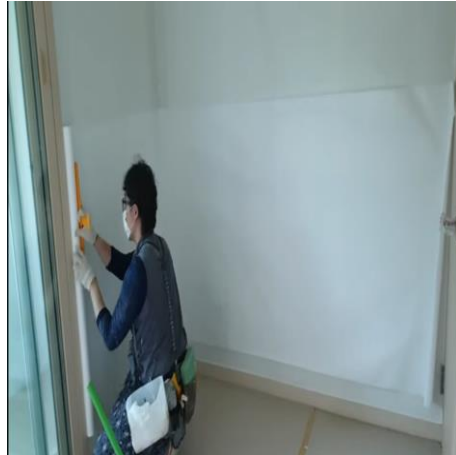


기대효과

- 활성탄필터 성능평가 결과 양호
 - 신제품 적용 기대

- 전세계 토우 시장 중 담배필터 규모 약 13조
 - 국내 필터용 토우시장 규모는 약 1,000억
 - ☞ **점진적으로 토우 대체 진행**

● 친환경초배지



📄 제품특성

“친환경 초배지”
(고르지 못한 벽면 / 벽지 시공 전 벽지의 부착력을 강화시키는 목적의 속지로서 사용하는 제품)

💡 주요이슈

- 각국의 페인트벽지, 간접조명 등 벽지산업의 트렌드 변화

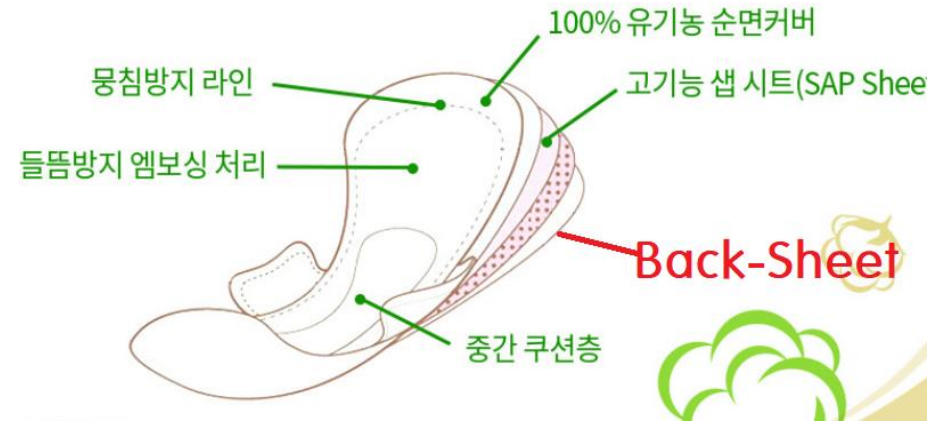
- 중국, 북미, 유럽 등 벽지산업 수요 증가
- 기존 부직포 등의 곰팡이 등 제품 하자 문제

👍 기대효과

- 시공성 우수 (공정 단축)
- 기능성 탑재 (항균성, 난연성)
- 효율성 및 활용도 우수

- 화학약품 No 사용 가능성
- 계절적/환경적 요인(장마, 습함, 결로 등)에 의한 수축현황 ZERO(제품 하자율 낮음 ↓)

● 위생패드지



📄 제품특성

“Back Sheet 흡수층 천연소재로 대체”
(친환경 유기농 생리대 각광 주목)

💡 주요이슈

- 100% 천연제품 Target
↳ 커버층 + 흡수층 + 방수층

- 흡수층 cover tissue : 무표백 제품 관심도 증대

👍 기대효과

- 흡수층 : SAP(화학섬유) → 천연펄프(Rayon+Pulp)

- Back sheet: PE필름 → 크라프트/펄프 + 특수코팅
- Back sheet 천연제품으로 변경 시 100% 천연위생패드 생산 가능

● 친환경 종이빨대지



📄 제품특성

“친환경원지”
(FDA, FSC, MCDP 등 인증완료)

💡 주요이슈

- 플라스틱 환경규제
 - 22년 11월~ 플라스틱 빨대 금지
- 일회용품 제조업체에 폐기물 수거 및 재활용 비용 부과

- ESG 제품 관심도 ↑
 - ☞ 종이빨대 가공업체 등 문의 증가

👍 기대효과

- 시장 패러다임 충족
 - 친환경종이빨대지 개발
 - 종이빨대포장원지 혁신

- 빨대 판매 글로벌 NO.1 업체와 종이빨대 기술개발 및 일부 제품 판매 중
- 글로벌 인증 취득 완료 FSC, FDA 등
 - ☞ 유럽시장 판매 확대 가능

● 종이물티슈



📄 제품특성

“종이물티슈+생분해포장지로 100% 친환경 제품 생산 ”
(100% 천연펄프원단 생분해원단)

💡 주요이슈

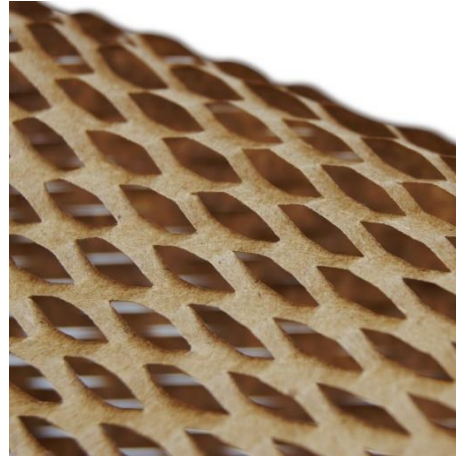
- 물티슈 관련 환경부 자원재활용법 하위법령 개정안 입법예고

👍 기대효과

- 부드러움 ↑, 흡수도 ↑
- 종이물티슈 시장 확대
- 내년 하반기 규제 실행까지 제품의 홍보 및 고객 확보 주력

- 타사 제품보다 품질 우수하다고 평가(강도)
- 고 Bulk 및 엠보 가공 등 품질 개선을 통한 제품 홍보
- MRO업체와 협약을 통한 판매 시장 확대

● 벌집포장재



📄 제품특성

“종이뽁뽁이, 허니콤”
(친환경 종이 완충 포장재)

💡 주요이슈

- 정부 규제 미확정으로 시장 확대 제한적
↳ 친환경 규제 강화 시 시장확대 가능성

👍 기대효과

- 대형유통사 중심 종이포장재 전환 진행 중

- 벌집구조를 통해 제품을 보호하는 완충력을 50% 이상 향상

● 재생라벨지 & 종이테이프



📄 제품특성

“종이소재 제품 회수 후 리사이클 제품 탄생”
(재활용 원료 투입제품)

💡 주요이슈

- 국내 대기업 2050년 탄소중립에 따른 자원순환 재활용 확대 경영전략 발표

👍 기대효과

- 종이소재 제품을 원료로 활용 재생라벨지 및 종이테이프로 Recycle Test 및 개발 진행 중

- OPP → 종이테이프 대체
- 고강도 양면Tape 확대



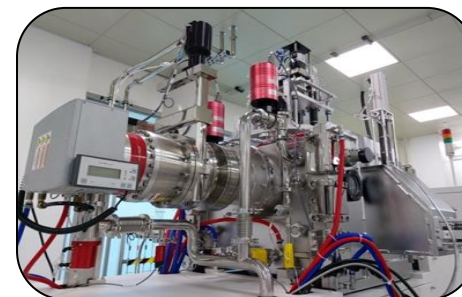
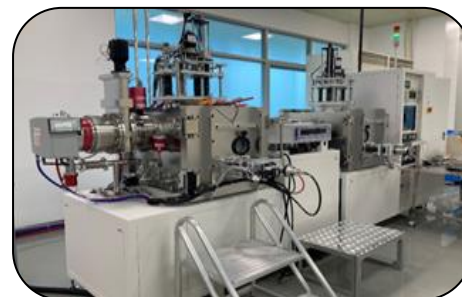
03

신사업부문

1. 신사업 부문
2. 신사업 연혁
3. 그래핀 소개
4. 그래핀 산업환경 및 전망
5. 보유 기술 및 설비
6. 성과
7. R&D 전략
8. 성장 전략
9. 응용화 협력

1. 신사업 부문

기업명	국일그래핀(주)
설립일자	2018. 11
대표자	최우식
사무소	경기도 성남시 중원구 갈마치로
사업장	성남) 12-inch CVD pilot machine, Roll to Roll CVD facilities
주요사업	그래핀 및 신소재 연구개발
자본금	9,000백만원
최대주주	국일제지(주) 100%



2. 신사업 연혁

2018년

- '18. 11 국일그래핀 주식회사 설립
- '18. 12 충남대 창업보육센터 입주
- '18. 12 8인치 CVD 장비 도입

2020년

- '20. 3 국일그래핀(주) 성남피엠센터 개소
- '20. 4 대면적 그래핀 양산용 Roll to Roll 설비 시운전
- '20. 6 12인치 Batch(Multi Chamber) 그래핀 합성 설비 구축

2018년

2020년

2022년

2019년

- '19. 4 미국특허 등록 (US 10,246,795)
- '19. 5 8" Si Wafer PAT CVD방식 박막 그래핀 합성 성공
- '19. 5 자본금 600 백만원으로 증자
- '19. 8 8" PET CVD방식의 박막 그래핀 합성 성공
- '19. 8 그래핀 박막의 무전사 제조방법 특허등록
- '19. 10 자본금 6,500 백만원으로 증자
- '19. 11 IDTechEx Show(Santa Clara) 참가

2021년

- '21. 9 미국특허 등록 (US 11,124,870)
- '21. 12 12인치 Batch식(Single Chamber) 그래핀 합성설비 구축

