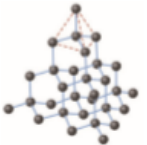

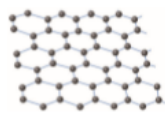
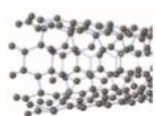
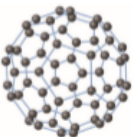


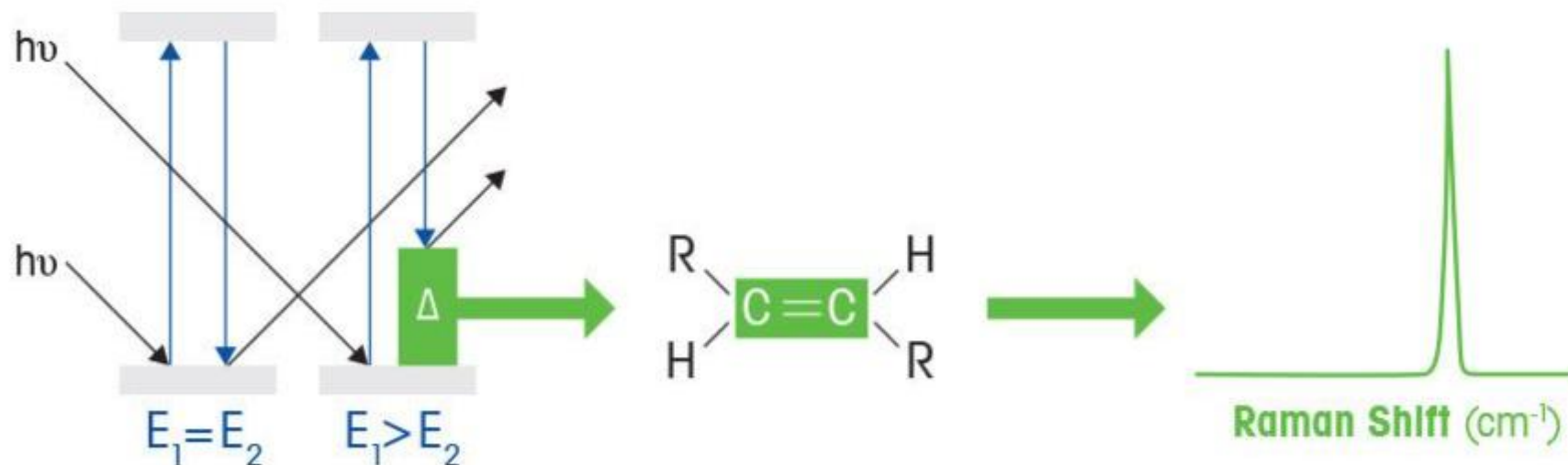
라만 분광학을 이용한 탄소동소체 분석

탄소동소체란?

- **동소체(Allotropy)**: 동일한 원자 종류로만 이루어져 있으나 원자의 배열 방식, 결합 구조가 달라 서로 다른 물리적 성질을 갖는 물질들
- **탄소 동소체** : 탄소 원자로만 이루어진 동소체

