전력반도체용 SiC 단결정 기판 소재 기술

● 연 구 자 : (재)포항산업과학연구원 은태희

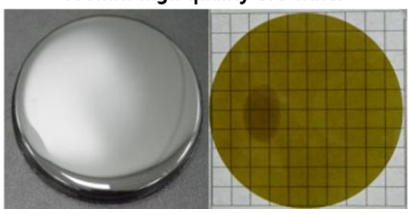
연구개발 히스토리

- (재)포항산업과학연구원은 4인치, 6인치 SiC 단결정/에피 기판의 생산기술을 내재화
- 잉곳 생산 장비, 웨이퍼 가공 장비, 에피 성장 장비 보유 및 품질 분석을 위한 R&D 인프라 구축 완료

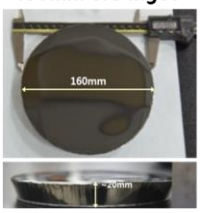
- '10.1 : Start SiC R&D Project focused on Single crystal Growth
- '10.9 ~ '19.3 : Participate in **WPM**(Korea Gov. Project: World Premier Materials) Program
- '12.1 : Establish POSCO–RIST SiC R&D Center, Extend SiC Research on Epitaxial growth
- '14.12 : Accomplishment of 100mm high quality wafer (MPD <1 ea/cm^2)
- '17.6 : Fabricated 150mm wafers (MPD <1 ea/cm^2)
- '18.12: 100mm wafer/epi-wafer evaluation by Epi growth(LGIT) or device fabrication(YPT)
- '20.2: Fabricated 100mm Semi-Insulating SiC wafer
- ~ **Present: 150mm Single crystal and Epi growth R&D**

POSCO – RIST SiC R&D Center

100mm high quality SiC wafer



150mm SiC Ingot



75mm 고품질 잉곳

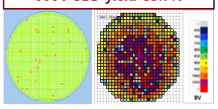
100mm 저품질 잉곳

100mm 고품질 잉곳

150mm 잉곳

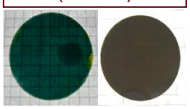
150mm 잉곳

100mm epi wafers 소자 평가 600V SBD yield 85.7%

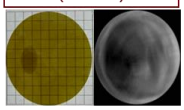


50mm 기판

100mm 저품질 기판 (MPD <10)

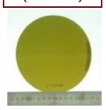


100mm 기판 (MPD <1)

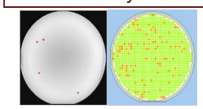


150mm 기판 (MPD<10)

150mm 기판 (MPD<1)



100mm wafers Epi 평가 Predicted device yield > 90%



Semi-insulating 100mm 기판

WPM 1단계 | WPM 2단계 | WPM 3단계

'10 '12 '14 '16 '18 '20 '24

100mm성장로 (1호, '10)

100mm 성장로 (2,3호, '12)

Epitaxy장비 ('12.12)

125mm성장로 (5호, '14)

150mm성장로 :5대 (6~10호, '15~17)

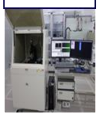
단결정 성장로
4인치: 5대/6인치: 5대
Epi 성장로
4"X10매 or 6"X6매 : 1대

기초가공설비

Epitaxy 분석장비

Multi-wire sawing CMP 장비 구축

표면 분석



Edge Grinder

결정 품질 분석

기판 평탄도

Wafer 가공 일관 라인
Wafer 품질 분석 설비

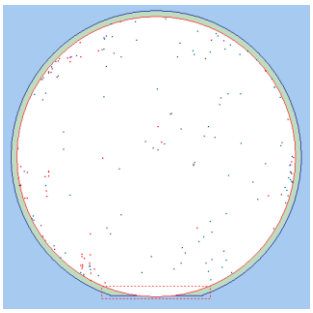
(재)포항산업과학연구원 연구개발 히스토리

전력반도체용 SiC 단결정 기판 소재 기술

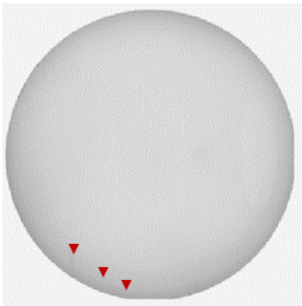
기술경쟁력 (Bare wafer)