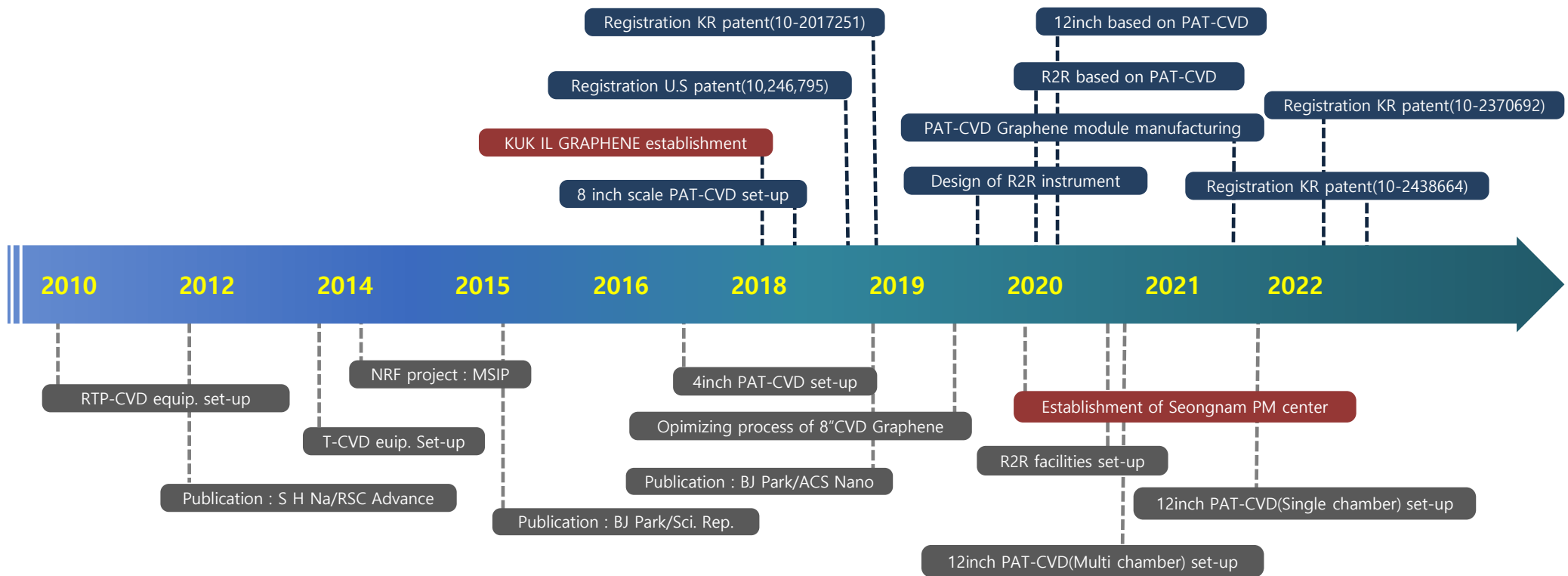
2022년

- '22. 2 국내특허 등록 (Pat. 1023706920000)
- '21. 8 국내특허 등록 (Pat. 1024386640000)

3. 그래핀 소개

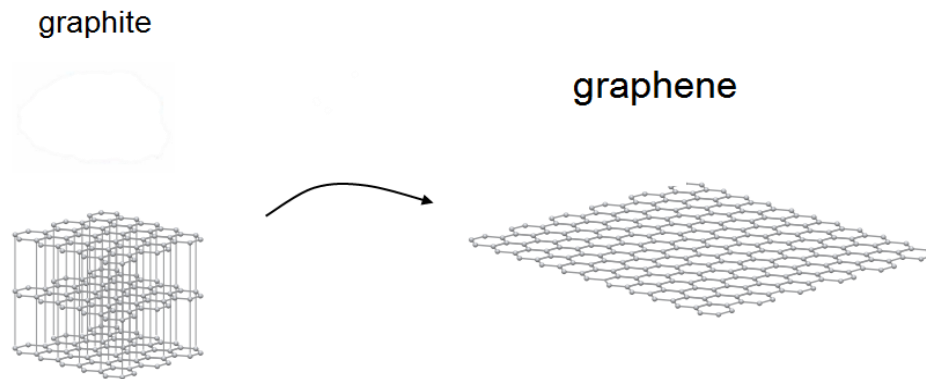
● 국일그래핀 개요

2018년 설립한 국일그래핀은 단일층 그래핀 PAT-CVD 합성기술을 바탕으로 그래핀계 나노소재 및 그래핀 복합소재 분야의 선도기업으로, 그래핀 박막 양산화 기술과 상용화를 위해 2020년 성남PM센터를 설립하였습니다. 4인치 및 8인치 단일층 그래핀 박막 기술에서 양산화를 위한 대형 박막 기술개발을 위해 12인치 합성설비와 Roll to Roll 합성설비를 설치하고 개발에 주력하고 있으며, 그래핀 양산화를 위한 끊임없는 특허기술 개발과 응용화 연구를 진행하고 있습니다.



● 그래핀 ?

벌집모양의 육각형으로 배열된 단일 원자 두께 (약 0.35nm)의 탄소 시트



특성	수치	비고
강도(Breaking Strength)	42Nm ⁻¹	강철보다 100 배 이상
탄성한계	~20%	
전자이동도	200,000cm ² V ⁻¹ s ⁻¹	Si보다 100 배 이상
열 전도성	~5,000Wm ⁻¹ K ⁻¹	Cu보다 10 배 이상
최대전류밀도	>10 ⁸ Acm ⁻¹	Cu보다 ~ 100 배 더 큼
광 흡수계수	2.3%	GaAs보다 ~ 50 배 높음

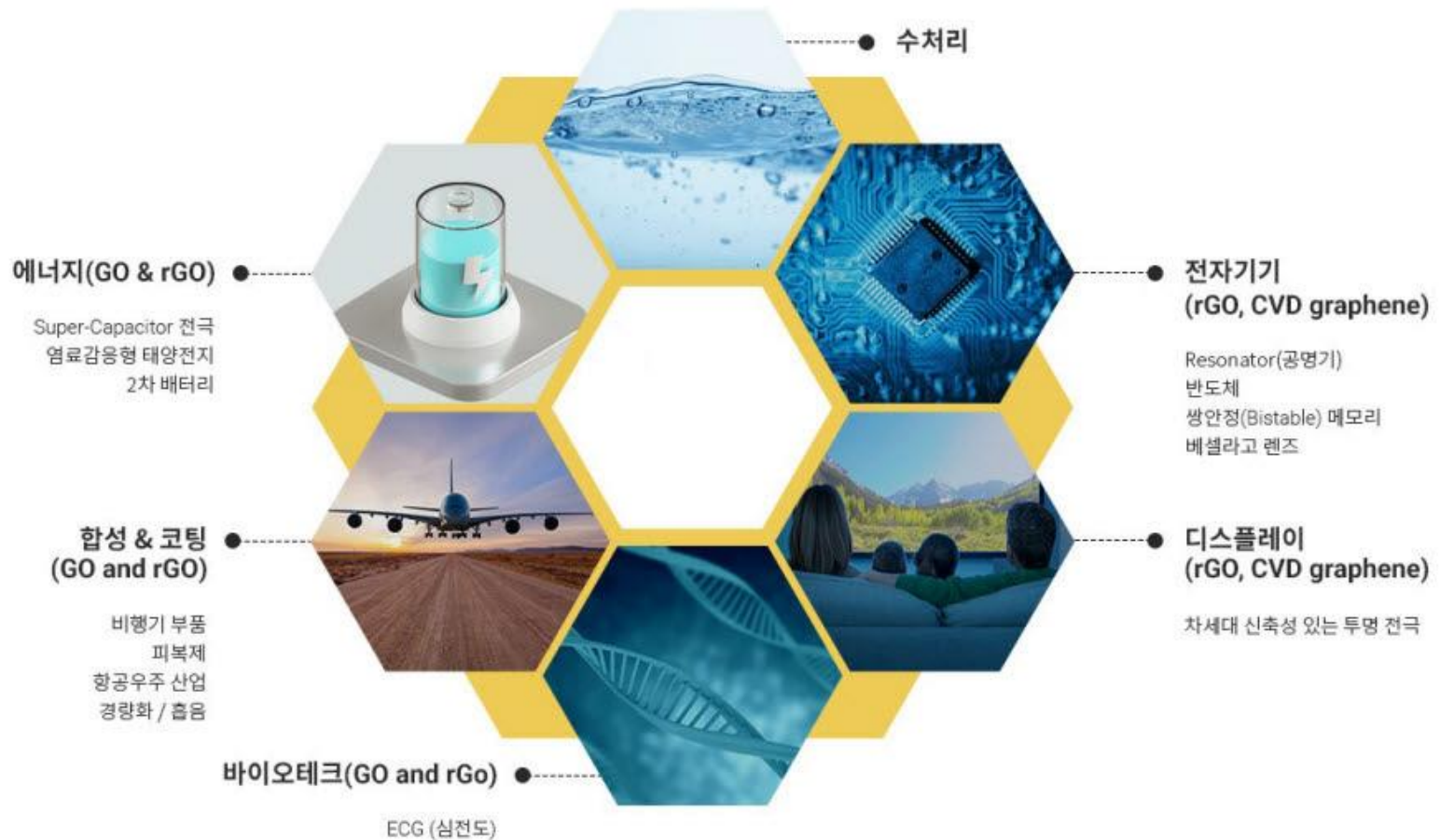
단일층 탄소배열의 그래핀은 1947년 필립월리스(Philip Wallace)에 의해 처음 탐구되고, 1962년 전자현미경으로 관찰되었으며, 2004년 안드레 가임(Andre Geim)과 콘스탄틴 노보셀로브(Konstantin Novoselov)가 "스카치 테이프법"으로 흑연(Graphite) 표면에서 얇은 탄소막을 떼는 방법을 사용하여 그래핀을 분리하였으며, 노벨 물리상(2010년)을 수상하였음.

그래핀은 2차원적 결정성 물질로 그 독특한 구조와 특성으로 기존 소재의 성능을 획기적으로 바꿀 수 있어서 터치 스크린, 태양광 전지, 이차 전지, 고속 트랜지스터, 가스 탐지 및 초강력 경량 물질 등에 응용 연구가 활발하게 진행되고 있음.

