

# 분자 분광기: 하드웨어

**과학 발전을 돕습니다**  
(BUILDING BETTER SCIENCE)

여러분과 함께하는 애질런트

애질런트 테크놀로지스는 교육기관  
지원의 일환으로 자사 교육 자료를  
제공합니다.  
교육 목적으로 자사 교육 자료를  
무상 지원하고 있습니다.

---

본 슬라이드는 애질런트가 교육용으로 제작하였습니다.

교육 이외의 용도로 사진, 스케치 또는 그림을  
사용하려면 먼저 애질런트에 문의하시기 바랍니다.

# 목차

## 소개

- 분류

## 분자 분광기

- 일반 사항

- UV-VIS 분광기

- 일반적인 설정
- 광원
- 분광 장치
- 검출기
- 시스템
- 정성 및 정량 분석
- 응용 분야
- 예제
- 기능

- 형광 분광기

- 일반적인 설정
- 광원
- 시스템
- 응용 분야
- 예제
- 기능

- FTIR(Fourier transform infrared) 분광기

- 일반적인 설정
- 인터페로그램(interferogram)
- 정성 및 정량 분석
- 시스템
- 응용 분야
- 예제
- 기능

- 추가 정보

# 소개

## 분류

분광기는 많은 하위 분야를 가진 넓은 분야로서 분석되는 물질의 유형에 따라 분류할 수 있습니다. 이 프레젠테이션은 **분자 분광기**에 초점을 두고 있습니다.

### 원자

#### 원자 분광기

- AAS
- MP-AES
- ICP-OES
- ICP-MS

### 분자

#### 분자 분광기

- UV-VIS
- UV-VIS-NIR
- FTIR
- 형광

### 결정

- X-ray 결정 구조 분석기

### 핵

- 핵자기공명(NMR)

# 분자 분광기

## 일반 사항

분자 내의 원자 결합은 고유한 에너지 상태를 만들어 상태 사이에 고유한 전이 스펙트럼이 나타납니다.

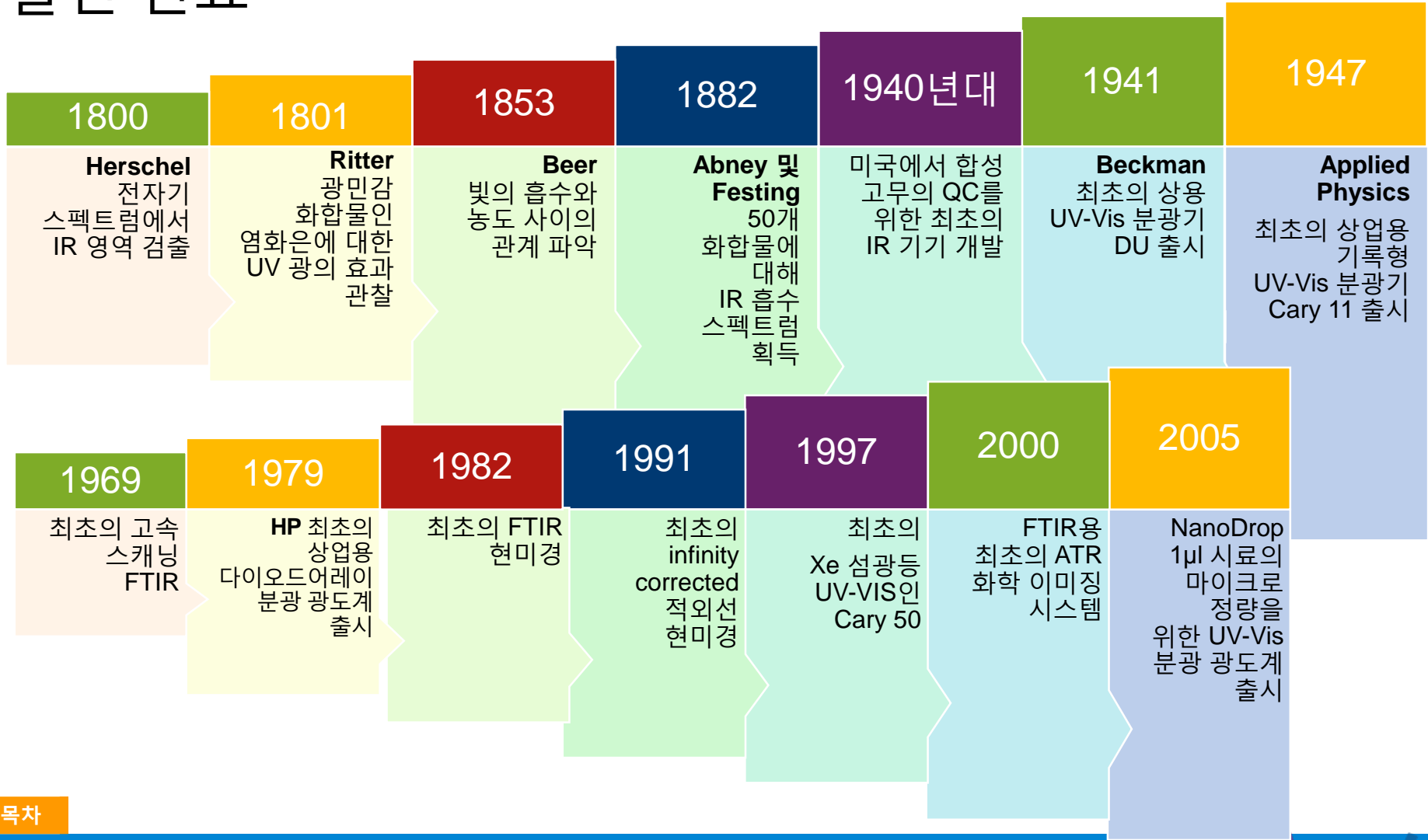
분자 스펙트럼은 다음과 같은 현상으로 얻을 수 있습니다.

- 전자 spin 상태
- 분자 회전
- 분자 진동
- 전자 상태

분자 분광기	
	응용 분야별
UV-Vis	자외선, 가시광선 및 근적외선 전자기 에너지와 물질 사이의 상호 작용 연구
FTIR	적외선 전자기 에너지와 물질 사이의 상호 작용 연구
형광	일반적으로 자외선 및 가시광선 전자기 에너지와 물질 사이의 상호 작용 후 전자기 에너지의 방출 연구

# 소개

## 발전 연표

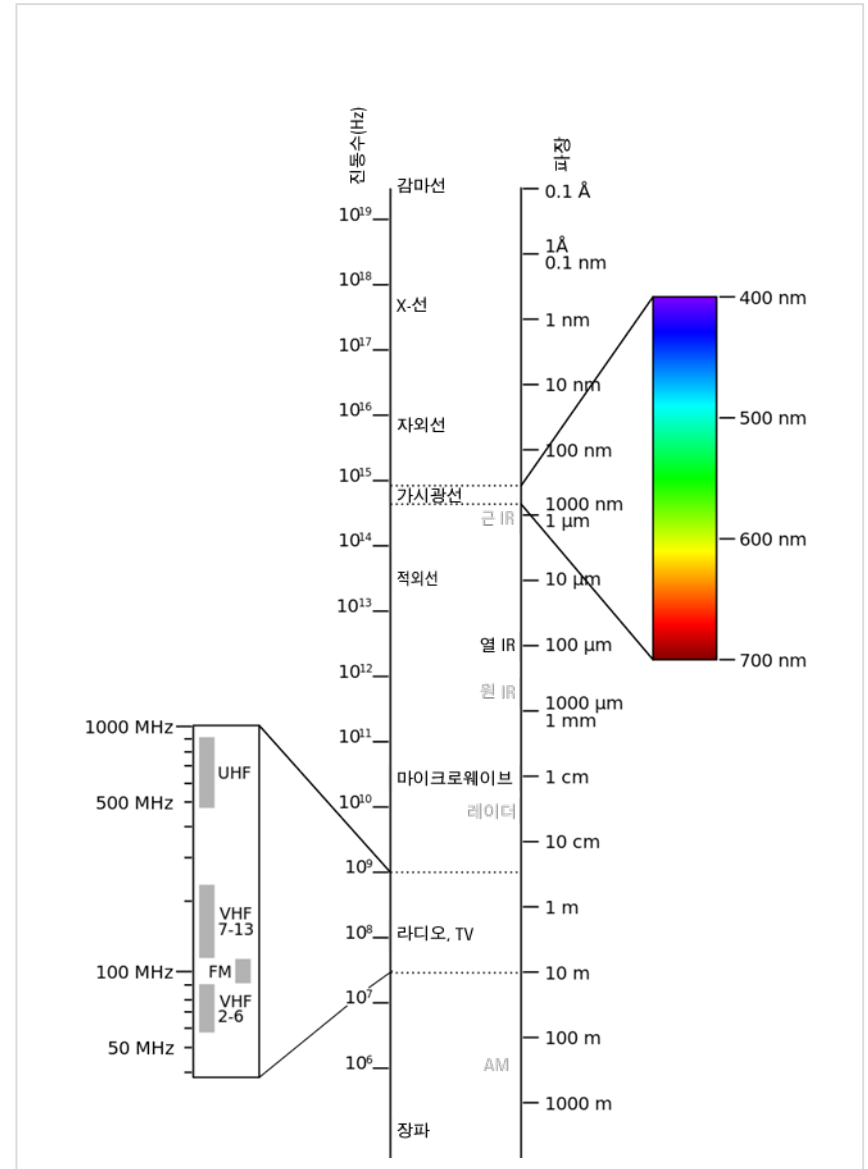


# UV-Vis 분광기 일반 사항

전자기 스펙트럼은 매우 넓은 범위의 진동수와 파장을 포함합니다. 가시 광선은 매우 작은 부분의 전자기 스펙트럼만 나타냅니다.

- 자외선: 190 ~ 400nm
- 가시광선: 400 ~ 800nm
- 적외선: 800 ~ 100,000nm

"전자기 스펙트럼"  
Victor Blacus



출처: 위키피디아

# UV-Vis 분광기

## 일반 사항

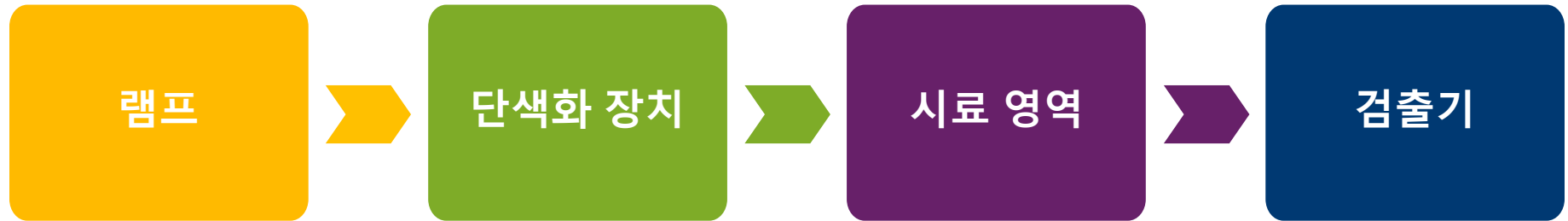
분광 광도계는 시료를 투과하거나 시료에서 반사되는 빛의 양을 측정합니다.

모든 정확한 분광 광도계는 모든 파장에서 투과되거나 반사되는 빛의 백분율을 측정할 수 있으며, 그 범위는 약 190nm(중간자외선)부터 최소 900nm(근적외선)까지의 분해능은 2nm 이하입니다.

해법을 위해 투과된 빛의 백분율은 흡광도로 표현하고, 이는 농도에 정비례합니다.