- 4인치, 6인치 고품질 SiC bare 웨이퍼의 제조 기술, 잉곳 직경 확장 및 품질 향상 노하우 보유
- R&D BEST 품질 지표 아래와 같음

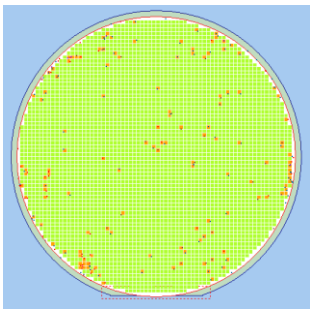
구분	품질지표	단위	RIST 4인치	RIST 6인치
결정품질	Grade	-	R&D BEST	R&D BEST
	Resistivity	Ω·cm	0.015-0.025	0.015-0.025
	MPD (Micropipe density)	cm-2	≤ 0.5	≤ 1.
	TSD (Threading Screw Dislocation)	cm-2	≤ 500.	≤ 1,000.
	TED (Threading Edge Dislocation)	cm-2	≤ 5,000.	≤ 7,000.
	BPD (Base Plane Dislocation)	cm-2	≤ 1,000.	≤ 1,500.
	EPD (Etch Pit Density)	cm-2	-	≤ 10,000.
가공품질	Diameter	mm	+0.0/-0.5	± 0.25
	Thickness	μm	350± 25	350± 25
	Bow	μm	≤ 20.	≤ 20.
	Warp	μm	≤ 20.	≤ 30.
	TTV (Total Thickness Variation)	μm	≤ 6.	≤ 10.
	Visible Scratches	ea/mm	≤ 5.	≤ 5.



Defects Density after Epitaxial
Surface defects ~ 1.5 ea/cm^2
Measured by SICA61



Stacking Faults Map after Epitaxial
Bar-type SFs area <0.15%
Measured by MiPLATO PL



Defect Map after Epitaxial
Predicted Device Yield >96%
Measured by SICA61

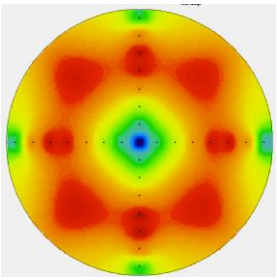
(재)포항산업과학연구원 SiC Bare wafer 품질 스펙

전력반도체용 SiC 단결정 기판 소재 기술

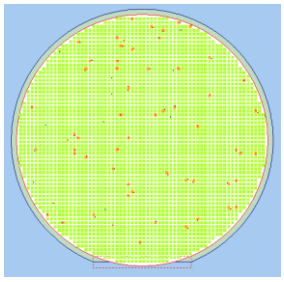
기술경쟁력 (Epitaxy)

- 4인치, 6인치 SiC Epi 웨이퍼 제조기술, 두께/도핑농도 균일도 및 표면 결함 저감 노하우 보유
- R&D BEST 품질지표는 아래와 같음

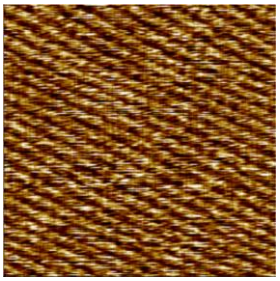
품질지표	RIST Epitaxy
Epitaxy Thickness	5 ~ 20㎛
All epilayers target thickness max deviation	≤10%
All epilayers thickness uniformity (sigma/mean)	≤5%
Epitaxy doping concentration	10E15~1E17/㎤
Epilayer net target doping max deviation	≤25%
Epilayer net doping uniformity (sigma/mean)	≤15%
Buffer layer Thickness	1㎛ (±10%)
Buffer layer doping concentration	1E18/㎤ (±20%)
Surface Roughness (㎚ , RMS, by AFM)	≤1
LLS Site Yield (2㎜ x 2 ㎜)	> 92%
Scratches (cumulative)	<30
Bow (㎛)	±30
Warp (㎛)	≤40
TTV (㎛)	≤10
SBIR (㎛)	≤2
Monthly & Annual Manufacturing Wafer	750 & 9000
Total Usable Area(2mm*2mm)	≥92%