● 적용분야

- 투명전극 : 터치패널, 유연투명디스플레이 등
- 배리어 : 수처리, 가스 센서, 바이오 센서 등

- 에너지 : 슈퍼커패시터, 솔라셀, 이차전지, 연료전지 등
- 방열소재 : 항공기 부품, 피복, 경량화 등



출처 : 전자신문, "미래 이끌 주인공? 그래핀 너야!", 2020. 9.24

● 그래핀 응용

• Energy industry

- 태양전지, 연료전지
- 이차전지 슈퍼캐패시터
- 열전소자
- 알코올 증류

• Medicine

- 제약/유전 전달체
- 암 치료
- 조직 공학/세포 치료
- 치아 이식

• Electronics

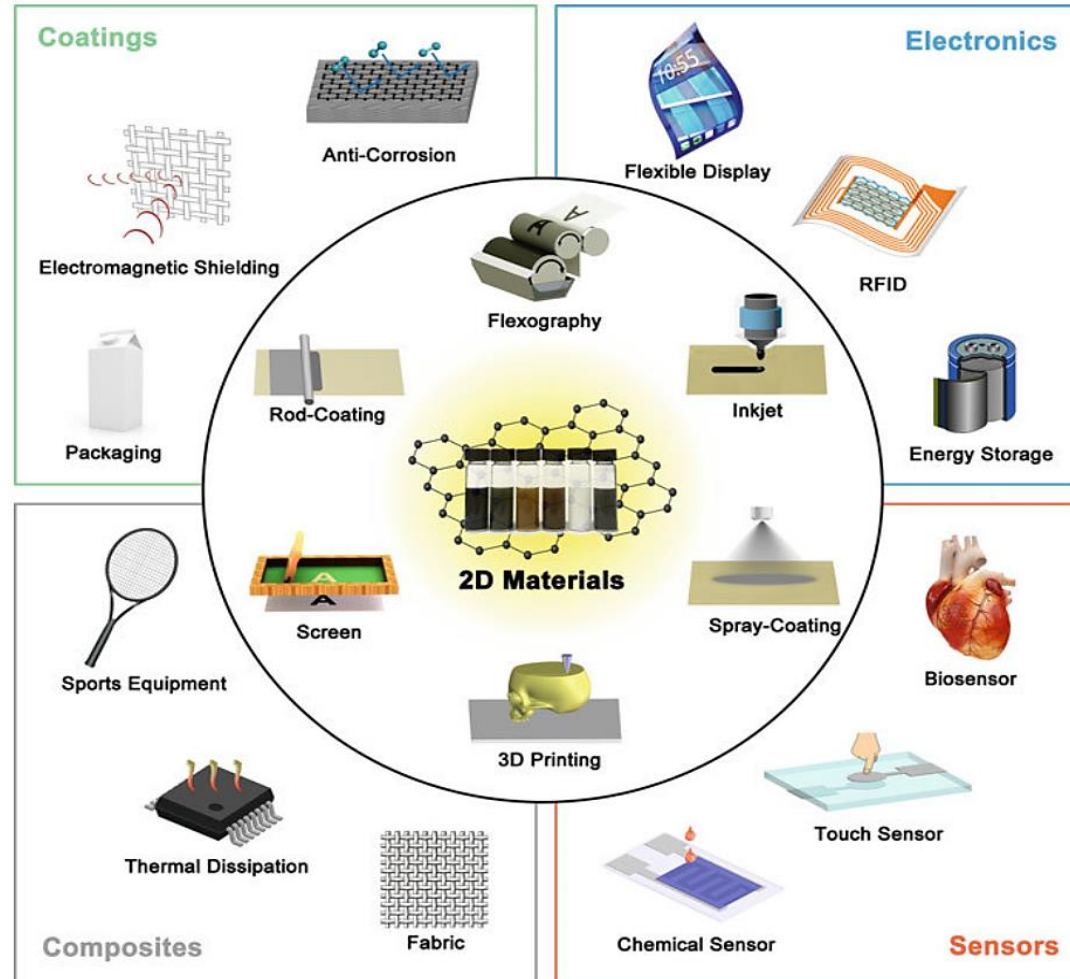
- 발열
- 트랜지스터/초전도체
- 방수/웨어러블 전자제품
- 터치스크린/플렉시블 스크린
- 하드 드라이브/메모리
- 광전자/광학 센서

• Food industry

- 식품포장/수분 정화

• Others

- 스포츠(신발, 헬멧, 타이어), 시멘트, 단열재, 의류, 헤드폰, 자동차, 비행기



출처 : Printing of Graphene and Related 2D Materials
Leonard W. T. Ng, et al, Springer, 2019

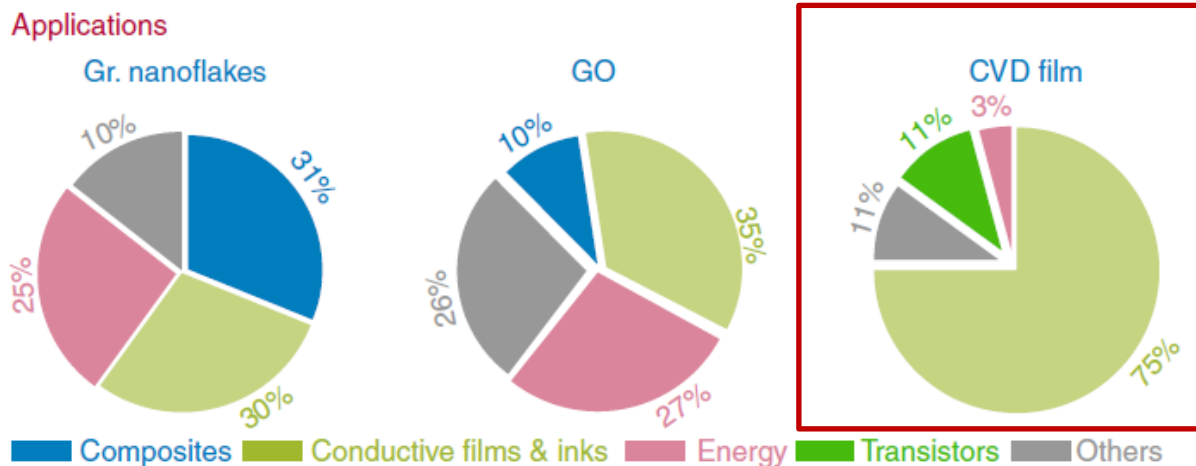
4. 그래핀 산업환경 및 전망

● 그래핀 시장 특성

- 새로운 시장을 개척하는 소재가 아닌 기존 소재와 경쟁하여 대체하는 시장대체소재.
- 현재 시장에서 요구하는 기술적 성능 : 제조수율, 저가(Low cost), 순도(Purity), 저결함도(Low defect), 균일성(Uniformity), 대면적화.
- 그래핀의 종류(나노 플레이크, GO, CVD그래핀)로 볼 때 니즈에 충족되는 요구 특성은 시장마다 완전히 다르고 각 시장은 분화되어 있음.

● 그래핀 나노소재산업

- 그래핀 전체 시장 기준으로는 그래핀 나노플레이크(G. flakes) 비중이 절반 정도이며, 첨가제 등의 복합재 형태임.
- 그래핀 종류에 따라 전자기기, 디스플레이, 에너지, 합성 및 코팅 분야 등 잠재 수요시장 범위는 다르게 존재함.
- 순도, 균일도, 대면적화 등에서는 CVD 그래핀이 월등하나, 개별 시장의 기술적 요구에 대한 대응이 필요함.



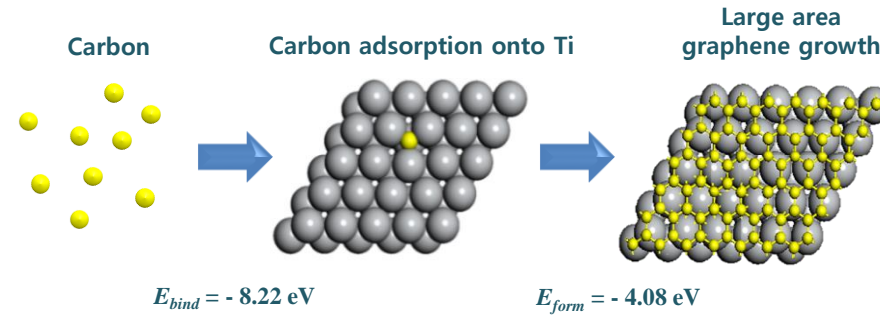
출처 : L. Lin, H. Peng, Z. Liu, "Synthesis challenges for graphene industry," Nature Materials 18, 2019, pp.520-524.