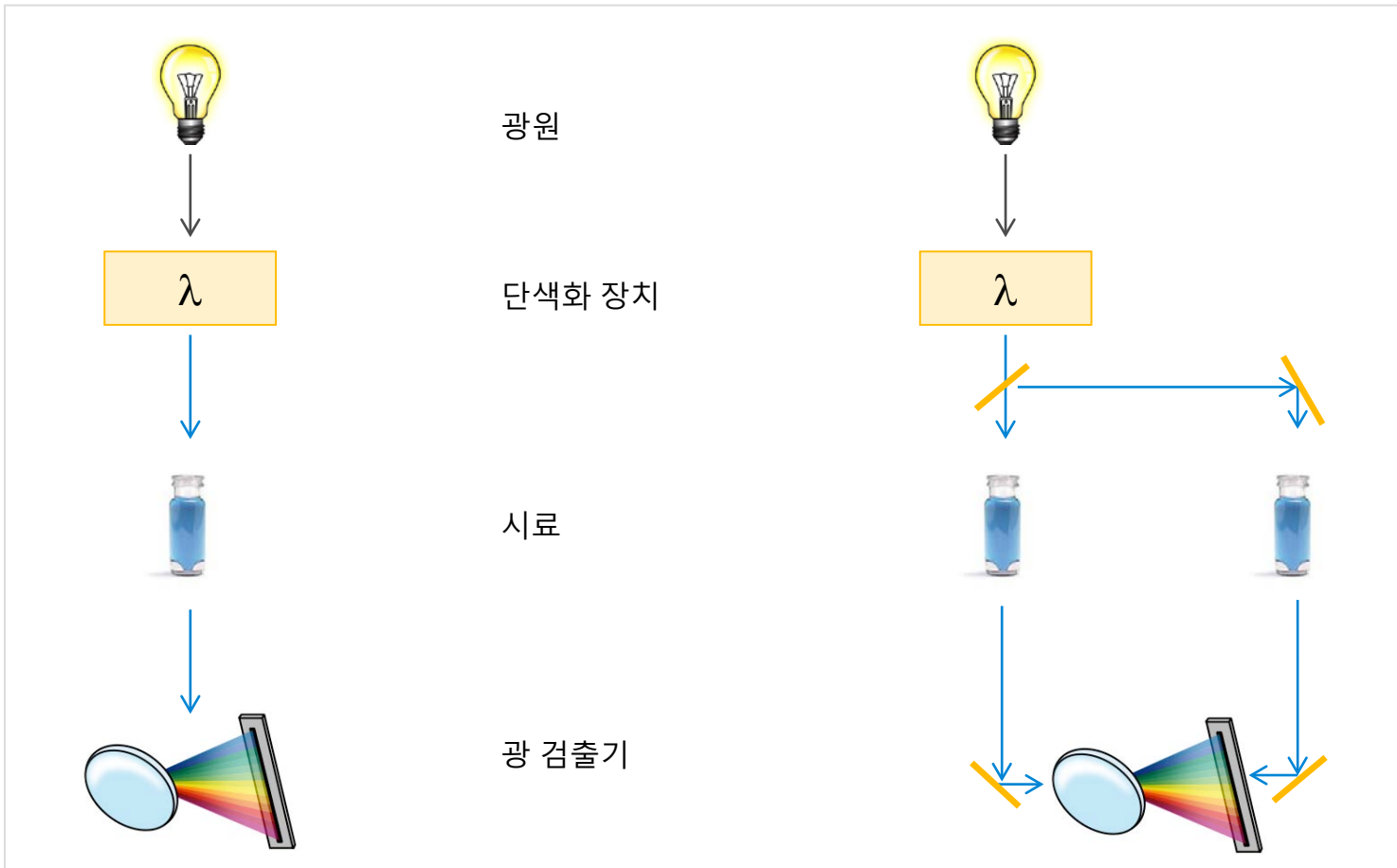
# UV-Vis 분광기 일반적인 설정



- 램프(광원)가 일정 범위의 파장으로 빛을 방출
- 단색화 장치(분광 장치)가 파장 선택
- 분석물질이 빛 흡수(시료 영역)
- 투과된 빛이 측정됨(검출기)
- 농도는 표준물질과 비교하여 결정

# UV-Vis 분광기

## 일반적인 설정: Single 대 Dual Beam 분광기



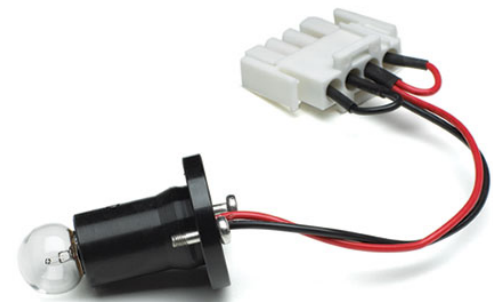
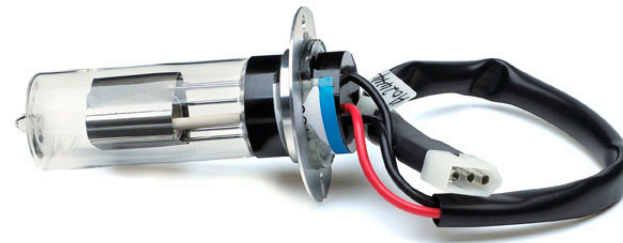
*dual beam 방법은  
빛 강도의 차이를  
보정할 수  
있습니다.*

# UV-Vis 분광기 광원

이상적인 광원은 낮은 노이즈와 장기간 안정성으로 모든 파장에서 일정한 강도를 생성합니다.

UV-Vis 광도 분광계에 일반적으로 사용되는 광원:

- **중수소 아크 램프** → 자외선 영역에 유용한 강도
- **텅스텐-할로겐 램프** → 자외선 스펙트럼과 전체 가시광선 범위 부분에 적절한 강도
- **Xenon 램프** → 전체 자외선과 가시광선 영역에 양호한 연속성



중수소 광원(위) 및 텅스텐-할로겐 램프(아래),  
자외선 시스템에 사용

# UV-Vis 분광기

## 분광 장치

분광 장치는 빛의 파장을 다른 각도에서 분산합니다. 적절한 출구 슬릿과 조합했을 때, 이 장치를 사용하여 연속적인 광원의 빛에서 특정한 파장(또는 더 정밀하게 좁은 주파대)을 선택할 수 있습니다.

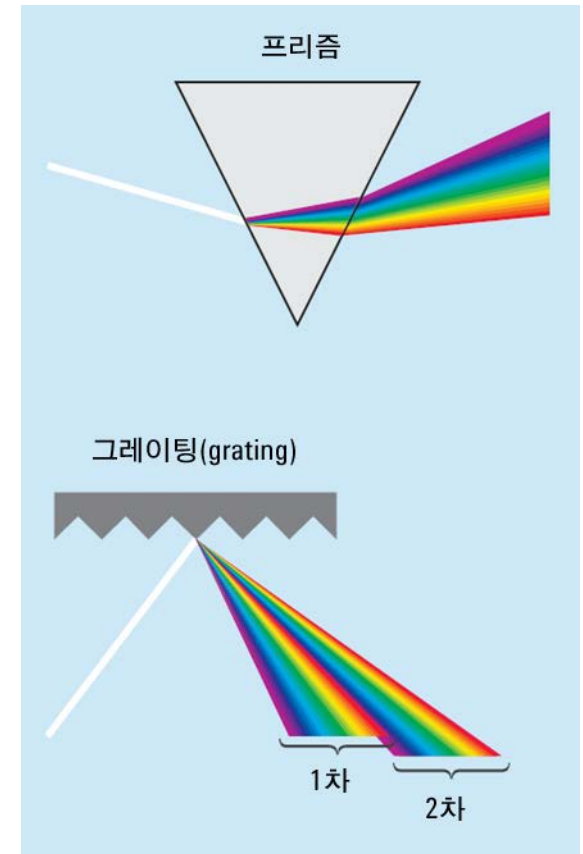
두 가지 유형의 장치가 있습니다.

- **프리즘**

이 장치는 태양광 무지개를 생성합니다. 분산 각도가 온도에 민감하다는 단점이 있습니다.

- **홀로그래픽 그레이팅(grating)**

이 장치는 온도에 민감하지 않습니다. 그레이팅(grating)과 만나는 빛은 파장에 따라 다른 각도에서 반사됩니다.



분광 장치의  
개요도  
대부분의 현대식  
분광기는 회절  
격자식 분광을  
사용합니다.

출처: [UV-visible 분광기의 기초이론](#)

# UV-Vis 분광기 검출기

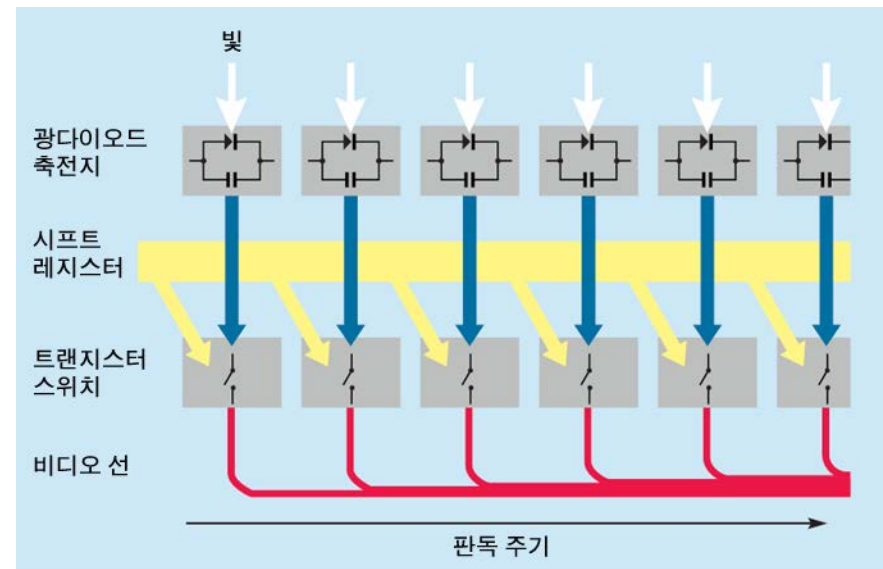
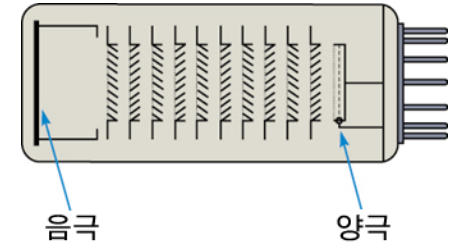
검출기는 빛 신호를 전기적 신호로 변환합니다. 이상적으로는 낮은 노이즈와 고감도로 넓은 범위에 감응도 직선성을 제공해야 합니다.

## 광전자 증배관(PMT) 검출기

튜브 안에서 신호 변환과 여러 단계의 증폭을 조합하여, 전체 파장 범위를 스캔합니다.

## 광다이오드 검출기

반도체 물질에 닿은 빛은 물질에 전자를 흐르게 하고, 그로 인해 물질 전체에 걸쳐 연결된 축전지에서 전하를 빼앗습니다. 이때, 전하를 빼앗긴 축전지를 재충전하는데 필요한 전하량은 빛의 강도와 비례합니다. 전체 파장 범위는 한 번의 판독으로 측정됩니다.

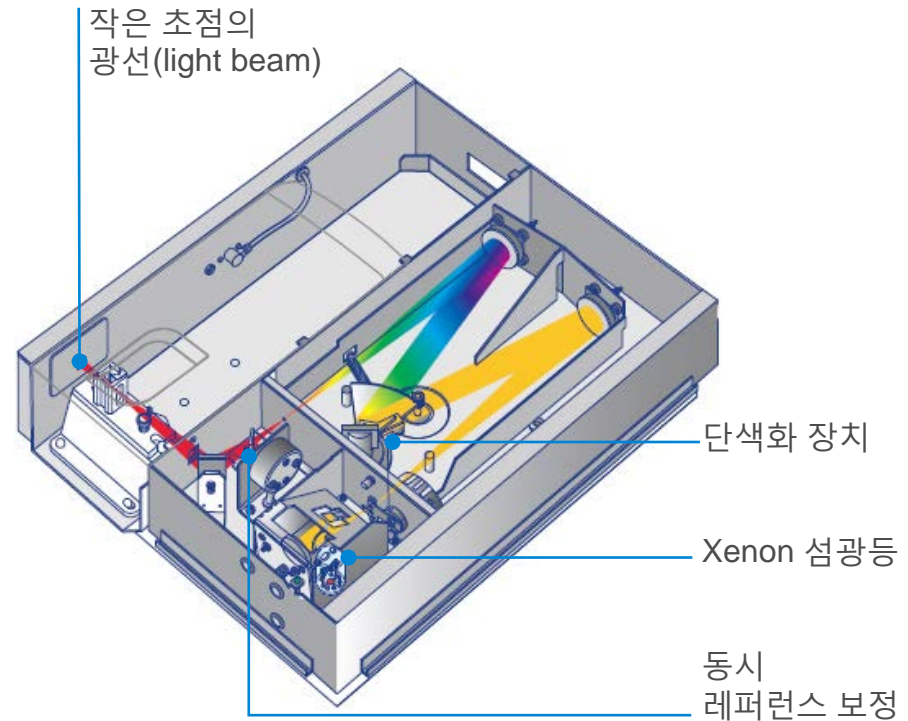


광전자증배관(PMT) 검출기(위) 및 광다이오드 어레이(아래)의 개요도

# UV-Vis 분광기 시스템

## 주요 응용 분야

- kinetics 모니터링
- 미지 또는 새로 합성된 화합물 특성화
- DNA 순도 평가
- DNA 및 단백질 정량 분석
- 물, 식품 및 농산물의 영양소 분석



# UV-Vis 분광기

## 정성 및 정량 분석

UV-visible 스펙트럼은 일반적으로 소수의 넓은 흡광도 밴드만 보입니다. 유기 화합물에 의한 대부분의 흡수는  $\pi$ (즉, 불포화) 결합의 존재에 의해 발생합니다. 크로모포어는 보통  $\pi$ -결합을 포함하는 분자 그룹입니다. 크로모포어가 포화 탄화수소에 삽입될 때(UV-visible 흡광 스펙트럼을 보이지 않음), 185 ~ 1000nm 사이의 흡광도를 가지는 화합물을 생성합니다.