Doping Concentration Uniformity ≤ 15%
Measured by MCV 530L



Predicted Device Yield >92%
Measured by SICA61



Surface Roughness < 1 nm

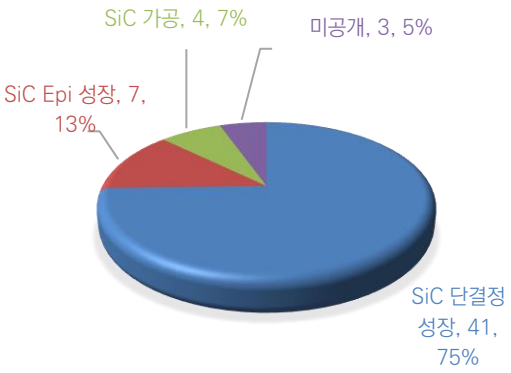
(재)포항산업과학연구원 SiC Epi 웨이퍼 품질 스펙

전력반도체용 SiC 단결정 기판 소재 기술

보유 특허포트폴리오

- (재)포항산업과학연구원 고품질의 SiC 단결정 성장, SiC 가공, Epi 가공 기술관련 특허 총 54건 보유(미공개포함)
- 4인치 및 6인치 Bare wafer, Epitaxy 고품질 및 수율 향상을 위한 기술을 지속 개발하여 권리화 완료

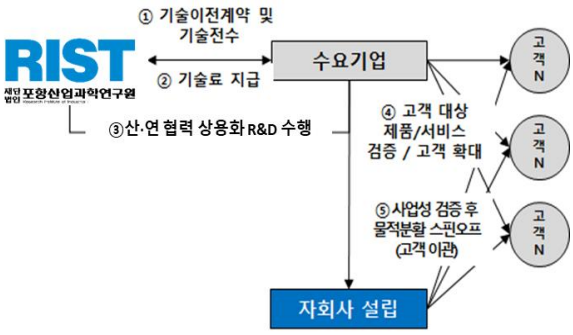
기술분류		건수	비중
SiC 단결정 성장	SiC 단결정 성장장치	23	45%
	SiC 단결정 성장방법	13	25%
	SiC 성형체 제조방법	3	6%
	SiC 종자정	2	2%
SiC 가공	SiC 기판 제조방법	1	2%
	연마장치	1	2%
	SiC 폐액 처리	1	1%
SiC 에피성장	SiC-Epi 성장방법	7	14%
미공개		3	-
TOTAL		54	100%



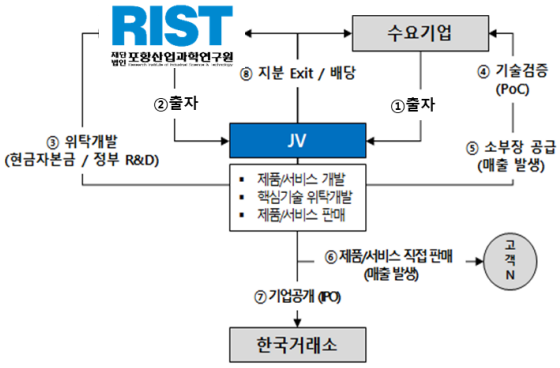
(재)포항산업과학연구원 보유지식재산권 현황

기술이전 활용(안)

- (재)포항산업과학연구원과의 기술사업화 협력 시나리오



기술이전 협력 사업화 시나리오



조인트벤처 설립 협력 사업화 시나리오

전력반도체용 SiC 단결정 기판 소재 기술

SiC 단결정 성장

- (SiC 단결정 성장장치 특허 현황)