5. 보유 기술 및 설비

● 국일그래핀 원천기술

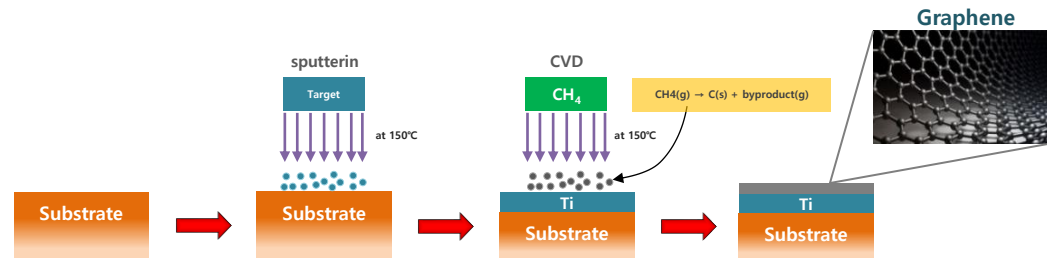
1) Ti-buffered

- 그래핀과 티탄 버퍼층간 우수한 결합력
- 그래핀 물성에 영향없는 티탄 버퍼층
- 높은 내식성 및 내마모성



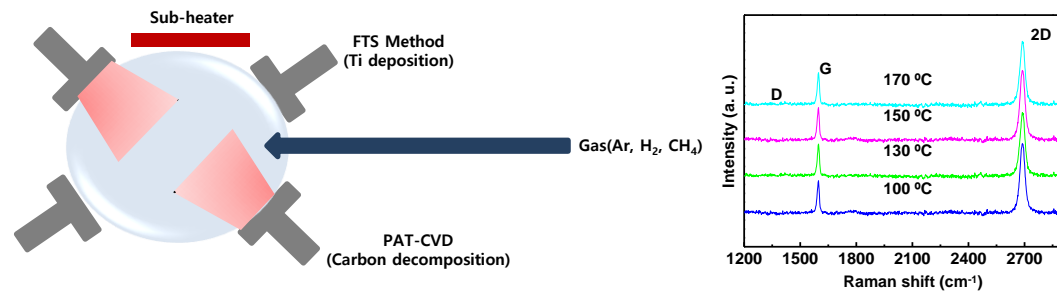
2) Transfer-free

- 간편하고 빠른 제조공정
- 축소된 공정으로 낮은 제조원가
- 고품질 무결점의 단일층 그래핀



3) Low temperature

- 낮은 에너지 제조단가
- 유연(Flexible) 물질 적용가능
- 넓은 응용으로 적용산업 범위 확대



● 연구& Pilot 설비 현황

• Equipment

- Sample size : 4, 8-inch wafer
- CVD : Plasma enhanced
- Type : Batch
- Substrate : Si/SiO₂ wafer, PET



• 12-inch CVD pilot machine

- Sample size : 12-inch wafer
- CVD : Plasma enhanced
- Type : Batch
- Substrate : Si/SiO₂ wafer, PET



• Roll to Roll CVD facilities

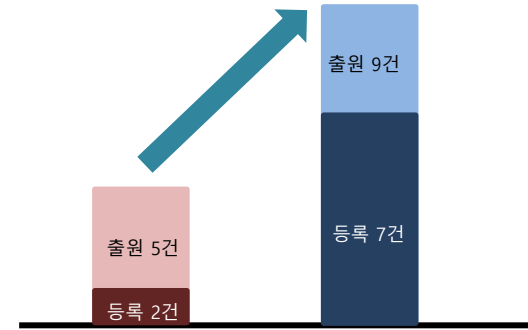
- Sample size : 450 ~ 600mm
- CVD : Thermal, Plasma enhanced
- Type : continuous
- Substrate : Si/SiO₂, PET, PI



6. 성과

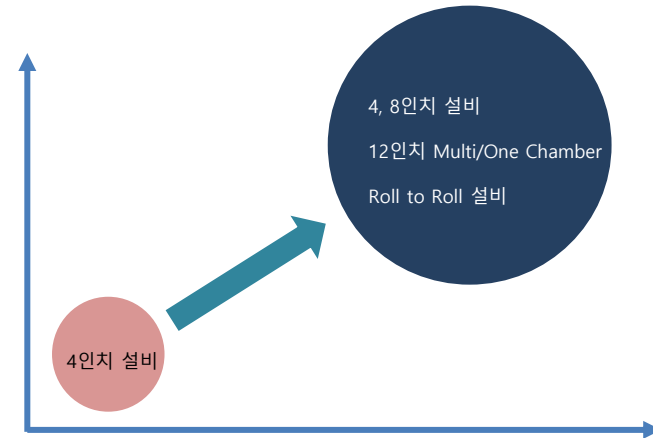
● 특허기술 개발

- 18'년 출원 5건 등록2건(기술이전) 대비 현재 출원 9건 등록7건으로 증가
- 프로세스 및 제조장치 위주로 양산화에 초점
- 시장 다변화 목적으로 국내외 특허기술 등록



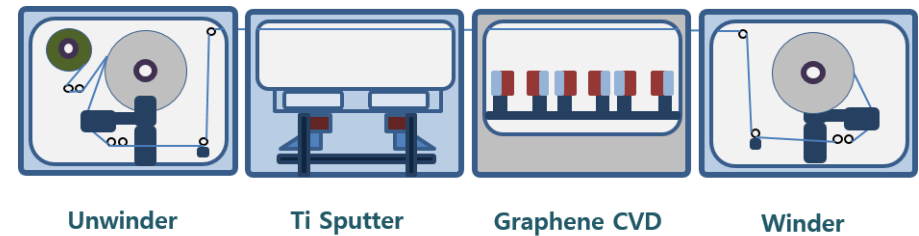
● 생산/제조장치 개발

- 4" 실험장치에서 8" 및 12인치와 Roll to Roll 설비까지 대형화
- 양산화 준비를 위한 성남 PM센터 가동
- PM센터의 클린룸 시스템으로 대형 사업화 준비



● 공정프로세스/품질 개발

- 설비업체와 co-work을 통한 진공장치 전용화 설비 기술 Upgrade
- 저온 무전사 CVD 설비 제작 및 유지보수에 대한 기술 축적
- 실험실 원천기술의 양산화를 위한 Scale-up Process 기술 구축

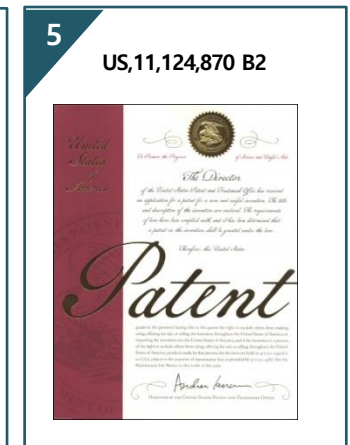
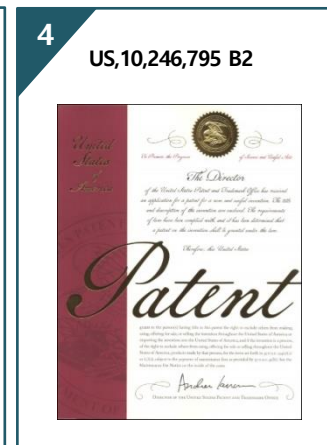


● 응용화 및 기술홍보

- 응용 확장성을 위한 콜라보 연구 및 박람회(2019 Graphene & 2D materials USA 참가) 홍보 지속

● 국내 · 외 특허

구분	발명의 명칭	등록/출원번호	비고
1	국내특허 대면적 그래핀 박막의 in-situ 제조방법	10-1877500	등록
2	국내특허 무전사식 그래핀층의 형성방법	10-1886659	등록
3	국내특허 그래핀 박막의 무전사 제조방법	10-2017251	등록
4	해외특허 Transfer-Free Method for Forming Graphene Layer	US 10,246,795 B2	등록
5	해외특허 Transfer-Free Method for Producing Graphene Thin Film	US 11,124,870 B2	등록
6	국내특허 대면적 그래핀 증착방법 및 이를 이용한 그래핀 연속 증착장치	10-2370692-0000	등록
7	국내특허 그래핀 증착장치	10-2438664-0000	등록
8	국내특허 대면적 그래핀 연속 증착장치	1020200139465	출원
9	해외특허 Method For Depositing Large-Area Graphene Layer And Apparatus For Continuous Graphene Deposition	US 17/116,656	출원



7. R&D 전략

연구개발 전략

- 원천기술의 대형화 및 양산화 기술 확립
- ① 매체 적합 제조설비 최적 표준화
- ② 공정 표준화를 통한 품질 균일화

응용화 적용 전략

- 다양한 IT소자 응용 기술 확보
- ① 나노소자 특성 극대화
- ② IT소자/소재업체와 응용화 협력

저온 무전사 원천기술
핵심 R&D 기술 확보

공정 최적 표준화
파이롯트 생산시스템

응용화 R&D 확장
IT 전자소자 개발 협력



원천기술 고도화

With 충남대 (Nano thin film Lab.)

저온 무전사 PECVD 연구
Thermodynamics & Kinetics

다층 그래핀 합성 및 응용

Ti Buffer 메커니즘 확립

대면적 Graphene 양산화

국일그래핀(주)