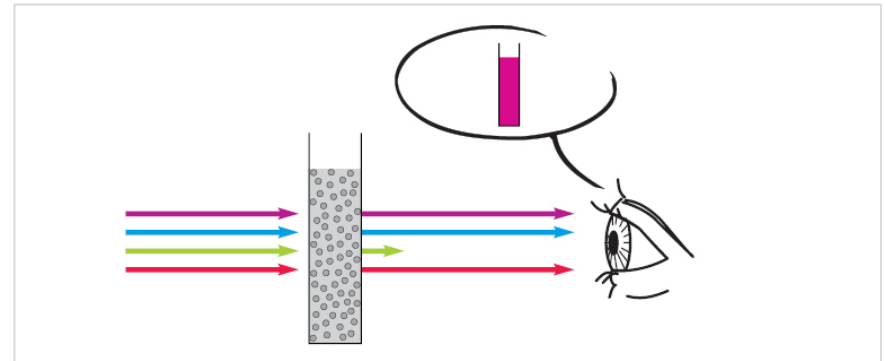
선택된 크로모포어와 흡광도 최대치

크로모포어	화학식	예	$\lambda_{\max}$ (nm)
카르보닐(케톤)	RR'C=O	아세톤	271
카르보닐(알데히드)	RHC=O	아세트알데히드	293
카르복실	RCOOH	아세트산	204
아미드	RCONH <sub>2</sub>	아세트아미드	208
니트로	RNO <sub>2</sub>	니트로메탄	271

# UV-Vis 분광기

## 정성 및 정량 분석

색은 물질의 중요한 특성입니다. 물질의 색은 흡수율이나 반사율에 관계가 있습니다. 인간의 눈에는 흡수되는 보색만 보입니다.



투과와 색상(위)  
흡수와 보색(아래)

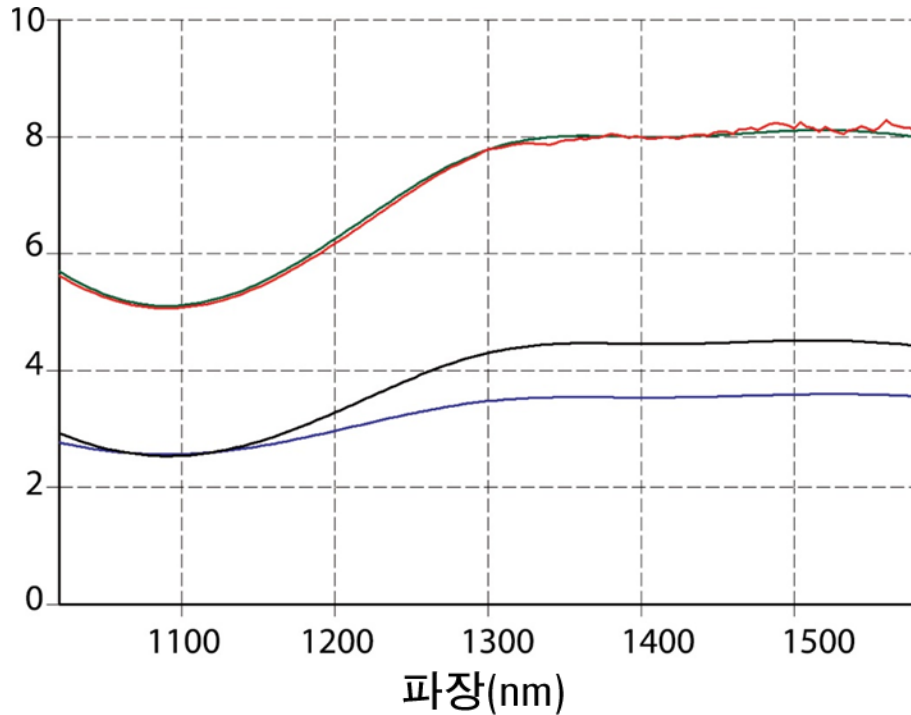
출처: [UV-visible 분광기의 기초이론](#)

# UV-Vis 분광기 응용 분야

시장	응용 분야
재료	<p>벌크 재료</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 광학 장치 구성품: 필터, 렌즈, 미러, 빔 스플리터, 편광판, 유리</li> <li>• 박막 필름, 광학 및 반사 방지 코팅, 나노복합재료, 도료, 태양광 전지</li> <li>• 안전 고글</li> <li>• 펄프 및 종이</li> <li>• 위장 재료</li> <li>• 선글라스</li> <li>• 직물/편물</li> </ul>
화학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조 원 재료 및 완제품의 QA/QC</li> <li>• 화학적 식별 또는 화학 공정의 연구: 합성 화학 실험실, 광화학 연구, 나노입자 특성화, 계면 화학 연구</li> <li>• 분석 화학</li> <li>• 색상 측정: 도료 및 직물(컬러 매칭, 직물의 QA/QC, SPF 측정)</li> </ul>
생물공학 및 제약	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 약물 결합 분석</li> <li>• 효소 반응</li> <li>• 탁한 생체 시료, 조직, 세포 균질현탁액의 분석</li> <li>• 세포 간 이온 측정</li> <li>• 핵산(RNA/DNA) 및 단백질 결정</li> <li>• DNA 및 단백질의 변성/복원 측정</li> </ul>

# UV-Vis 분광기

## Schott 유리 필터의 흡광도 측정



UG11 필터 1(파란색), UG11 필터 2(검은색)의 스펙트럼 및 UG11 필터 1 및 UG 11 필터 2를 합친 스펙트럼(빨간색). 녹색 스펙트럼은 파란색과 검은색 스펙트럼을 합쳐 예측된 결과입니다.

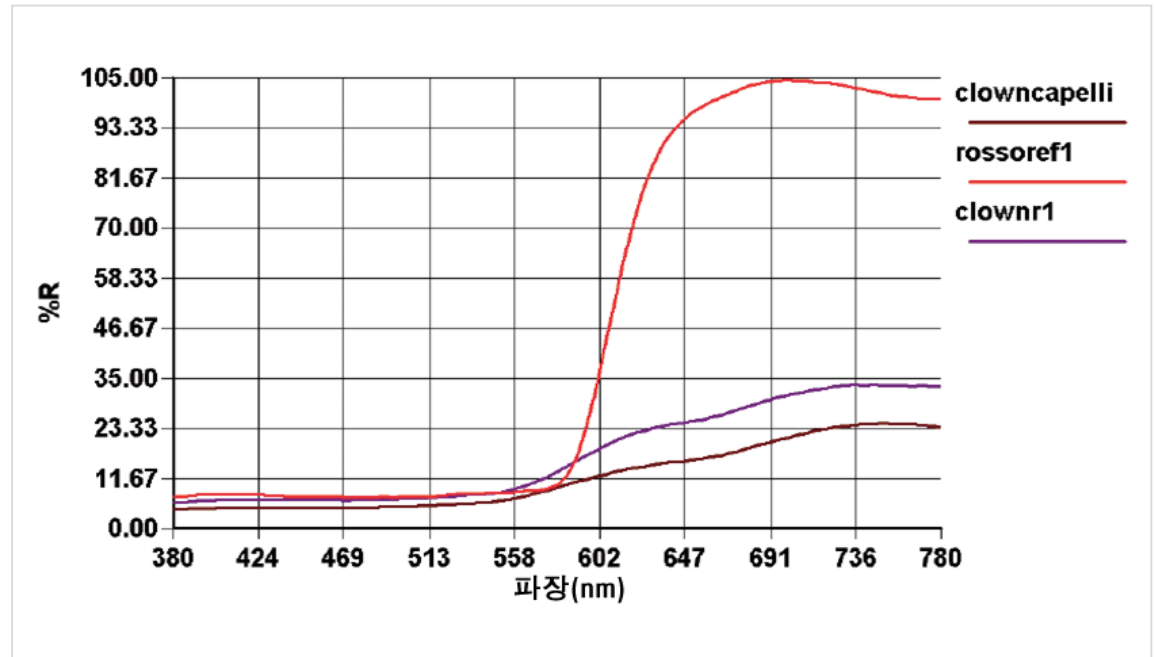
두 개의 필터를 따로 측정하고 숫자상으로 하나로 더했습니다(예측됨). 이러한 결과는 함께 측정된 두 개의 필터에도 동일합니다(측정됨).

# UV-Vis 분광기

## 캔버스의 도료 색상 측정



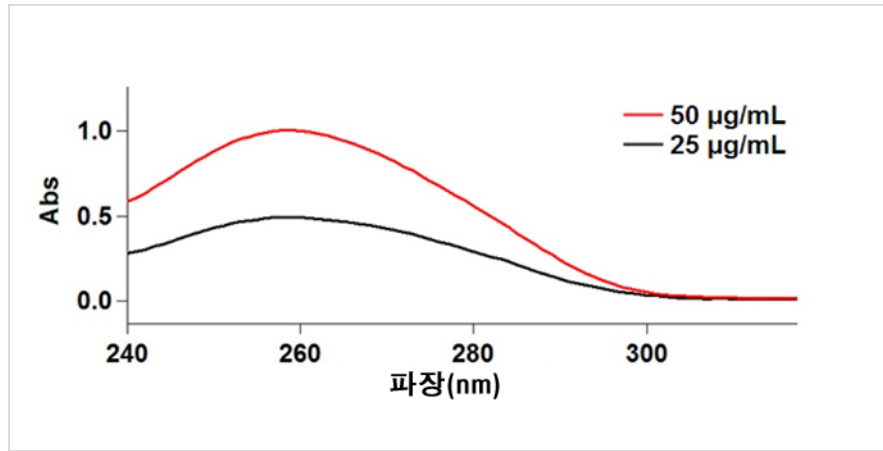
시료 clownnr1 및 clowncapelli가 비슷한 재료로 만들어졌음을 보여주는 스펙트럼



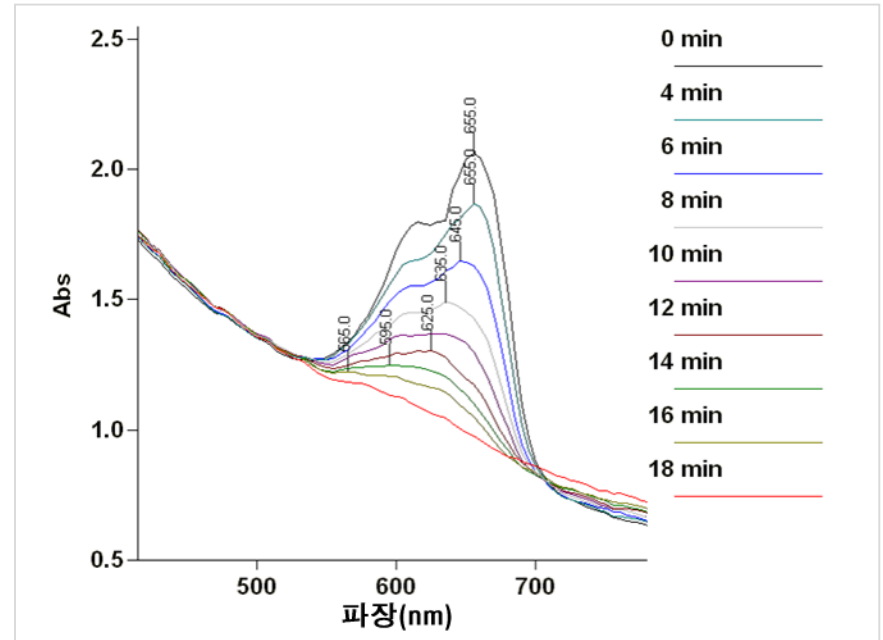
출처: [Agilent Cary 60 UV-Vis 분광 광도계를 이용하여 외부 확산 반사로 직접 캔버스의 도료 색상 측정](#)

# UV-Vis 분광기

## 순도 분석 및 Kinetics 분석



150µL DNA 시료를 4°C에서 두 가지 농도로 스캔,  
260nm에서 특징적인 흡광도 피크를 보여줍니다.  
50µg/mL DNA에 대한 1.0 흡광 단위의 피크 흡광도 대  
25µg/mL DNA에 대한 0.5 흡광 단위의 피크 흡광도에  
주목하십시오. Beer-Lambert 법칙을 따름을 증명합니다.