NO.	권리상태	출원번호	등록번호	등록일	발명의 명칭	목적
1	등록	10-2012-0047611	10-1353679	2014-01-14	대구경 단결정 성장장치 및 이를 이용하는 성장방법	고품 단결정 구현
2	등록	10-2012-0047610	10-1372710	2014-03-04	대구경 단결정 성장장치 및 이를 이용하는 성장방법	고품 단결정 구현
3	등록	10-2012-0151351	10-1419469	2014-07-08	대구경 단결정 성장장치	단결정 수율 향상
4	등록	10-2012-0157320	10-1419471	2014-07-08	종자정 받침대 부착 방법 및 종자정 받침대를 이용한 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
5	등록	10-2013-0163411	10-1538556	2015-07-15	물리적 체결을 이용한 대구경 단결정 성장장치 및 방법	고품 단결정 구현
6	등록	10-2013-0163412	10-1538867	2015-07-16	실리콘카바이드 단결정 성장 장치 및 이를 이용한 실리콘카바이드 단결정의 성장 방법	고품 단결정 구현
7	등록	10-2013-0163413	10-1543920	2015-08-05	인조흑연을 활용한 대구경 단결정 성장장치 및 방법	고품 단결정 구현
8	등록	10-2013-0164530	10-1553385	2015-09-09	단결정 성장 도가니	고품 단결정 구현
9	등록	10-2014-0124405	10-1619610		대구경 단결정 성장장치 및 성장방법	고품 단결정 구현
10	등록	10-2014-0146328	10-1629445	2016-06-03	대구경 단결정 성장장치	고품 단결정 구현
11	등록	10-2014-0174454	10-1649539	2016-08-12	역 승화 단결정 성장장치	역승화법의 성장률 향상
12	등록	10-2014-0174451	10-1649543	2016-08-12	역 승화 단결정 성장장치	고품 단결정 구현
13	등록	10-2014-0187660	10-1655242	2016-09-01	반절연 탄화규소 단결정 성장장치	고품 반절연 단결정 구현
14	등록	10-2015-0162636	10-1724290	2017-04-03	탄화규소 단결정 성장장치	고품 단결정 구현
15	등록	10-2015-0163385	10-1724291	2017-04-03	역 승화법을 이용한 탄화규소 단결정 성장장치	고품 단결정 구현
16	등록	10-2015-0180890	10-1744287	2017-05-31	탄화규소(SiC) 단결정 성장 장치	고품 단결정 구현
17	등록	10-2016-0177670	10-1908043	2018-10-08	대구경 단결정 성장장치	고품 단결정 구현
18	등록	10-2018-0085013	10-2107626	2020-04-28	탄화규소 단결정 성장 장치 및 탄화규소 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
19	등록	10-2013-0150927	10-2163488	2020-09-29	SiC 단결정 성장 장치	고품 단결정 구현
20	등록	10-2013-0150928	10-2163489	2020-09-29	탄화규소(SiC) 단결정 성장 장치	고품 단결정 구현
21	등록	10-2018-0163848	10-2202447	2021-01-07	탄화규소 단결정 성장장치	고품 단결정 구현
22	등록	10-2019-0163937	10-2325007	2021-11-05	탄화규소 단결정 성장 장치	고품 단결정 구현
23	등록	10-2017-0163320	10-2475267	2022-12-02	대구경 단결정 성장장치 및 이를 이용하는 성장방법	고품 단결정 구현

전력반도체용 SiC 단결정 기판 소재 기술

● (SiC 단결정 성장방법 특허현황)

