

## 04 반도체 박막 증착 과정, 실시간 검사로 최적화

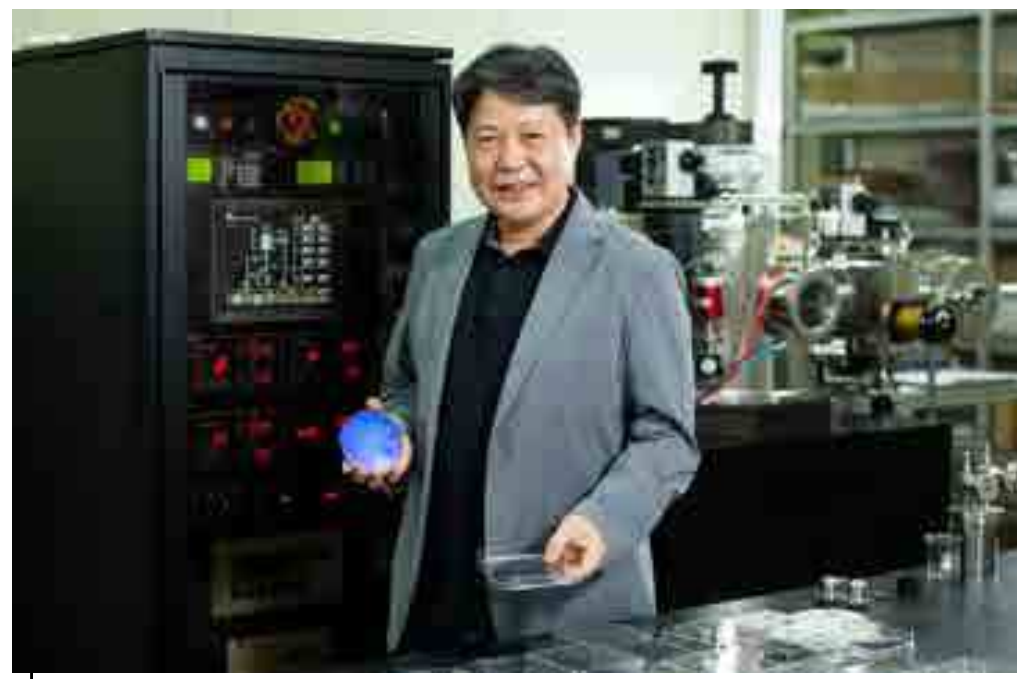
고온에너지시스템그룹 허훈 박사 연구팀이 반도체 공정 중 화학기상증착(CVD) 장비 내부의 박막 형성과정을 실시간으로 관찰하고 측정·분석할 수 있는 '화학증착소재 실시간 증착막 측정 시스템'을 세계 최초로 개발했다.

반도체는 실리콘 웨이퍼(Wafer, 반도체의 재료가 되는 얇은 원판) 위에 회로 간의 구분과 연결, 보호 역할을 담당하는 박막을 1마이크로미터 이하의 얇은 층으로 겹겹이 쌓아 만드는데 이를 박막 증착 공정이라고 한다. 반도체의 품질과 기술력은 이 박막을 얼마나 얇고 균일하게 형성하는지에 의해 결정되기 때문에 반도체 공정 과정에서 박막 형성 상태를 수시로 측정하고 확인하는 작업이 중요하다.

지금까지 반도체 공정과정에서 박막이 제대로 증착됐는지의 여부를 확인하기 위해선 해당 장비에서 박막을 꺼낸 뒤 별도의 분석기기로 검사해야 했다. 하지만 그 과정에서 박막이 대기 중의 산소나 수분과의 접촉으로 변질되어 분석 결과의 신뢰성이 훼손될 수 있고, 박막에 불량이 발생한 경우 그 원인을 규명하기 어렵다는 문제점이 있었다.