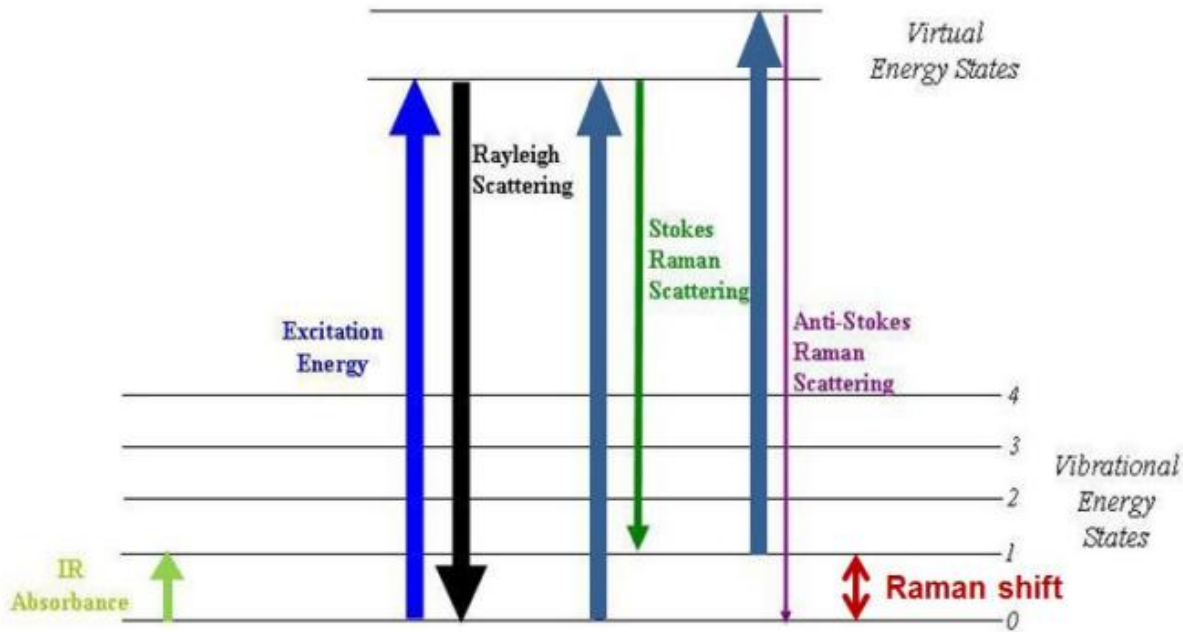
구분	구조 (Hybridization)	주요 특징	주요 용도
 다이아몬드	3차원 그물 구조 (sp^3)	극도로 단단함, 절연체, 투명함	보석, 절삭 도구
 흑연 (Graphite)	2차원 층상 구조 (sp^2)	전기 전도성 높음, 부드러움(미끄러짐)	연필심, 배터리 음극재
 그래핀 (Graphene)	2차원 평면 (sp^2)	흑연의 한 층, 높은 강도와 전도성	차세대 반도체, 복합재료
 탄소나노튜브 (CNT)	원통형 튜브 (sp^2)	가볍고 강하며 전기 전도성이 우수함	배터리 도전재 , 방열판
 풀러렌 (C_{60})	축구공 모양 (sp^2)	내부에 다른 원자 삽입 가능	의약품 운반체, 윤활제

라만 분광학 Raman spectroscopy



- **라만분광법**은 분자에 입사된 빛이 산란으로 방출될 때 입사된 빛 중 일부가 물질의 진동에너지만큼 포논(phonon)을 방출하여 에너지를 잃게 되는 라만 현상을 측정하여 분자 구조에 관한 정보를 얻는 실험방법이다.

라만 분광학 Raman spectroscopy



- 대부분의 빛은 물질에 부딪힐 때, 들어온 에너지 그대로 산란되지만 (레이리 산란^{Rayleigh Scattering, 탄성 산란}), 아주 극소수(약 1000만 분의 1)의 빛은 물질의 분자 진동과 에너지를 주고받으며 처음보다 에너지가 커지거나 작아진 채 산란된다.
- 이때, 돌아온 에너지가 초기보다 적어진 상태를 스톱스 산란(stokes raman scattering)이라고 하며, 주로 이 산란의 신호를 이용해 라만에서 분자의 고유한 진동 모드를 알 수 있다. 이는 사람의 지문처럼 물질마다 고유한 패턴을 가지기 때문이다.