400 ~ 800nm 범위에서 20분 동안 고강도 UV 램프(Oriell  
500 W Hg(Xe) 램프)에 노출한 상태에서 메틸렌블루에  
광섬유를 이용해 kinetics 스캔. 레이블은 최대 흡광도  
파장을 반영합니다.

출처: [광섬유 마이크로프로브와 Agilent Cary 60 UV-Vis 분광 광도계를 이용하여 4°C에서 소량의 DNA에 대한 순도 측정](#)

출처: [Agilent Cary 60 UV-Vis 분광 광도계와 광섬유를 이용하여 비색 물질의 광축매 특성에 대한 간단한 자동 측정](#)

# UV-Vis 분광기 기능

흡광도와 농도 사이의 간단한 직선형 관계 및 UV 가시광선 측정의 상대적 용이성으로 인해 UV-Visible 분광기가 수 많은 정량 분석법의 토대가 되었습니다.

## UV-Vis 분광기

### 장점

- 정량 및 정성 분석을 위한 넓은 응용 분야
- 다양한 유형의 유기 및 무기 분자와 이온에 사용 가능
- 간편한 사용
- 신속함
- 유지보수 빈도 감소
- 비파괴 측정

### 제한 사항

- 형광보다 더 높은(더 나쁜) 검출 한계
- 흡광 밴드 중첩으로 간섭 발생 가능
- D2 및 QI 광원 사용시 광민감 화합물 분석이 어려울 수 있음(Xenon 광원 사용시 적용 불가)

# 형광 분광기

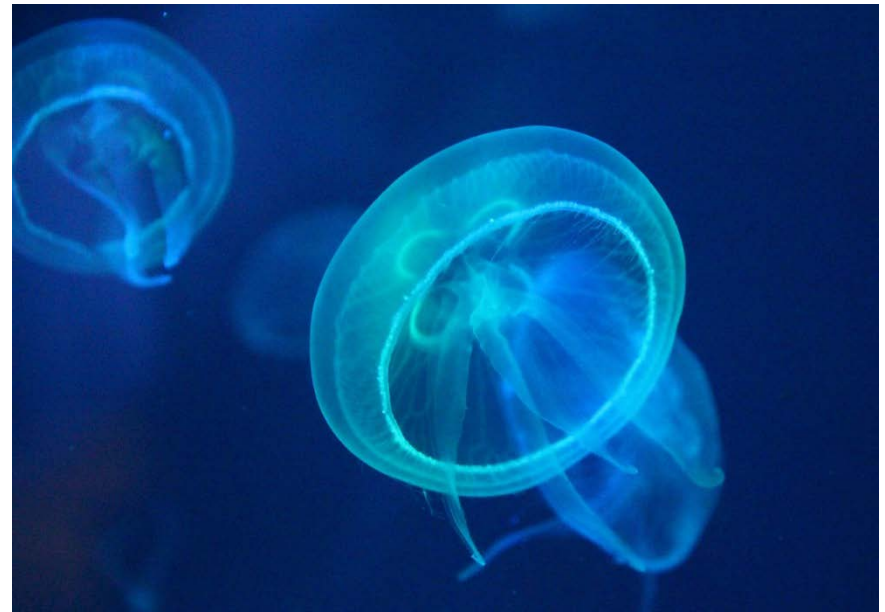
## 일반 사항

형광은 높은 에너지의 광자에 의한 들뜸 후 발생하는 광자의 방출입니다.

형광 분석기는 분광 광도계와 달리 암배경에 대해 신호를 감지하기 때문에 광감도(picomolar)가 높습니다.

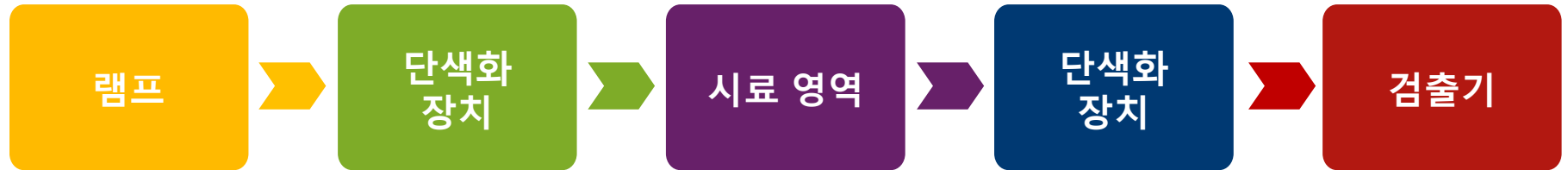
연구 등급의 기기는 들뜸과 방출 모두에 대해 스캐닝 단색화 장치를 사용합니다.

또한 많은 형광 시스템은 인광 및 발광도를 측정할 수 있습니다.



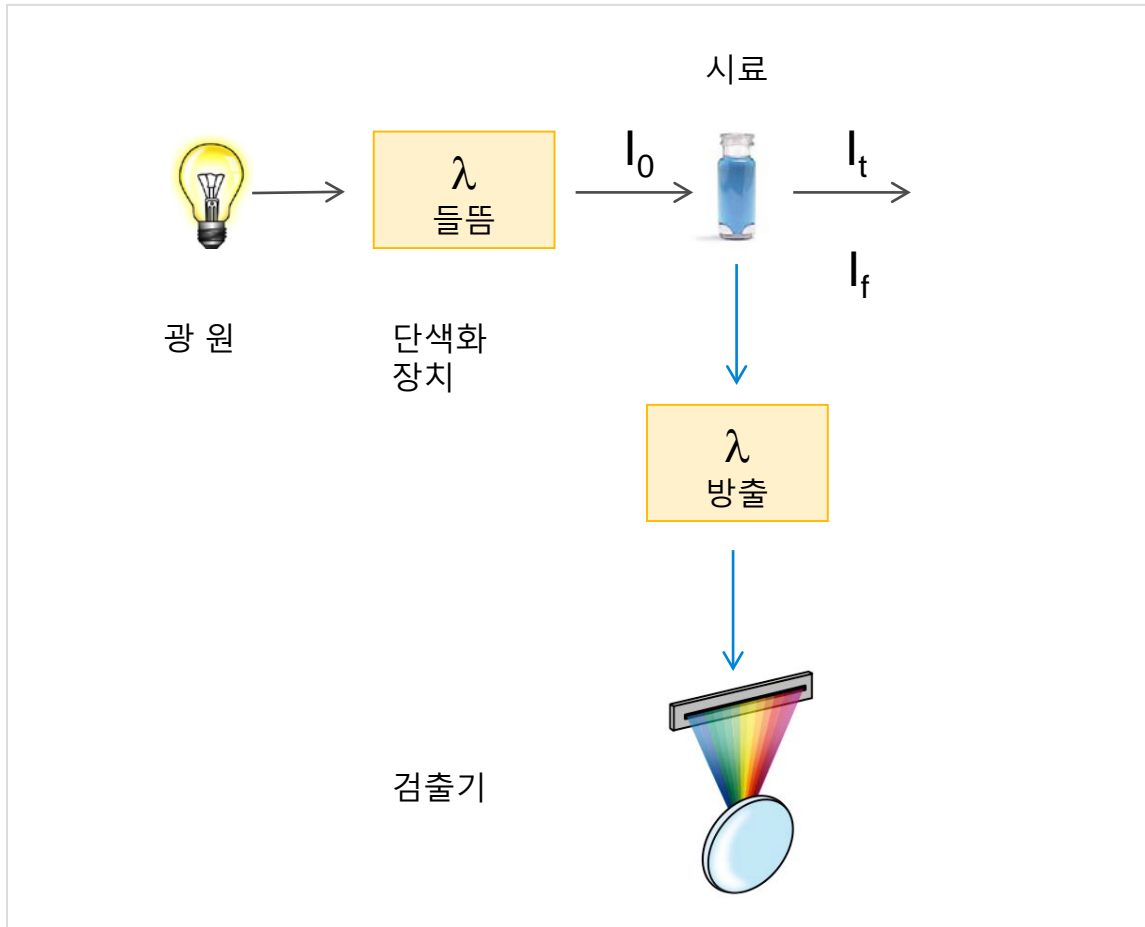
# 형광 분광기

## 일반적인 설정



- 램프(광원)가 일정 범위의 파장으로 빛을 방출
- 단색화 장치가 들뜸 파장을 선택
- 시료 영역에 시료를 담고, 분석물질이 빛 흡수
- 더 긴 파장에서 빛 방출
- 단색화 장치가 방출 파장을 선택
- 투과된 빛이 측정됨(검출기)

# 형광 분광기 일반적인 설정



주의: 투과 또는 반사된  
입사광이 검출기에  
도달하는 위험을  
최소화하기 위해 검출기는  
광원과 직선로에 있지  
않습니다.

# 형광 분광기 광원

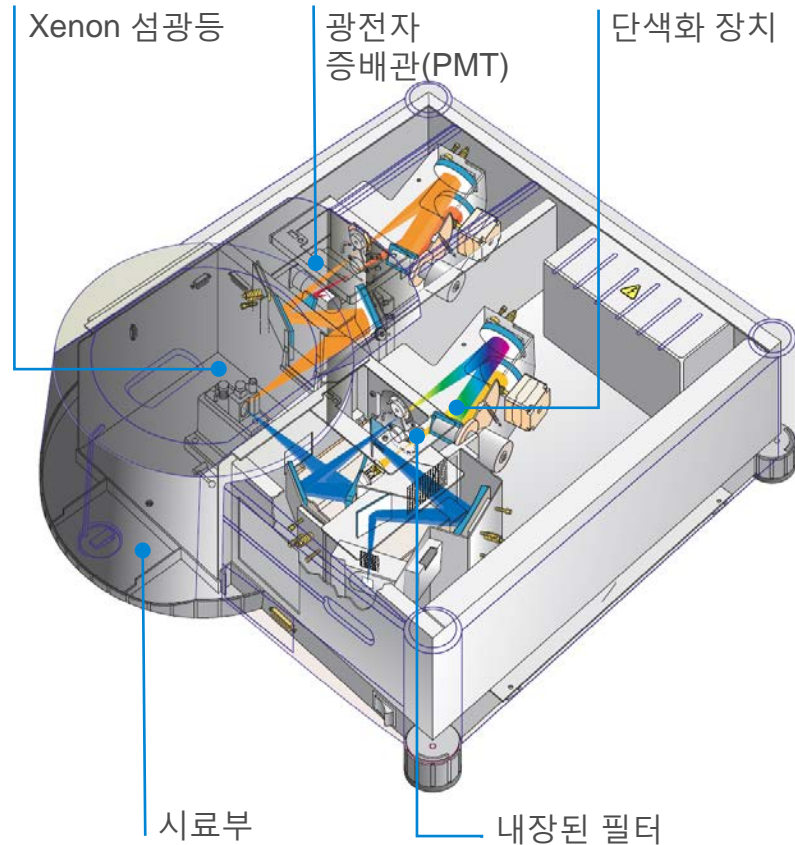
형광 분광 광도계에는 다양한 광원이 사용됩니다.