12인치급 제조설비 완성

Roll-to-Roll 대형화 생산체계

설비, 품질 표준화 완성

다양한 디바이스 시장 개척

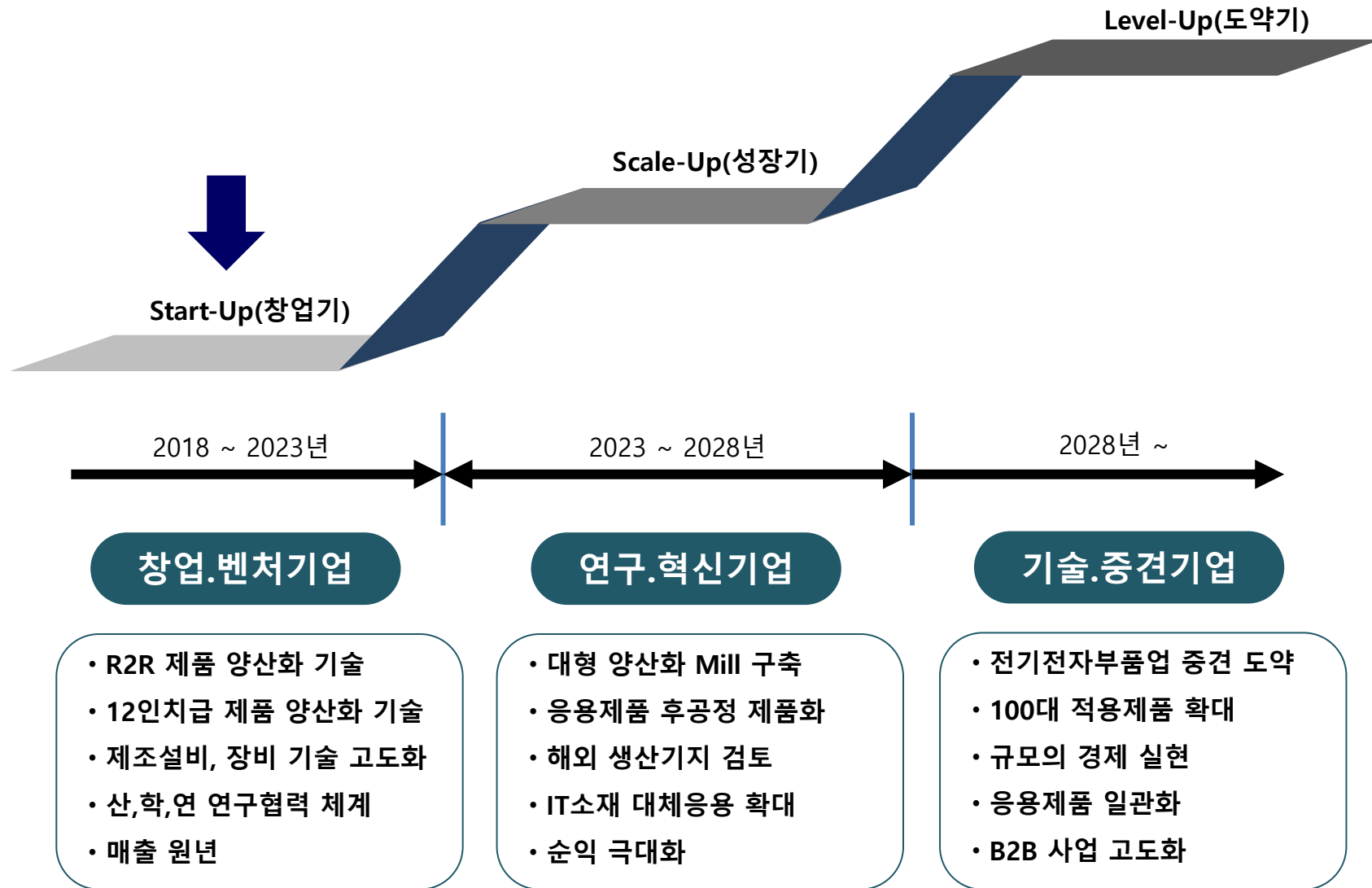
국일 Group

나노소재 산업 확대

그래핀 응용 기술 개발

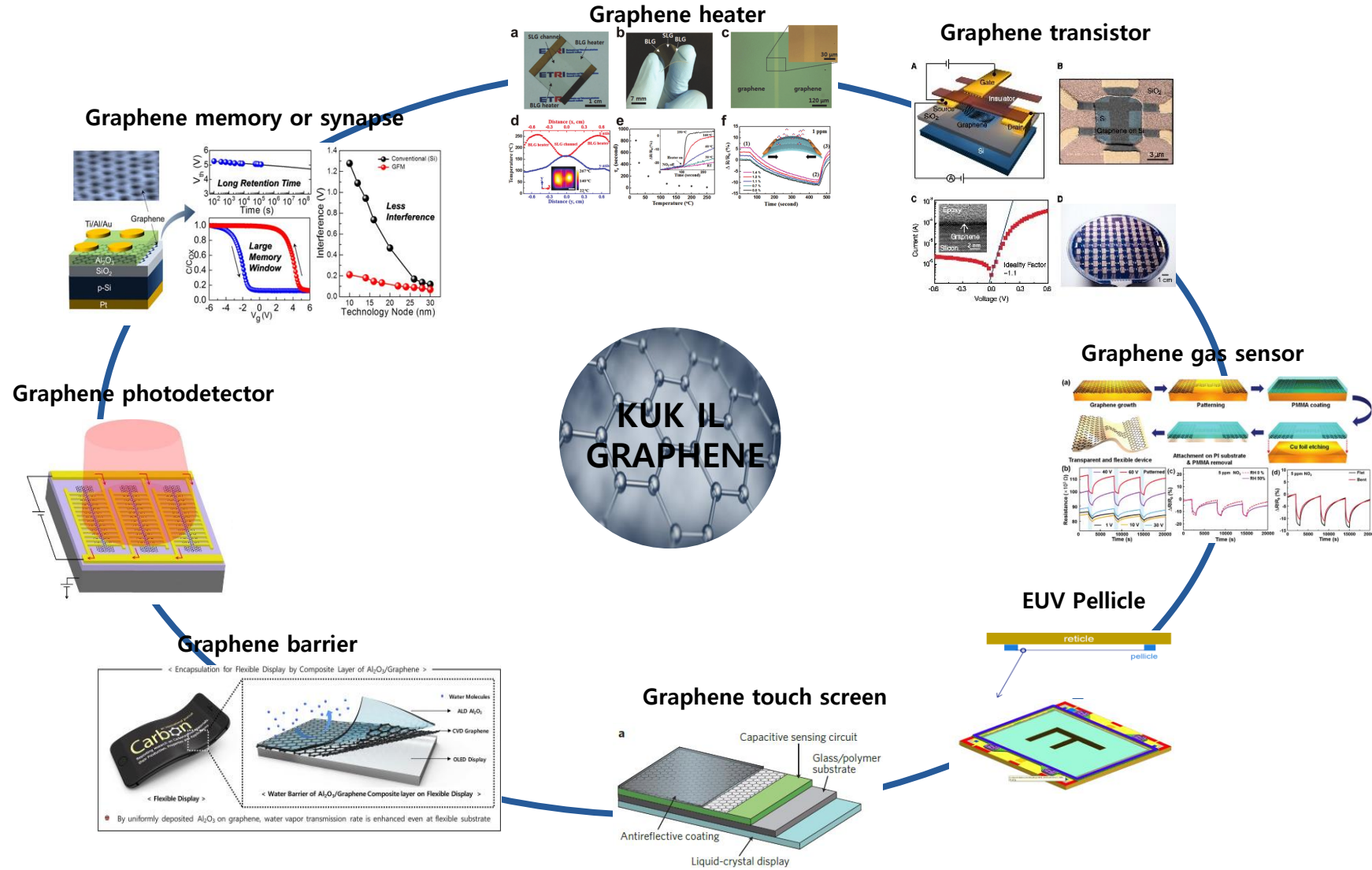
IT산업 신규 소자 진입

8. 성장 전략



9. 응용화 협력

● Device 응용화





04

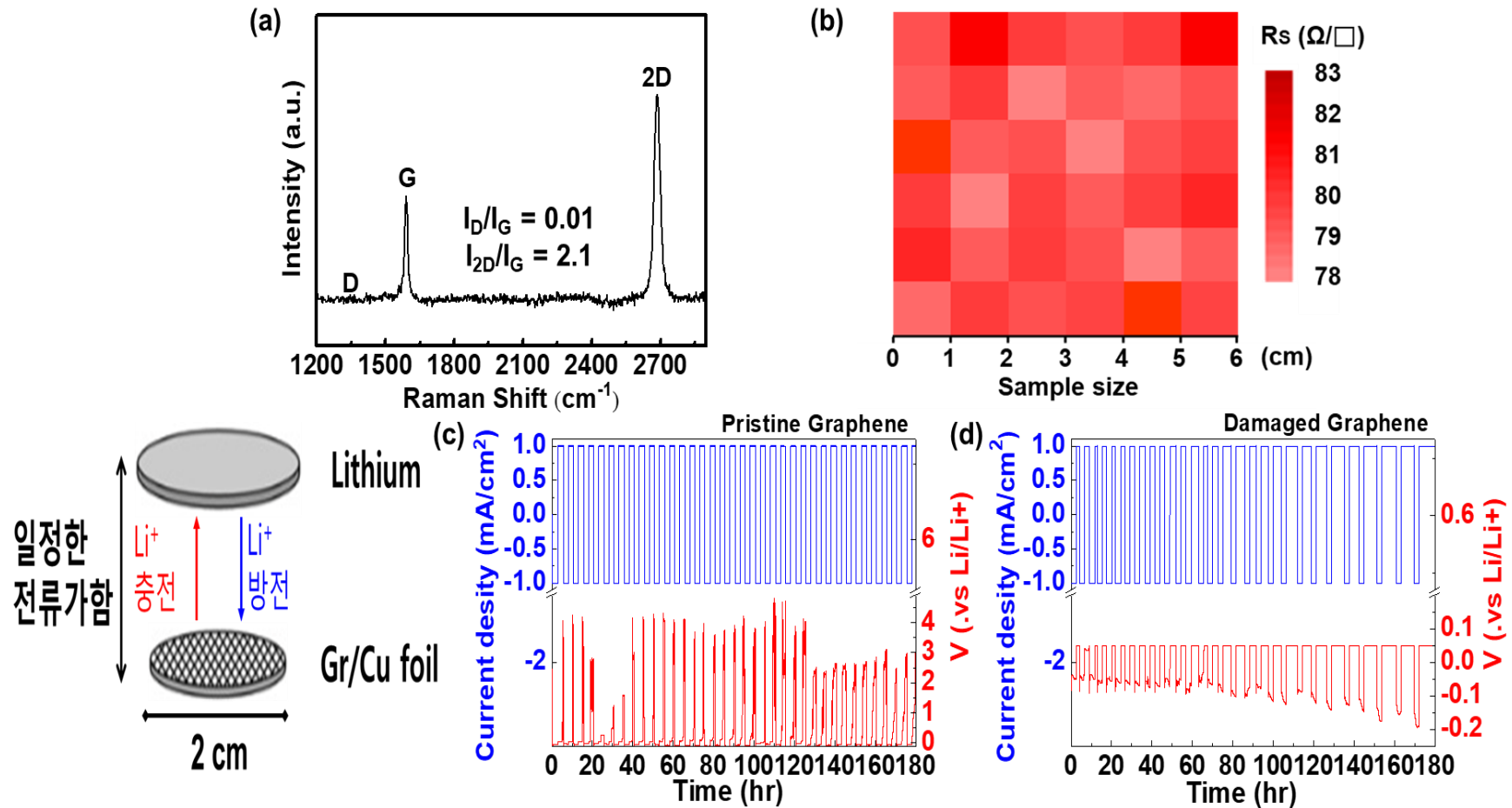
Appendix

1. 그래핀 응용화 실험 결과

1. 그래핀 응용화 실험 결과

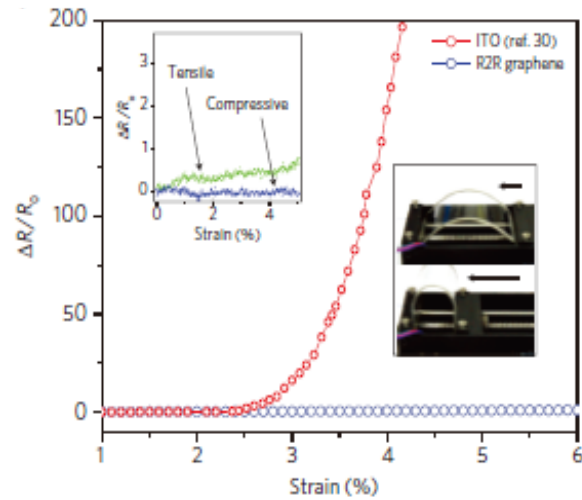
● OLED Encapsulation

- Pristine graphene은 Li도 통과시키지 않을 정도로 치밀함.
- 그래핀 단일층에 데미지를 주어 Defect를 만들면 Li이 통과함.