라만 분광학의 장점 및 응용

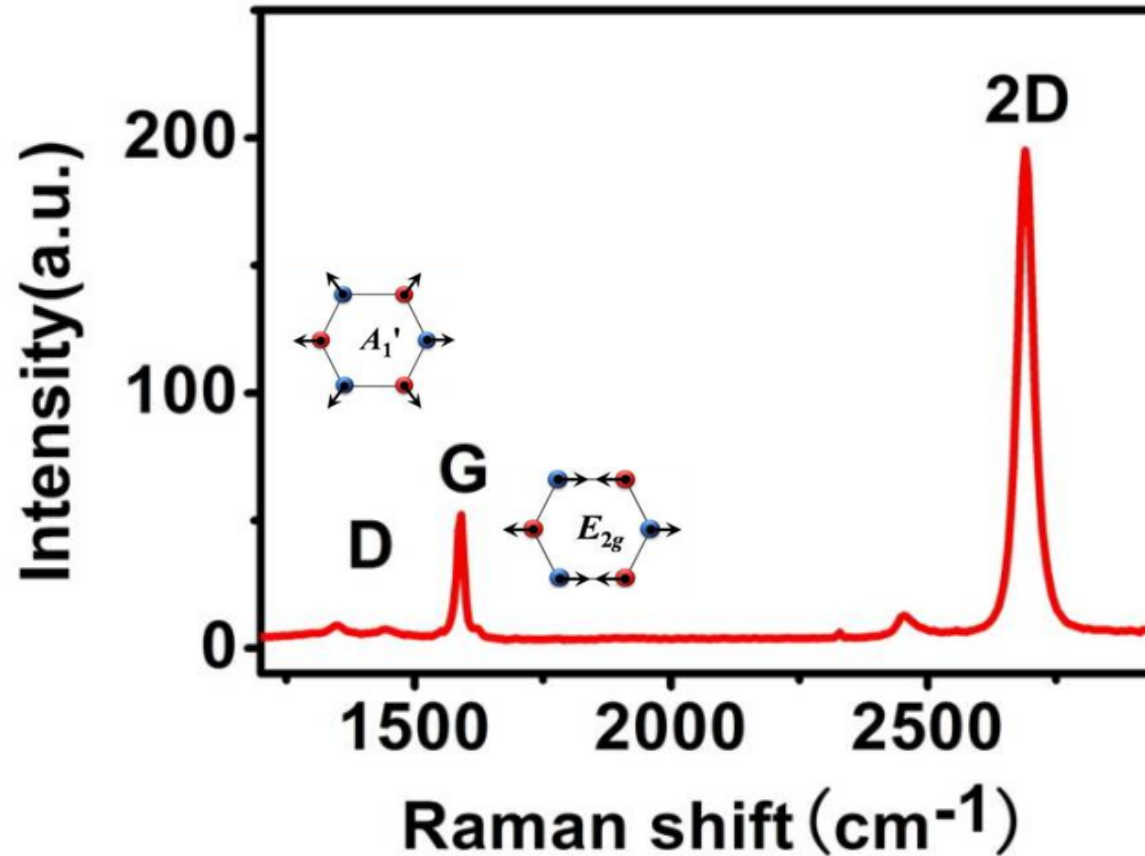
장점

- 기체, 액체, 고체 등 모든 시료의 상 범위에서 측정이 가능
- 분석 시간이 매우 짧음
- 입사 광원의 파장이 관측 결과에 영향을 주지 않기에 자유롭게 변경이 가능함
- 복합적인 시료를 분석할 때도 물, 기판 등에 영향을 많이 받지 않음 (비파괴적)

응용 (빠르고 안정적인 모니터링에 강점)

- 결정화 공정
- 다형체 식별
- 중합 반응
- 수소화 반응
- 화학 합성
- 바이오 촉매 및 효소 촉매
- 합성 반응
- 바이오공정 모니터링

라만 피크의 종류



- G band : 인접한 두 탄소원자가 서로 반대 방향으로 진동하여 생기는 모드 (1580~1585 cm⁻¹)
- D band : 육각형을 이루는 탄소원자가 바깥쪽 방향으로 진동하는 모드 (1350 cm⁻¹)
- 2D band : 공명 라만 증강 효과에 의해 생성되는 피크 (2680 cm⁻¹)