이에 허 박사가 이끄는 연구팀은 2019년 6월 3년 동안의 연구 끝에 화학기상증착 장비 내부에 박막 소재의 증착 과정을 측정·분석할 수 있는 In-situ<sup>2)</sup> 라만 분광(Raman spectroscopy) 장치를 개발해 이 같은 문제점을 해결해 냈다.

단색광을 기체 또는 투명한 액체·고체에 쬐면 산란광 속에 파장이 약간 다른 빛이 생기는데 이를 라만 효과라 하고 이렇게 발생한 특수한 빛의 배열을 '라만 스펙트럼'이라고 한다. 이를 활용하면 장비 내부에서 바로 박막 소재의 농도나 결정구조, 결정성 등 다양한 물성 정보를 실시간으로 파악할 수 있다.



박막 소재가 증착된 실리콘 웨이퍼를 들고 있는 고온에너지시스템그룹 허훈 박사

또한 In-situ 라만 분광 장치는 화학 증착에 필요한 화합물 및 반응가스, 박막 성장 온도나 시간 등 여러 변수를 측정·분석해 공정을 최적화할 수 있다.

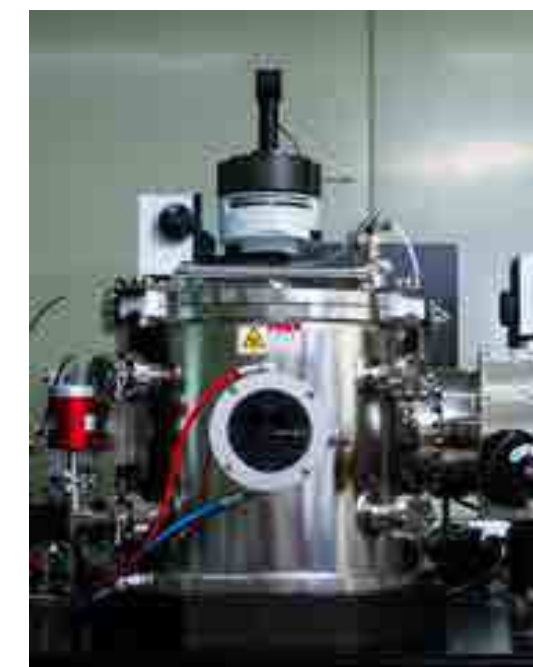
더 나아가 연구팀은 박막 물성 분석결과를 기반으로 유전율(Permittivity)을 유추할 수 있는 분석기법도 개발했다. 유전율이란 전기장을 가했을 때 전기적 성질을 띤 분자들이 정렬해 물체가 전기를 띠는 현상이 발생하는 정도를 뜻하는데, 유전율 분석결과를 고집적화와 고속화 구현에 유리한 저유전율 특성을 지닌 반도체 물질을 개발하는데 활용된다.

연구팀은 구축한 시스템을 통해 저 유전율 반도체 물질을 증착시켜 그 과정과 처리조건에 따른 물성변화를 라만 스펙트럼으로 실시간 분석하는 데 성공함으로써 신규 박막 소재의 개발 가능성을 높였다.

이번 연구를 이끈 허훈 박사는 “시간과 비용이 많이 소요되는 기존 Ex-situ 박막 분석 방식의 한계를 국내 기술력으로 극복해낸 사례인 만큼 관련 소재·장비 국산화에 기여할 수 있을 것”이라며 “반도체뿐만 아니라 OLED 소재, 2차전지 또는 태양전지용 전극소재 등 다양한 분야에도 활용 가능하다”고 전했다.

- 1) 가스의 화학 반응을 이용해 수증기 형태로 박막을 쌓는 화학적 증착 방식.
- 2) '용기 내에서'라는 의미의 장비 관련 용어로, 반의어는 Ex-situ.

“세계 최초 장비 내부에서 바로 관찰·분석하는 시스템 개발”



개발된 화학증착소재 실시간 증착막 측정 시스템. 가운데 큰 원통 모양의 화학기상증착 장비에 오른쪽에 위치한 라만 광원 기반의 실시간 측정·분석 장치가 결합되어 있다.