- **Xenon 램프:** 300 ~ 800nm에서 거의 일정한 강도를 가진 연속 방출 스펙트럼
- **수은 증기 램프:** 빛을 거의 피크 파장으로 방출하는 직선 램프
- **레이저:** 파장 선택이 제한되고 사실상 변경할 수 없음

# 형광 분광기 시스템

## 주요 응용 분야

- 생체 촉매(biocatalysts)의 열 안전성 분석
- 생세포 이미징에 사용되는 바이오 라벨의 특성 규명(Characterizing)
- 석유 내의 탄화수소 혼합물
- GPCR oligomerization의 특성 규명

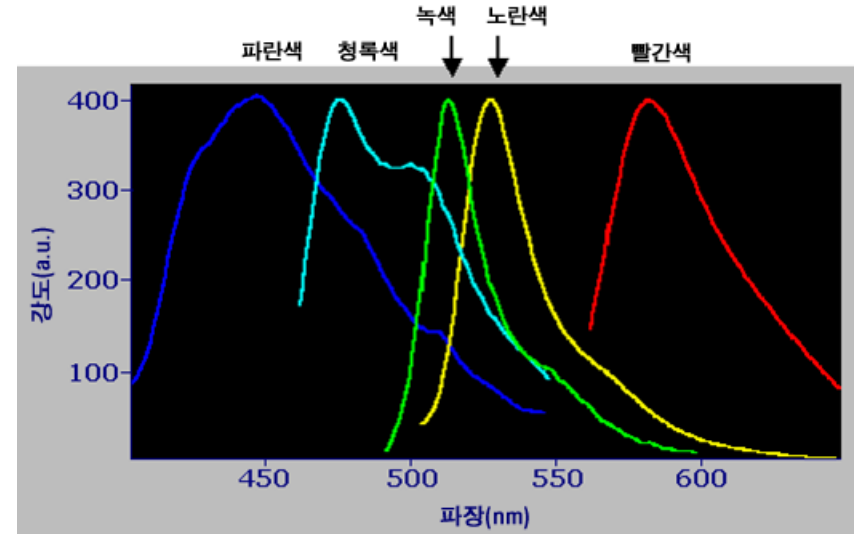
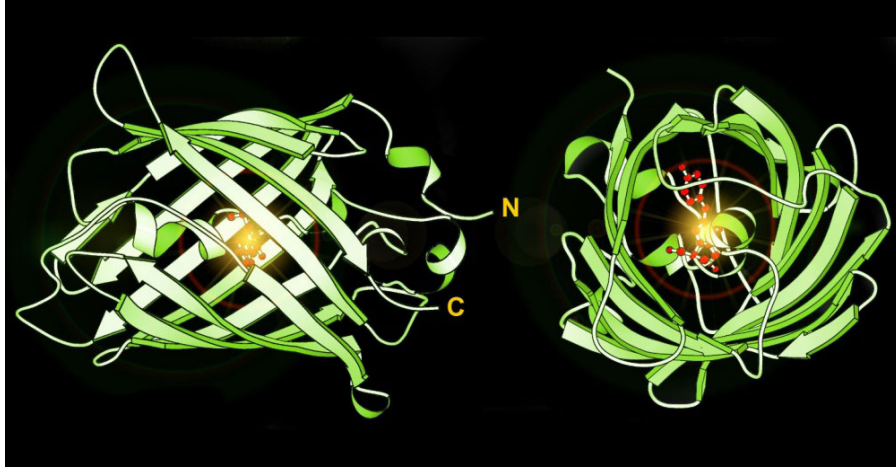


# 형광 분광기 응용 분야

시장	응용 분야
화학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광화학 연구</li> <li>• 나노입자 특성 규명</li> <li>• 계면 화학 연구</li> <li>• 분석 화학</li> </ul>
제약 및 생명공학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생화학 및 생물리학 연구</li> <li>• 단백질 정량 분석 및 구조 연구: 단백질 사이의 상호 작용, 멤브레인 연구</li> <li>• 효소학: 형광 기질을 이용한 효소 동역학</li> <li>• 분자 생물학: DNA 및 RNA 정성 분석</li> </ul>

# 형광 분광기

## 녹색 형광 단백질의 사이토솔릭 발현

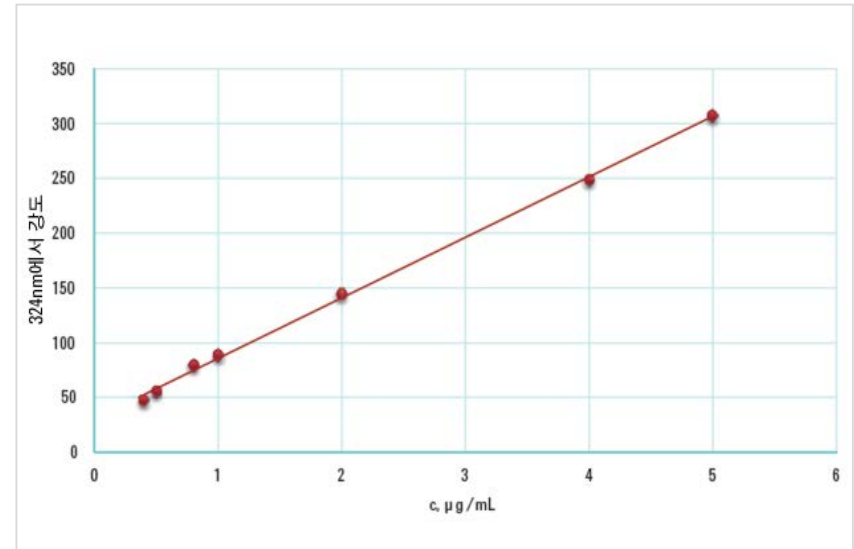
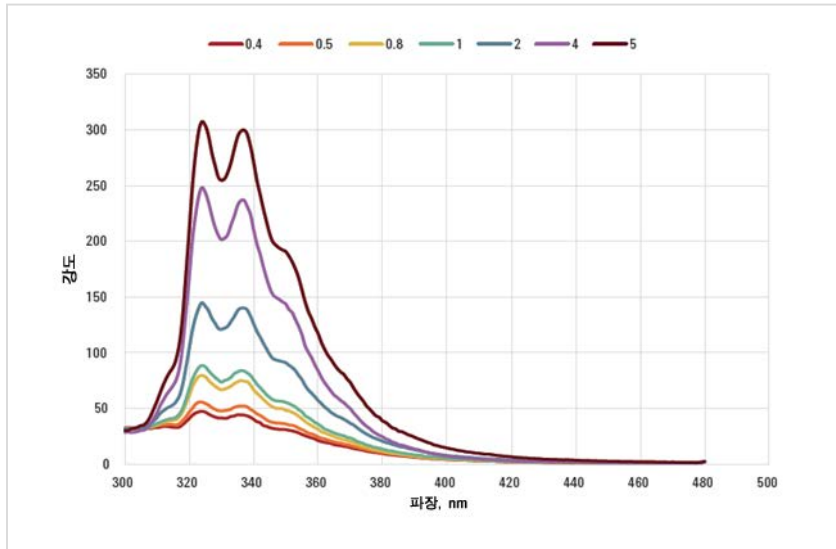


녹색 형광 단백질의 개요도. 왼쪽: 트리펩티드 형광단(Triptide fluorophore)(빨간색). 오른쪽: 형광 단백질의 전체 스펙트럼에 대한 강도 대 방출

출처: [효모 Saccharomyces cerevisiae에서 녹색 형광 단백질\(GFP\)과 그 유도체의 발현: Agilent Cary Eclipse를 이용한 생체 내 검출](#)

# 형광 분광기

## 다환 방향족 탄화수소 또는 석유의 정량 분석



나프탈렌의 형광 스펙트럼, 들뜸 파장 250nm, 들뜸 슬릿 10nm, 방출 슬릿 5nm(왼쪽); 324nm에서 나프탈렌의 형광 측정을 위한 검량 플롯(동일한 농도의 지점은 평균 계산됨), 들뜸 파장 250nm, 들뜸 슬릿 10nm, 방출 슬릿 5nm

출처: [ASTM D 5412-93\(2000\)에 따라 Cary eclipse 형광 분광 광도계를 이용해 물에서 복잡한 다환 방향족 탄화수소 또는 석유의 정량 분석](#)

# 형광 분광기 기능

낮은 농도에서 형광 강도는 일반적으로 형광단의 농도에 비례합니다.

Quenching 효과가 결과에 영향을 미칠 수 있습니다. Quenching은 주어진 물질의 형광 강도 감소를 나타내며, 들뜸 상태 반응이나 충돌 Quenching과 같은 다양한 과정의 결과일 수 있습니다.

## 형광 분광기

### 장점

- 방향족 및 불포화 화합물에 극히 민감
- 유도체화 또는 태깅을 이용해 다른 화합물에 적용 가능
- 간편한 사용
- 유지보수 빈도 감소

### 제한 사항

- 특정 유형의 화합물로 제한
- 혼합물의 정화가 필요할 수 있음
- Quenching 가능성

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기

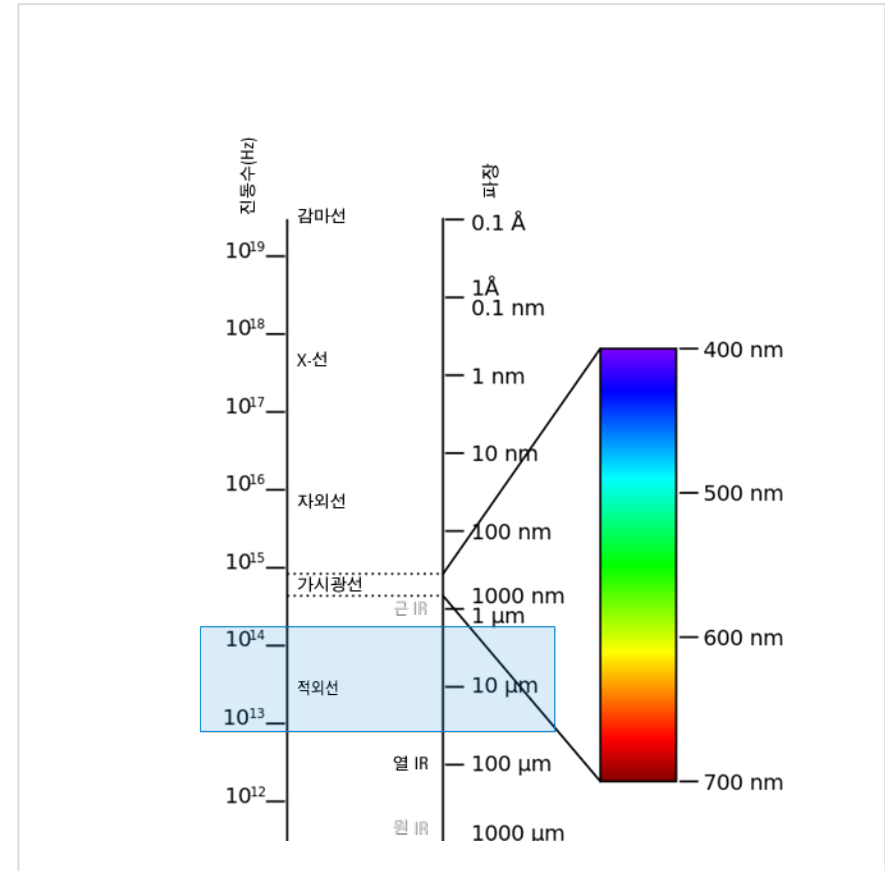
## 일반 사항

적외선 광은 가시광선보다 더 긴 파장과 더 낮은 진동수를 가집니다.

적외선 스펙트럼은 근-, 중-, 원-적외선 방사로 나뉩니다. 가장 일반적으로 사용되는 영역은 중-적외선입니다(진동수:  $4000 \sim 400\text{cm}^{-1}$ ).