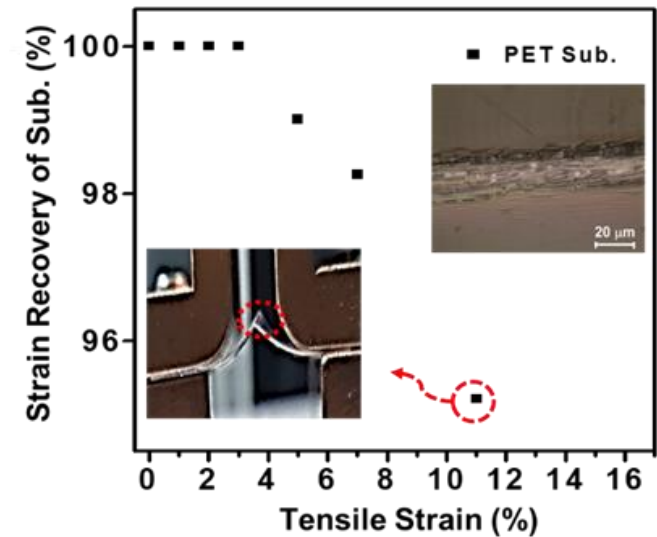
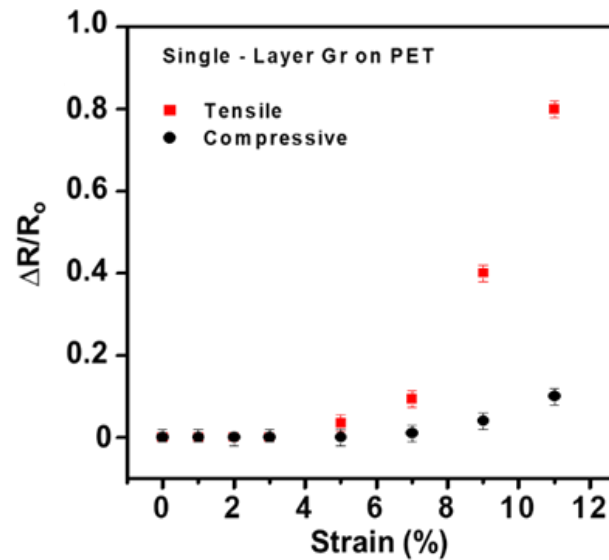


● 무전사 PET 필름의 유연성(I)

- Graphene이 전사된 PET 필름의 Tensile test에서 약 1% Strain하에서도 저항이 급격히 증가하고 유연성이 없음.
- 통상적 기판(매질) 위의 그래핀 유연성은 기판에 의해 영향을 받게 됨.

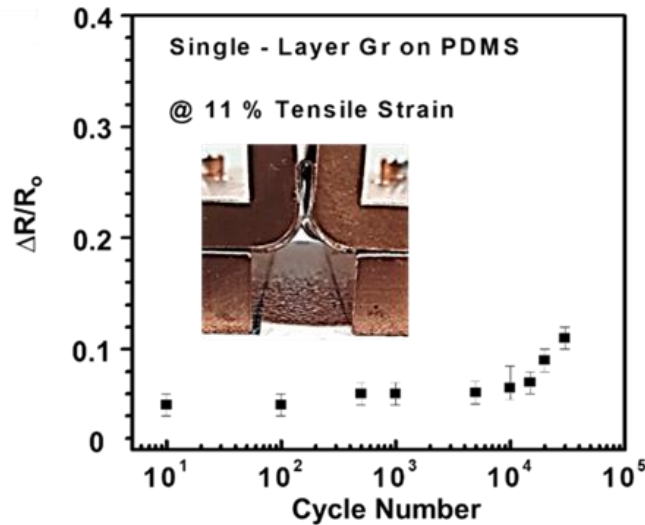
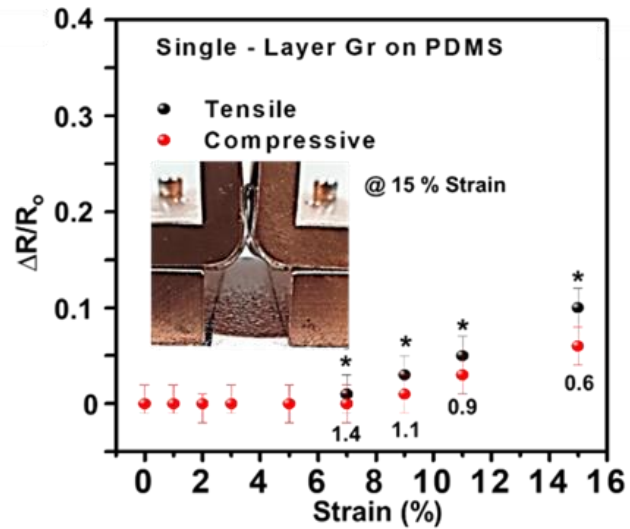
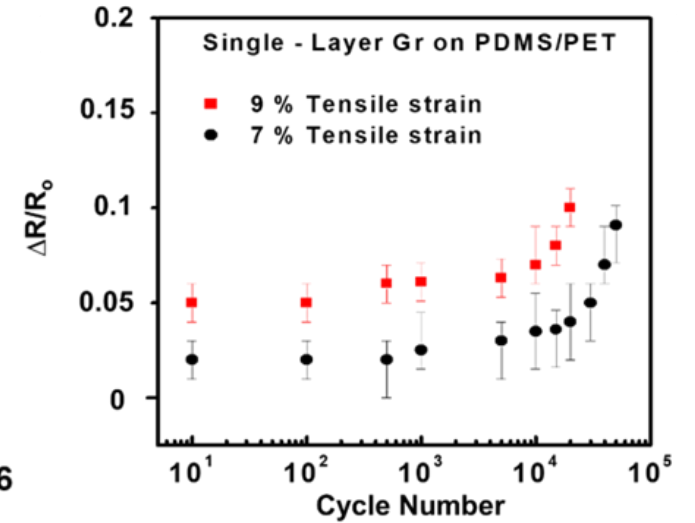
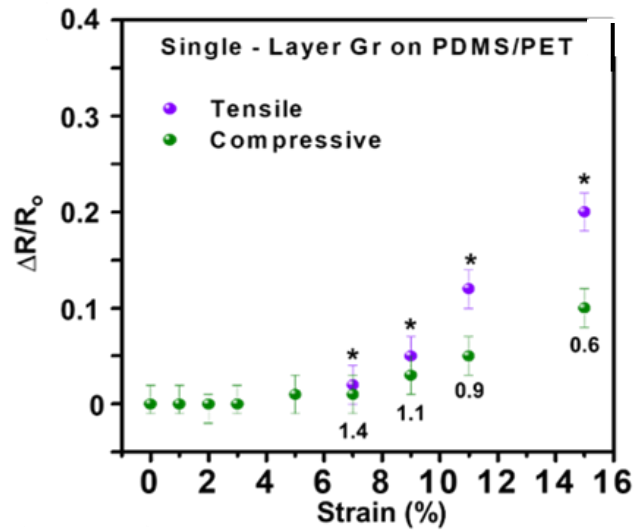
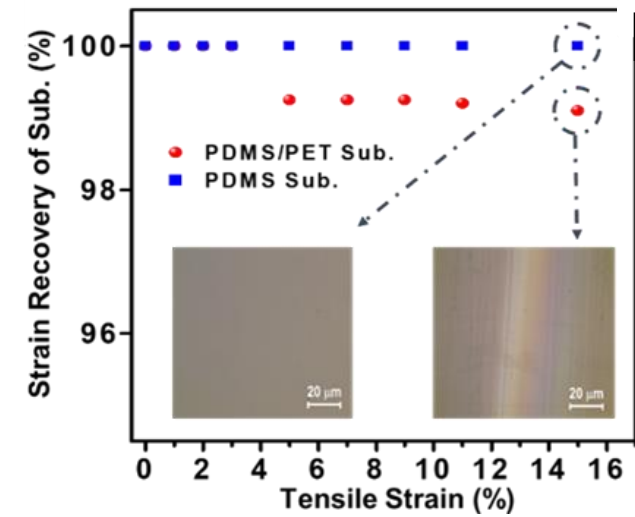


출처 : S. Bae et al. *Nature Nanotech.* 5, 574 (2010))



출처 : Y. Han et al. *Nano Today*, 37, 101104 (2021)