NO.	권리상태	출원번호	등록번호	등록일	발명의 명칭	목적
1	공개	10-2020-0179364	-	-	반절연 탄화규소 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
2	공개	10-2021-0172912	-	-	SiC 단결정 성장 방법 및 SiC 단결정	고품 단결정 구현
3	공개	10-2021-0174512	-	-	SiC 단결정 성장 방법 및 SiC 단결정	고품 단결정 구현
4	공개	10-2022-0164762	-	-	대구경 단결정 및 대구경 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
5	등록	10-2013-0150929	10-1537385	2015-07-10	탄화규소(SiC) 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
6	등록	10-2013-0163164	10-1553386	2015-09-09	종자정 질화처리 방법 및 이를 이용한 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
7	등록	10-2013-0163031	10-1553387	2015-09-09	단결정 탄화 규소의 성장 방법	고품 단결정 구현
8	등록	10-2014-0188936	10-1673261	2016-11-01	P형 탄화규소 단결정 및 이의 성장방법	저저항 p형 단결정 구현
9	등록	10-2017-0180072	10-2035786	2019-10-17	탄화규소 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
10	등록	10-2019-0119631	10-2297750	2021-08-30	고품질 SiC 단결정 성장방법	고품 단결정 구현
11	등록	10-2019-0172313	10-2325751	2021-11-08	고품질 SiC 단결정 및 이의 성장방법	고품 단결정 구현
12	등록	10-2015-0180496	10-2508851	2023-03-07	반절연 탄화규소 단결정의 제조 방법 및 이로부터 제조된 반절연 탄화규소 단결정	단결정의 반절연성 향상
13	등록	10-2018-0152962	10-2647522	2024-03-11	고품질 SiC 단결정 성장방법	고품 단결정 구현

● (SiC 성형체 제조방법 특허현황)

NO.	권리상태	출원번호	등록번호	등록일	발명의 명칭	목적
1	등록	10-2011-0138831	10-1329392	2013-11-07	탄화규소 단결정 성장용 탄화규소 성형체의 제조 방법	원료 분말 오염 최소화, 용이한 원료 장입
2	등록	10-2012-0157321	10-1480491	2015-01-02	원료 분말 소결체 벌크 제조 방법과 장치 및 소결체 벌크를 이용한 단결정 성장 방법	성장속도 빠름, 결함 적고 장입 용이
3	등록	10-2020-0179375	10-2649189	2024-03-14	SiC 단결정 성장용으로 사용되는 다공정 SiC 성형체 제조방법	다공성 SiC 성형체 원료 구현

● (SiC 종자정 특허현황)

NO.	권리상태	출원번호	등록번호	등록일	발명의 명칭	목적
1	등록	10-2012-0157322	10-1419472	2014-07-08	단결정 성장용 종자정의 제조 방법, 상기 종자정을 이용한 단결정 성장 방법	고품 단결정 구현
2	등록	10-2012-0153601	10-1409424	2014-06-12	탄화규소 종자정의 결함 저감방법	SiC 종자정의 결함 저감

전력반도체용 SiC 단결정 기판 소재 기술

SiC 가공

- (SiC 가공기술)

NO	권리상태	출원번호	등록번호	등록일	발명의 명칭	목적
1	등록	10-2016-0091360	10-1807166	2017-12-04	SiC 기판의 제조방법	기계적 결함 줄이고 표면 조도 향상하여 후공정에서의 불량률 최소화
2	등록	10-2012-0152575	10-1409425	2014-06-12	SiC 폐슬러리의 피절삭재 및 절삭재 분리 장치 및 방법	SiC 폐액처리
3	등록	10-2018-0160117	10-2142301	2020-08-03	연마 장치	연마 및 연마액 필터링 구현

SiC 에피성장

- (SiC Epi 성장방법)

NO	권리상태	출원번호	등록번호	등록일	발명의 명칭	목적
1	등록	10-2019-0172329	10-2399813	2022-05-16	탄화규소 에피 웨이퍼 및 그 제조방법	스크래치부터 발생하는 표면 결함 억제
2	공개	10-2018-0164388			탄화규소 에피웨이퍼 제조방법	에피 도핑 균일도 향상 및 결함 감소
3	등록	10-2016-0178360	10-1951838	2019-02-19	탄화규소 에피 웨이퍼 제조 방법	에피 박막의 캐럿 결함 저감
4	등록	10-2015-0182228	10-1742210	2017-05-25	탄화규소 에피 박막 성장 방법	에피 박막의 마이크로파이프 감소
5	등록	10-2015-0179527	10-1782610	2017-09-21	탄화규소 에피 박막 성장 방법	에피 박막 표면 피트 저감
6	등록	10-2013-0164609	10-2163490	2020-09-29	탄화 규소 기판의 제조 방법	두께 균일화
7	등록	10-2012-0153605	10-1382649	2014-04-01	절연성 탄화규소 단결정 박막에서의 그래핀 성장	그래핀 성장