FTIR(Fourier transform infrared) 분광기는 고체, 액체 또는 가스의 흡수, 방출, 광전도 또는 Raman 산란의 적외선 스펙트럼을 획득하는 기법입니다.

FTIR 분석기는 넓은 스펙트럼 범위에서 높은 스펙트럼 분리능 데이터를 수집합니다.



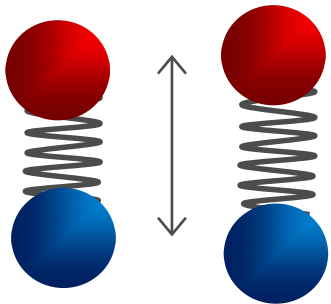
"전자기 스펙트럼", Victor Blacus 제공

출처: 위키피디아

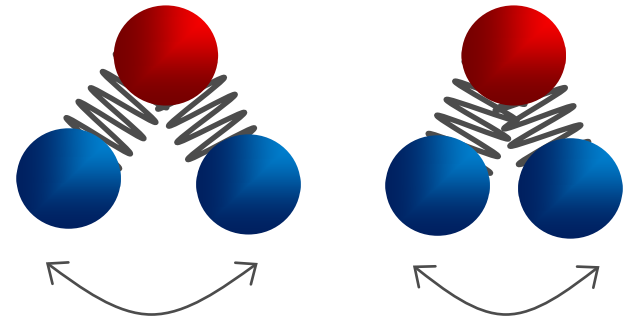
# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기

## 일반 사항

흡수된 적외선이 분자 진동을 일으킬 수 있습니다.  
적외선 분광기는 진폭의 변화를 측정합니다.



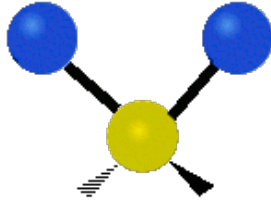
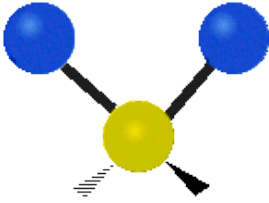
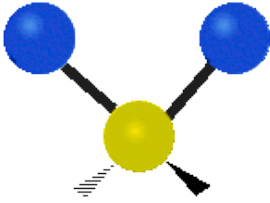
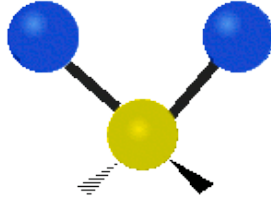
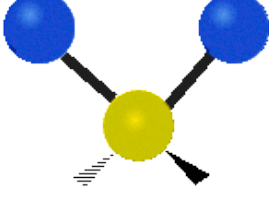
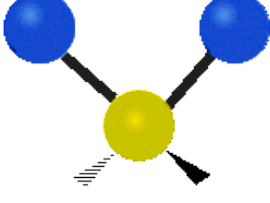
$$\tilde{\nu} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$



$$\mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$$

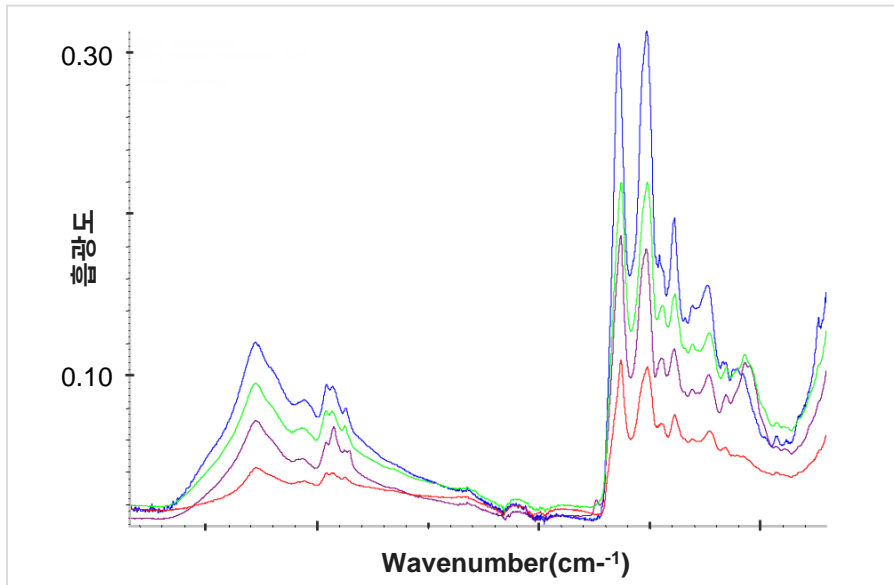
# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기

## 일반 사항

대칭 스트레칭	비대칭 스트레칭	가위질(Scissoring)
		
요동(Rocking)	세로 진동(Wagging)	트위스팅
		

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 일반 사항

- IR-활성 결합으로 피크 생성
- 이러한 결합이 특정 진동수에서 진동
- 피크 위치와 높이의 작은 차이로 구분 가능
- IR 스펙트럼은 화합물의 지문으로 이용 가능



IR





# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기

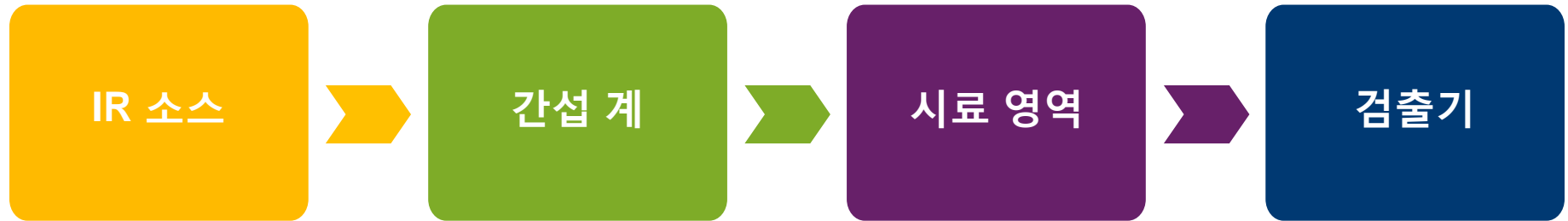
## 일반 사항

### 분자 결합과 파장

결합	진동 유형	Wavenumber 범위(cm <sup>-1</sup> )
C-H	알칸 (스트레치)	3000 – 2850
	-CH <sub>3</sub> (벤드)	1450 & 1375
	-CH <sub>2</sub> (벤드)	1465
	알켄 스트레치	3100 – 3000
	방향족 (면외 방향 벤드)	1000 – 650
C=C	(스트레치)	3150 – 3050
	(면외 방향 벤드)	900 – 600
C≡C	알킨 (스트레치)	~ 3300
	알데히드	2900 – 2700
C=C	알켄	1680 – 1600
	방향족	1600 & 1475
C≡C	알킨	2250 - 2100
C=O	알데히드	1740 – 1720
	케톤	1725 – 1705
	카르복실산	1725 – 1700
	에스테르	1750 – 1730
	아미드	1680 – 1630
	무수물	1810 – 1760

결합	진동 유형	Wavenumber 범위(cm <sup>-1</sup> )
C-O	알코올, 에스테르, 에테르, 카르복실산, 무수물	1300 – 1000
O-H	알코올, 페놀 없음 H-결합 카르복실산	3650 – 3600 3400 – 3200 3400 – 2400
N-H	1차 및 2차 아민 및 아미드 (스트레치) (결합)	3500 – 3100 1640 – 1550
C-N	아민	1350 – 1000
C=N	이민 및 옥심	1690 – 1640

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 일반적인 설정



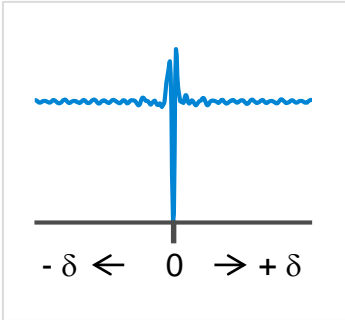
- IR 소스가 적외선 생성(광대역 광원)
- 간섭계(거울상 구성)가 간섭 패턴 생성
- 시료 영역에 시료를 담고, 적외선이 시료 통과
- 검출기가 인터페로그램 생성
- 컴퓨터가 인터페로그램을 스펙트럼으로 변환

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 인터페로그램(interferogram)

인터페로그램(interferogram)은 적외선 강도 대 움직이는 거울 위치의 플롯입니다.

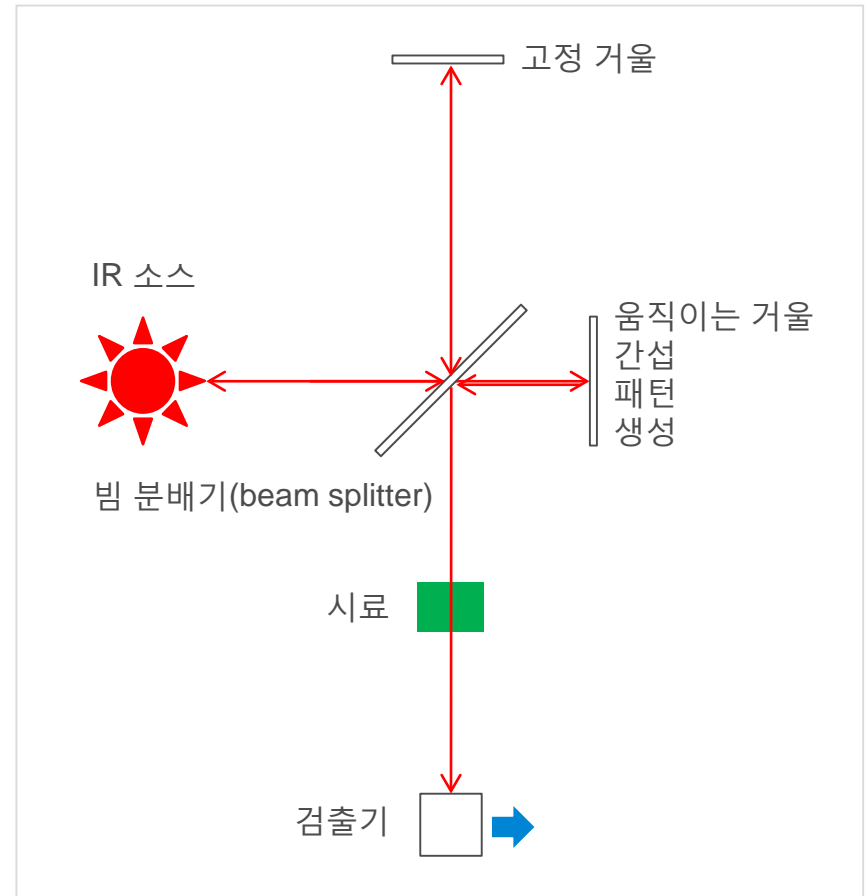
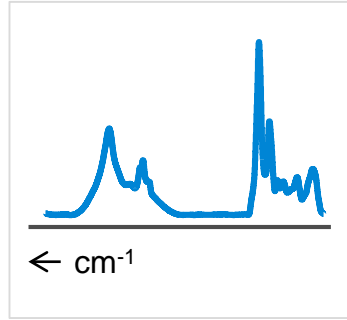
푸리에 변환 알고리즘이 개별 흡수 진동수를 분리하고 강도 대 wavenumber 플롯을 생성하여 인터페로그램(interferogram)을 스펙트럼으로 변환합니다.