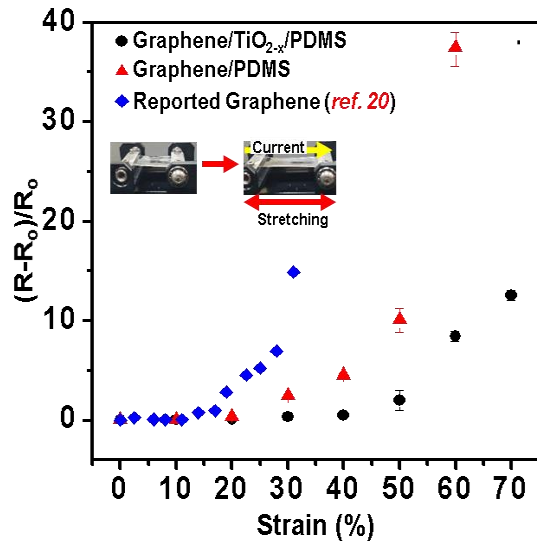
● 무전사 PET 필름의 유연성(II)



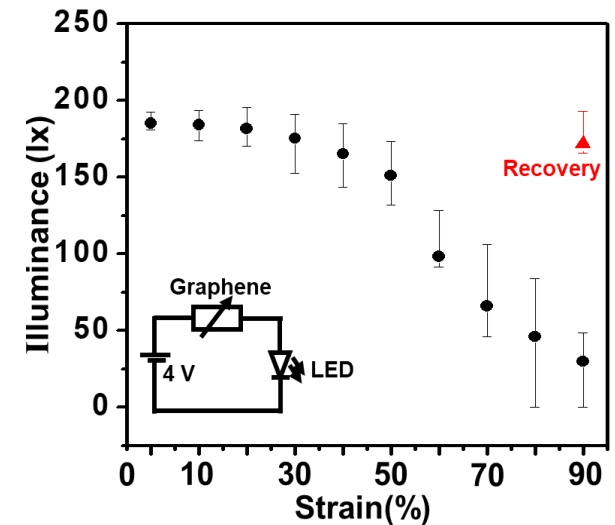
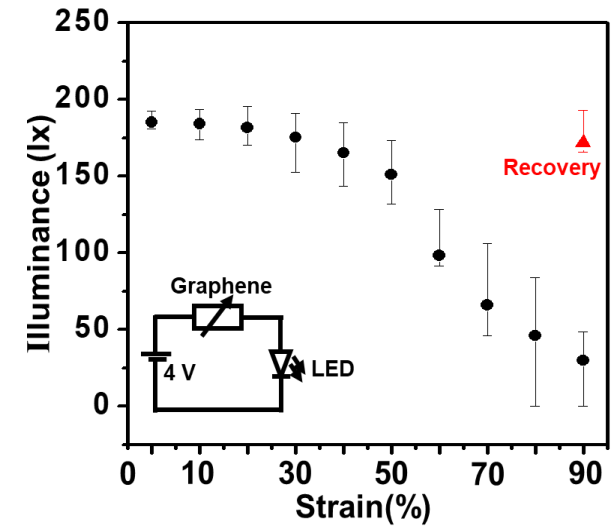
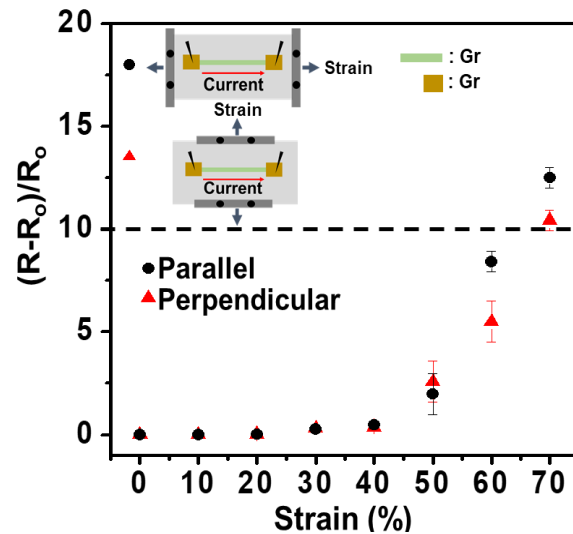
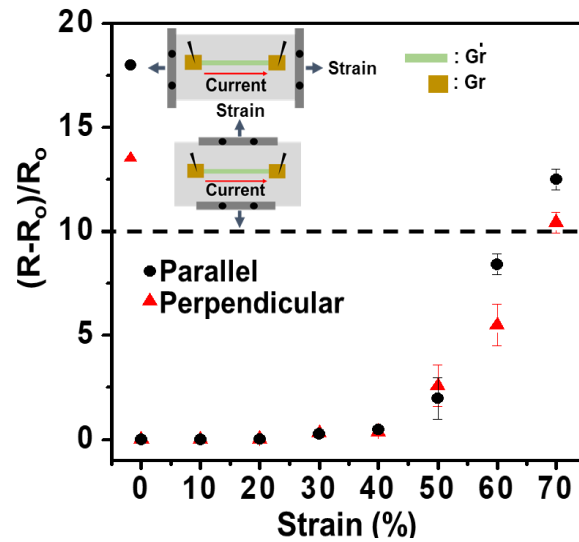
출처 : Y. Han et al. Nano Today, 37, 101104 (2021)

● 무전사 그래핀 필름의 연신성(I)

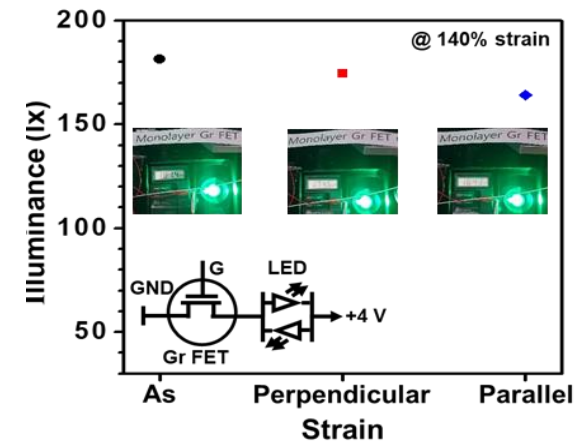
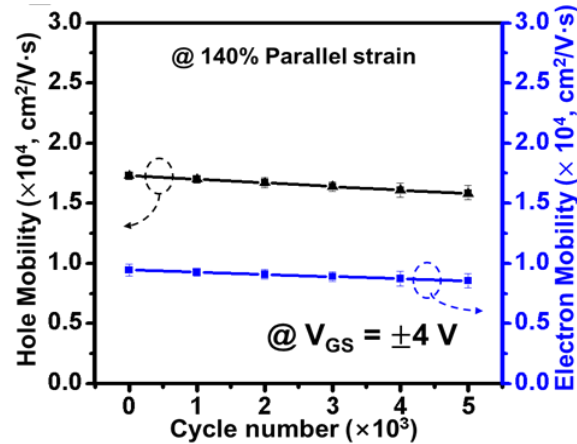
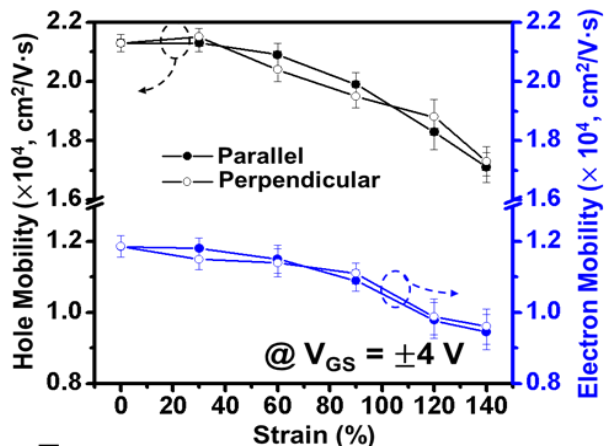
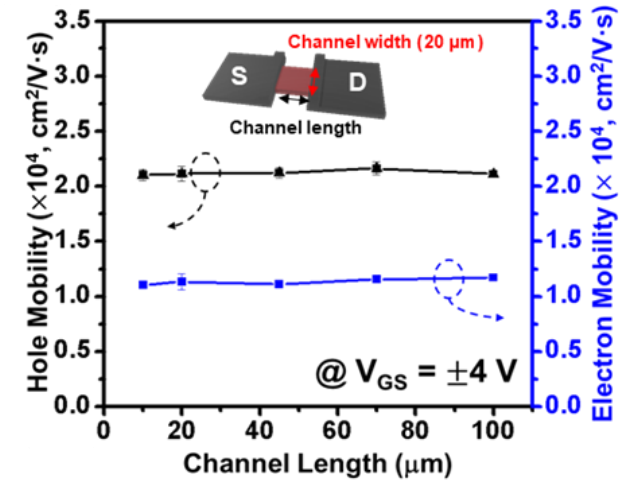
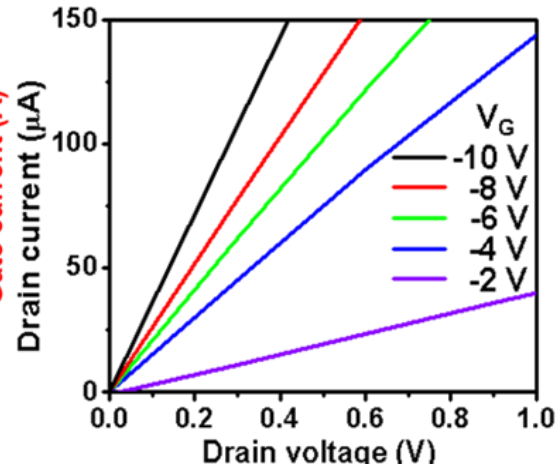
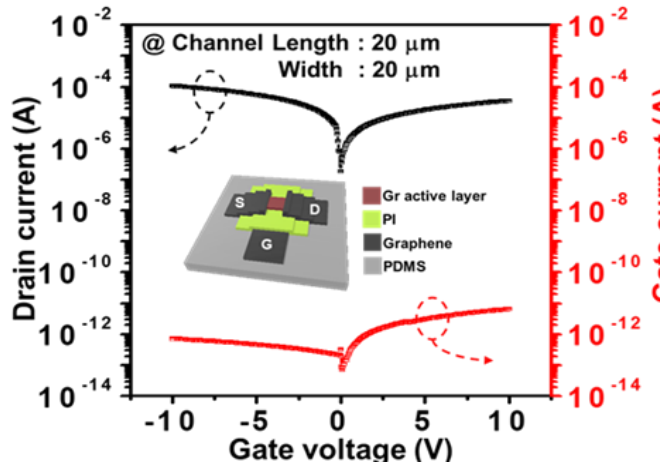
- 기존 Graphene 은 전사후 Stretching strain 최고 30%이나 국일그래핀 Graphene 필름은 70%까지 유지됨.
- 기존은 연신 회복이 약 6%까지 가능하나 국일그래핀 Graphene 필름은 약 90%까지 회복 가능