탄소 동소체에 따른 피크 분석

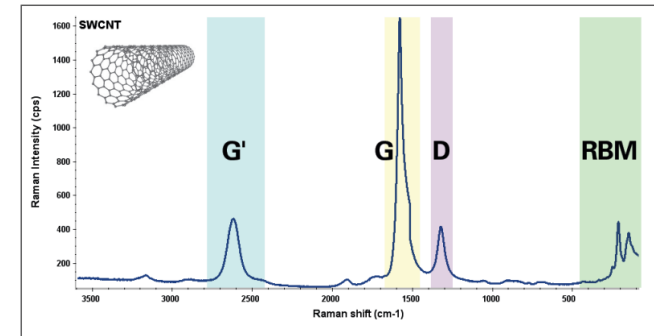
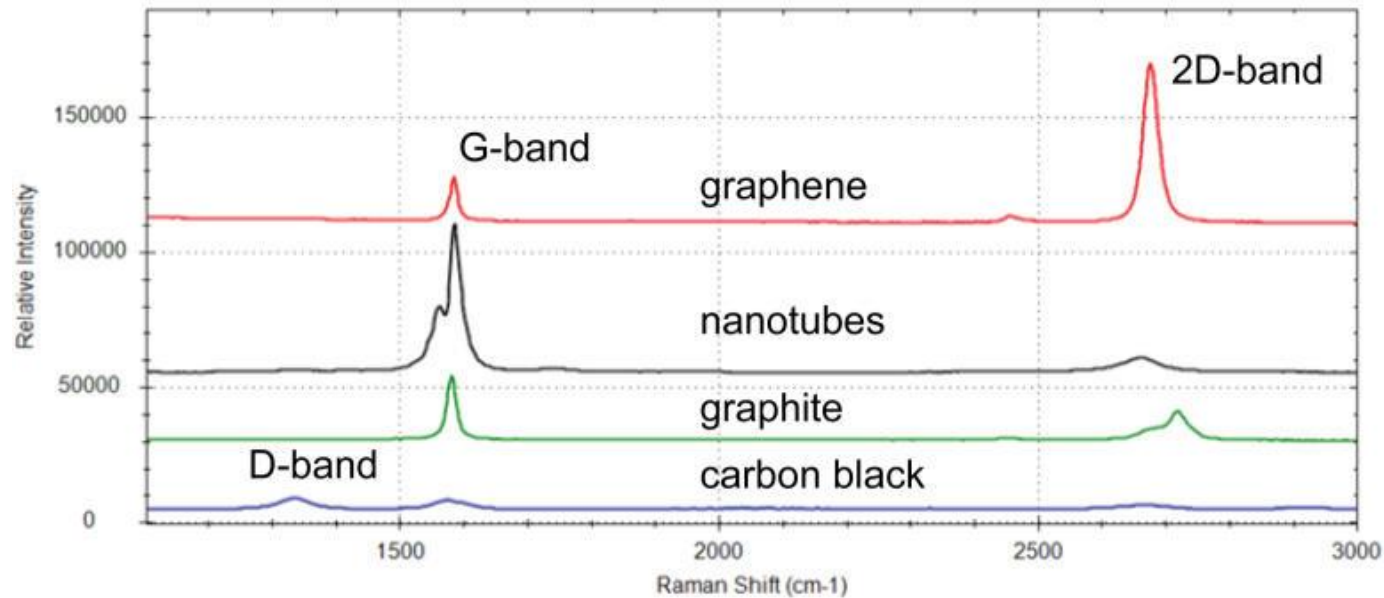


Figure 9. Raman spectrum of SWCNTs with prominent bands labeled.

- Graphene: 2D피크가 날카롭게 나타나며 D피크가 거의 나타나지 않음.
- Carbon-Nanotube : G 피크가 2개로 갈려져서 나타나며 75~300cm-1 에서 RBM(Radial Breathing Mode)피크가 나타남.
- Graphite : 2D피크가 넓게 나타나며 D피크가 존재하는 경우가 많음.
- Carbon Black : D피크와 G피크가 넓게 나타남. (비정질 탄소로 탄소 동소체는 아니며 석유와 석탄 같은 탄소질 물질이 불완전 연소 또는 열분해 되어 만들어진 물질)

RBM(Radial Breathing Mode): 75~300cm-1 에서 주로 나타나며, 튜브가 마치 숨을 쉬듯 반지름 방향으로 진동하는 모드로, 이 피크의 위치를 통해 CNT의 직경을 역산할 수 있다.