인터페로그램(interferogram)



푸리에  
변환

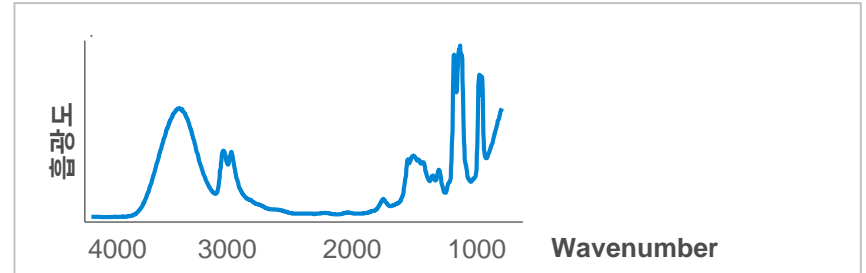
스펙트럼



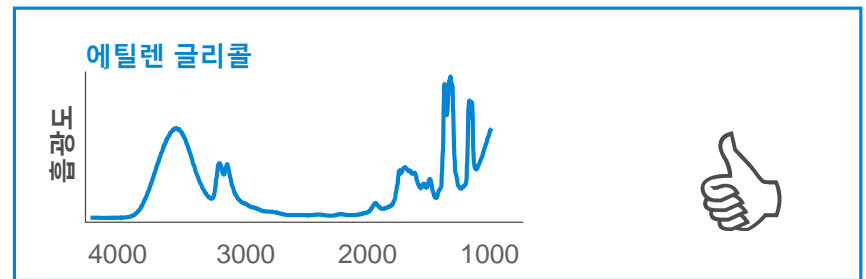
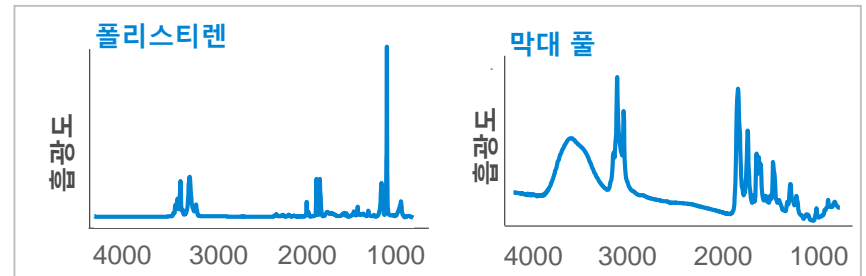
# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 정량 분석

- 화합물을 그 고유 적외선 스펙트럼으로 식별 가능
- 적외선 스펙트럼이 분자 구조의 정보 제공(예: 시안기의 존재)
- 컴퓨터가 화합물 식별을 위해 적외선 데이터베이스 검색 가능

## 1. 미지 시료의 스펙트럼



## 2. 스펙트럼 데이터베이스에 비교

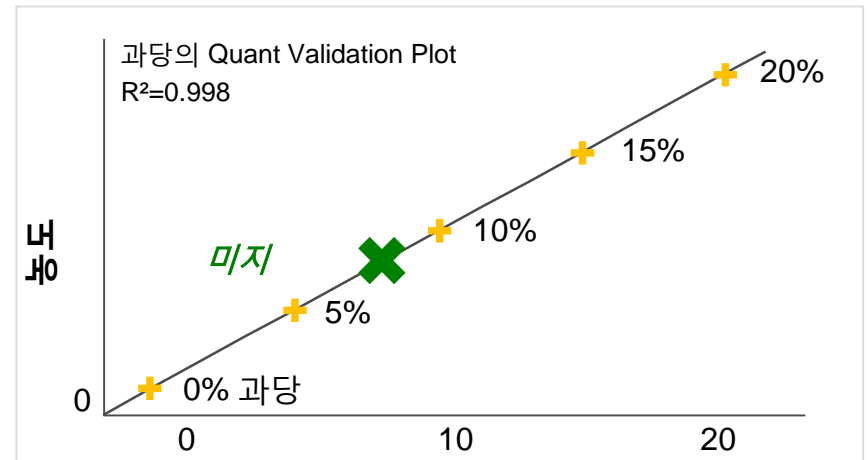
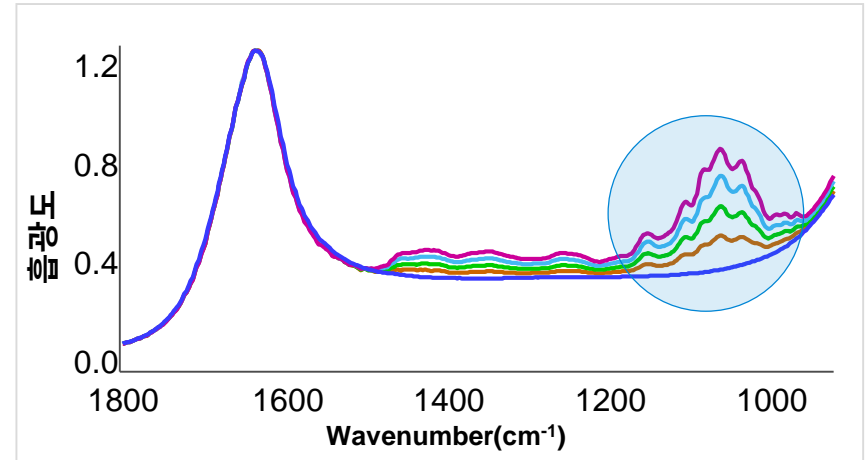


# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기

## 정량 분석

### 정량 분석

- Beer-Lambert 법칙을 FTIR 분광기에 적용 가능
- 흡광도 검량선에 대한 시료 대 표준물질 농도 비교
- 혼합물에 적용 가능 - 동시 정량 분석



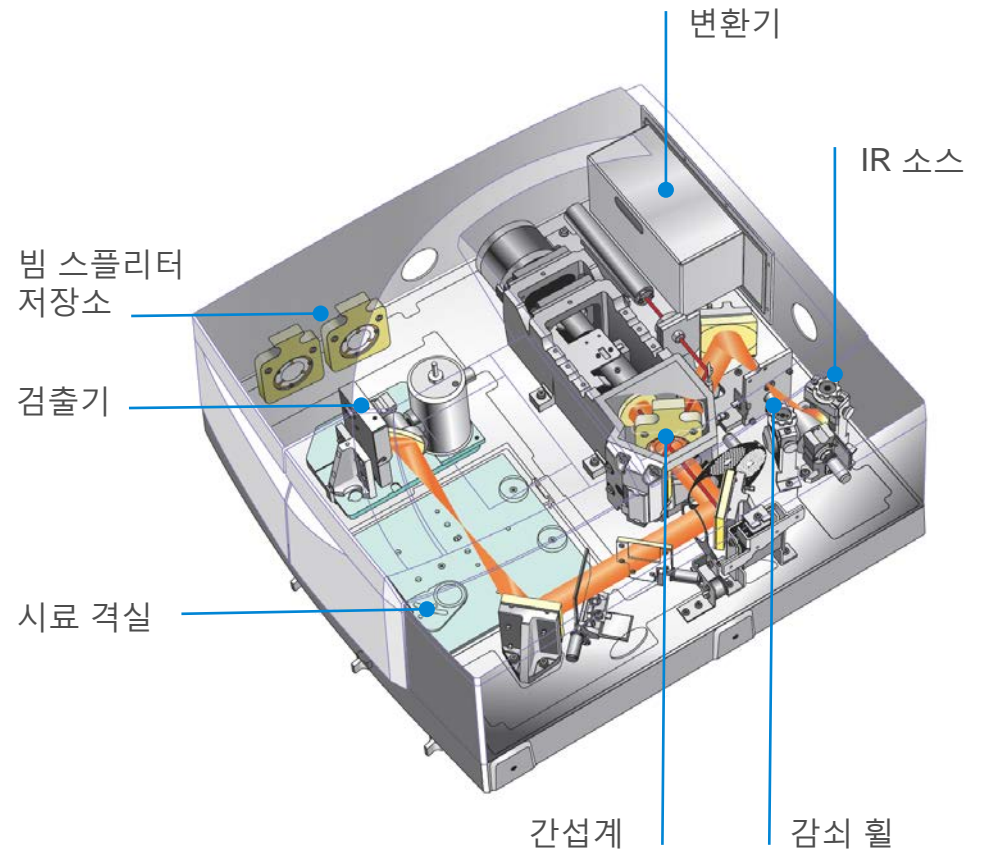
과당 검량선,  
0-20%

출처: 애질런트 내부 교육 자료

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 시스템

## 주요 응용 분야

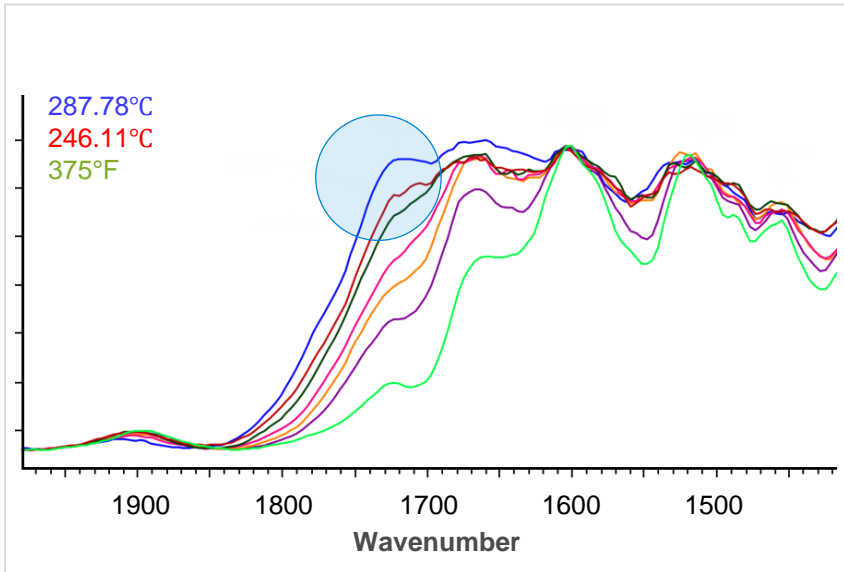
- 생물학적 이미징(조직)
- 화학물질 이미징
- 공정 관리(바이오티셀)
- 중합체/재료 연구/관리
- 법의학 응용분야(혈중 알코올 함유량)



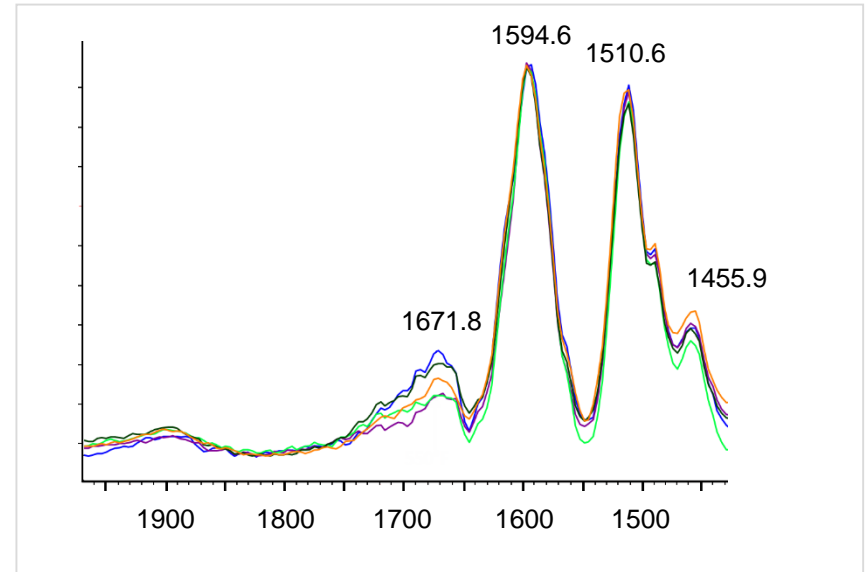
# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 응용 분야

시장	응용 분야
재료	<ul style="list-style-type: none"><li>• 합성물에 대한 열과 UV 손상, 합성물 경화</li><li>• 표면 코팅 식별, 표면 청결 및 전처리, 코팅 마모 및 풍화</li><li>• 품질 관리, 예술 및 역사 자료 보존, 재료 연구</li></ul>
에너지 및 화학	<ul style="list-style-type: none"><li>• 유기 화학물질, 계면활성제, 윤활제 및 식용유를 비롯해 입고 액체 원료와 완제품의 품질 관리</li></ul>
식품	<ul style="list-style-type: none"><li>• 입고 원료 및 완제품의 품질 관리</li></ul>

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 합성물의 손상 확인



열 손상된 Epoxy 1 unsanded tape 합성물질. 합성 쿠폰을 1시간 동안 일정 온도 범위에 노출합니다. 1722  $\text{cm}^{-1}$  (빨간색 원)에서 흡광도 밴드는 수지 산화와 관련된 카르보닐 스트레치 진동으로 올라가며 열 과다 노출을 나타냅니다.