출처 : Reported Graphene : Nature, 457, 706 (2009)

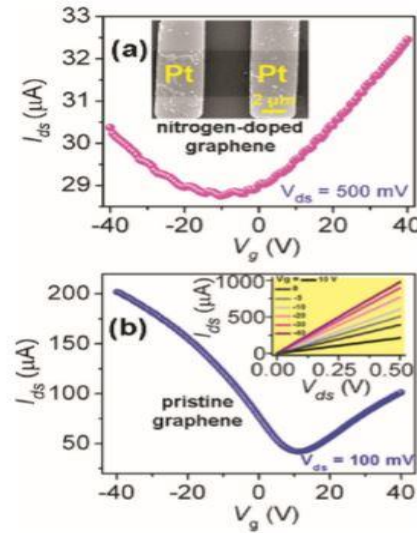
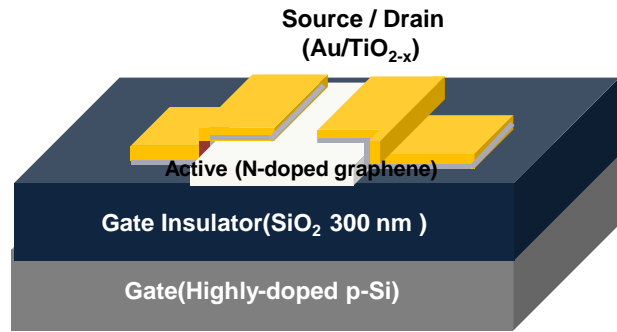


● 무전사 그래핀 FET의 연신성(II)



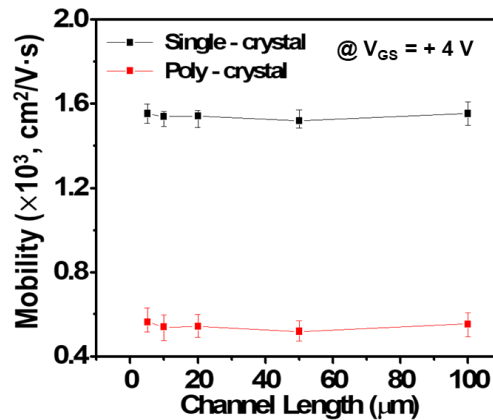
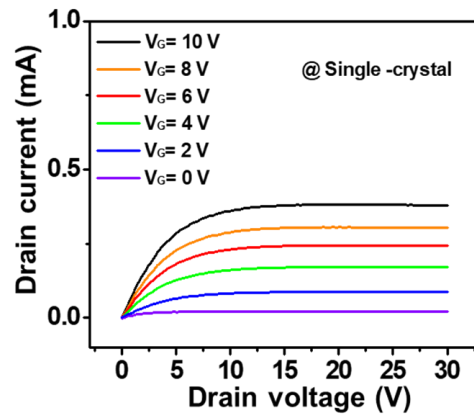
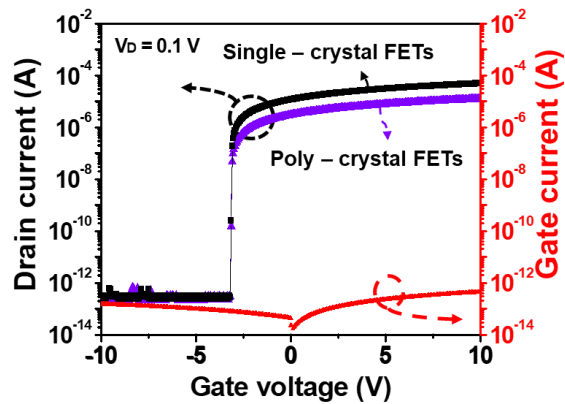
출처 : Y. Han et al. Advanced Science, 8, 2003697 (2021)

● 무전사 그래핀의 반도체 특성 : n-type FET



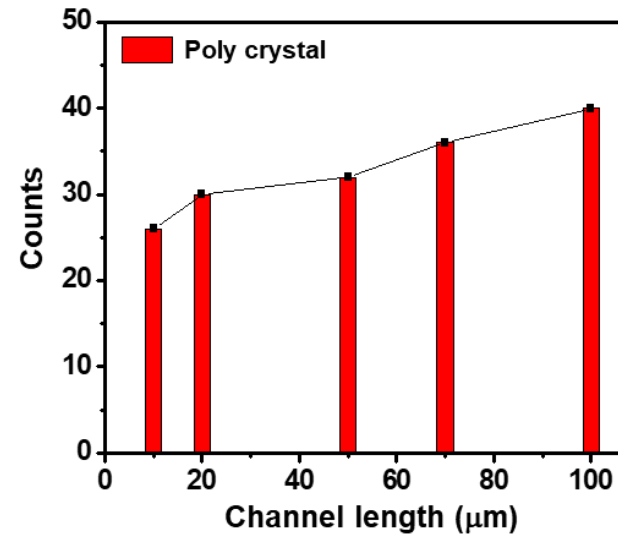
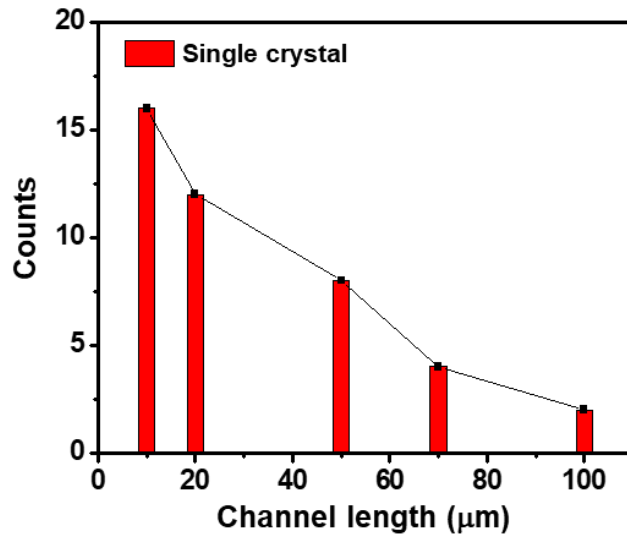
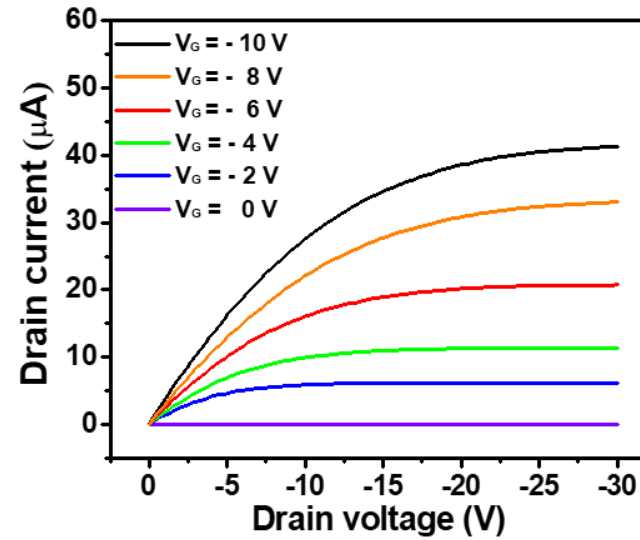
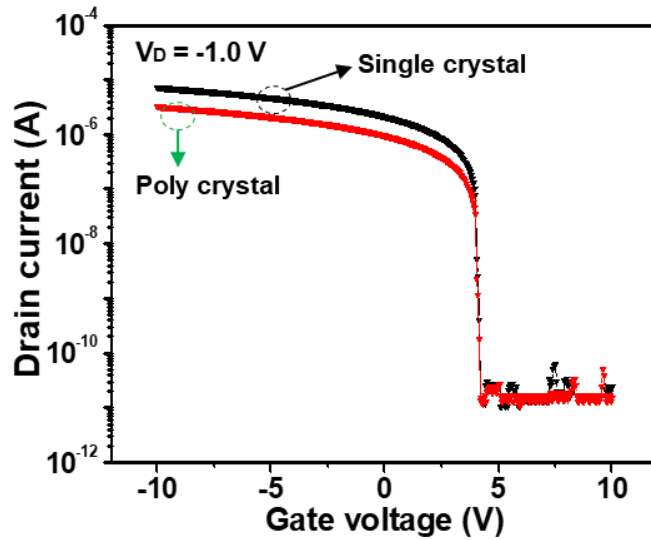
Gate oxide	Pristine	N-doped
W : L (μm)	4 : 6	4 : 6
μ_{FE} (cm ² /Vs)	~ 2,000	~ 5
S.S. (V/decade)	-	-
V _{th} (V)	~ -10	~ 10
I _{On/Off}	20	1.5

출처 : ACS Nano, 5, 4112 (2011)



Gate oxide	Pristine	N-doped
W : L (μm)		20 : 10
μ_{FE} (cm ² /Vs)		1,400
S.S. (V/decade)	-	0.09
V _{th} (V)		-3.1
I _{On/Off}		2 × 10 ⁸

● 무전사 그래핀의 반도체 특성 : p-type FET



**THANK
YOU**