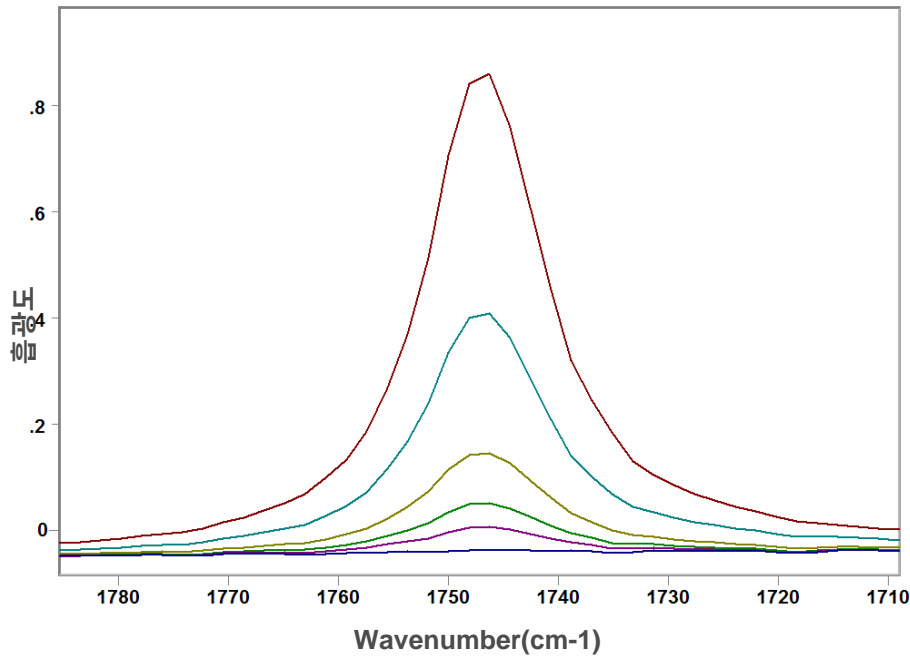
열 손상된 Epoxy 1 sanded tape 합성물질. 합성 쿠폰을 1시간 동안 일정 온도 범위에 노출합니다. 혐기성 환경에서는 1722  $\text{cm}^{-1}$  진동이 없습니다.

1672  $\text{cm}^{-1}$ 에서 흡광도 감소는 온도 노출과 음의 상관관계를 의미합니다.

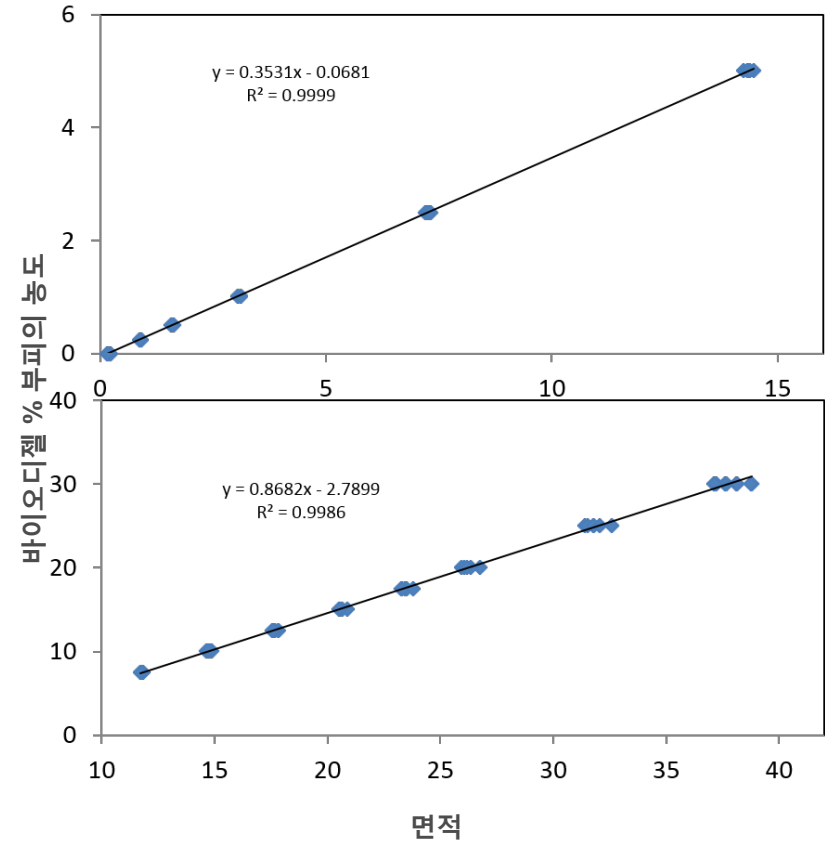
출처: [합성물 온도 손상의 비파괴 평가, Agilent 신제품 핸드헬드 4300 FTIR 이용](#)

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기

## 높은 세탄값 디젤 연료에서 바이오디젤 농도 측정



높은 세탄값 디젤 연료에서 다양한 바이오디젤 농도에 대한 바이오디젤의 중첩 스펙트럼과 검량 흡광도 영역 1713 ~ 1784cm<sup>-1</sup>가 농도 범위 0 ~ 6%의 검량에 사용

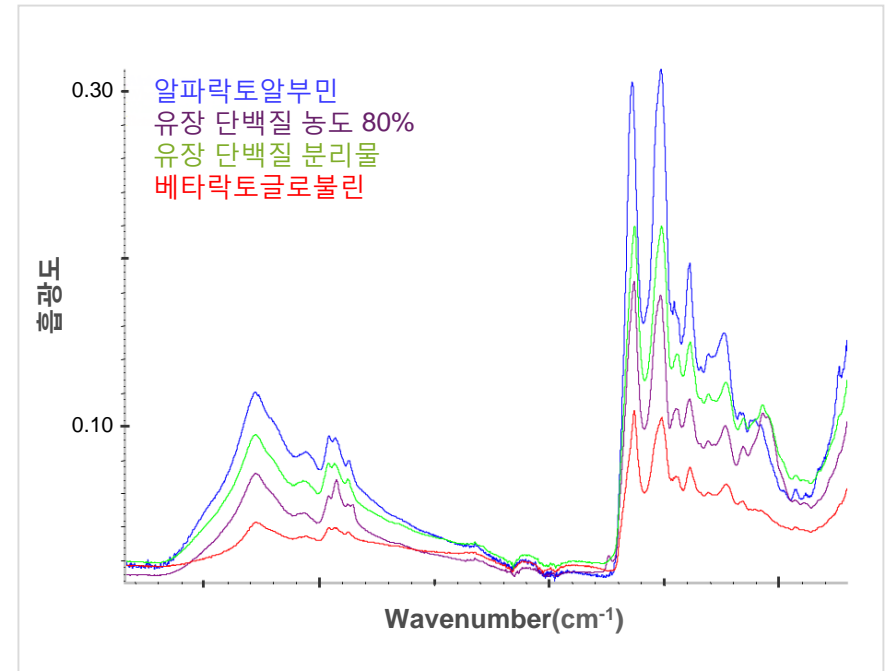


출처: 석유계 디젤 연료 오일에서 바이오디젤에 대한 ASTM D7806-12

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 유제품 분말의 품질 관리

## 다음 방법으로 스펙트럼 수집:

- 소량의 단백질 분말을 다이아몬드 ATR 표면에 배치
- 연결된 압박 클램프를 이용해 다이아몬드 결정에 시료 압착 (클램프에 슬립 클러치하여 과도한 조임 방지)
- 64개의 더해진 스펙트럼 수집 (~30초 수집 시간,  $4\text{cm}^{-1}$  분리능),  $4000 \sim 650\text{cm}^{-1}$  사이



선택되고 Cary 630 ATR-FTIR 분석기에 기록된 유제품 분말의 적외선 스펙트럼

출처: 유제품 분말의 QA/QC, Agilent Cary 630 ATR-FTIR 분석기 이용

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 감자칩에서 아크릴아미드 측정

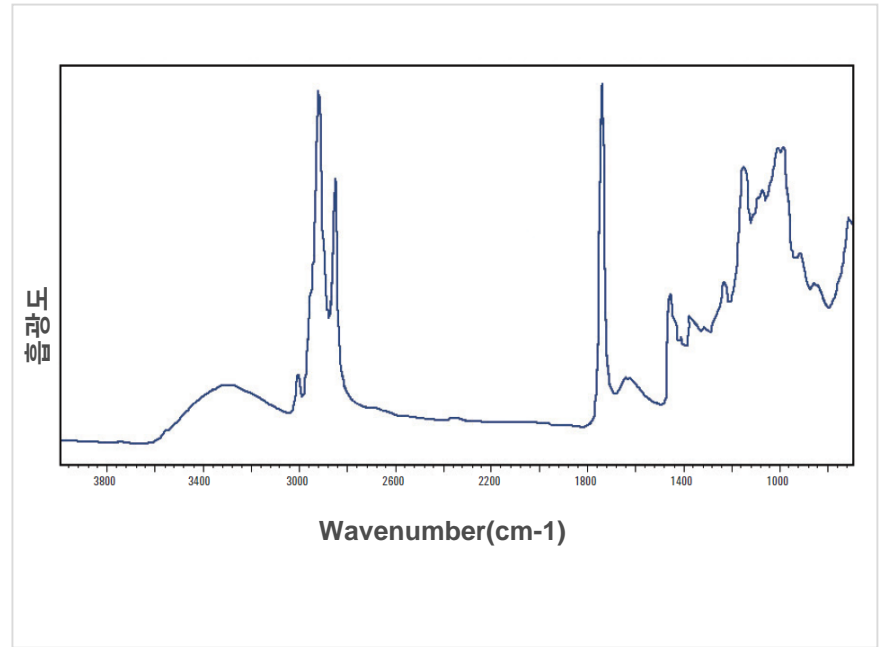
센서	감자칩 종류	인자	SE (µg/L)	r	
휴대용 Cary 630 MIR	a 일반	검량	7	65	0.95
		교차값	7	74	0.93
		예상*	7	75	0.90
	b 양념	검량	7	59	0.96
		교차값	7	75	0.92
	c 스위트	검량	7	74	0.99
		교차값	7	98	0.98

a. "일반"이란 감자, 식물성 기름 및 소금만 들어 있는 감자칩을 의미합니다.

b. "양념"이란 추가 성분이 들어 있는 감자칩을 의미합니다.

c. "스위트"란 단맛이 나는 감자칩을 의미합니다.

\* 일반 감자칩에서만 수행된 독립 변수 예측



휴대용 FTIR 분석기에 단반사 다이아몬드 ATR 시료 기술을 적용하여 측정된 일반 감자칩 케이크의 결과와 스펙트럼

출처: 분자 분광기 공정서 - 식품 품질, 생산 및 안전성 확보

# FTIR(Fourier transform infrared) 분광기 기능

적외선 분광기는 가스, 액체 및 고체를 분석할 수 있는 강력하고 다재다능한 기술입니다.

강도와 위치(진동수) 모두의 관점에서 작용기가 특정 밴드의 근원이 되기 때문에 종종 구조 식별에 사용됩니다.

연구소와 산업용으로 널리 사용되는 간단하고 신뢰할 수 있는 기술입니다.

## 형광 분광기

### 장점

- 간단한 수행
- 빠르고 정확한 분석
- 다양한 시료 유형과 크기 처리 가능
- 정성 분석과 정량 분석 수행 가능
- 대개 시료 전처리가 거의 또는 전혀 필요 없음
- 비파괴

### 제한 사항

- 분자가 적외선과 반응해야 함
- 원소 정보 극소

# 약어

약어	정의
A	흡광도
b	경로 길이(cm)
c	빛의 속도( $3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ )
$\epsilon$	소광 계수 또는 몰 흡광도( $\text{l mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ )
E	진동 전계
$E$	에너지
FTIR	FTIR(Fourier transform infrared)
h	Planck 상수( $6.62 \times 10^{-34} \text{Js}$ )
I	투과 방사
$I_0$	입사 방사
$\lambda$	파장
T	투과율
UV-VIS	자외선 - 가시광선
$\nu$	진동수( $\text{s}^{-1}$ )

# 추가 정보

애질런트 제품에 대한 자세한 정보를 확인하시려면 [www.agilent.com](http://www.agilent.com) 또는 [www.agilent.com/chem/academia](http://www.agilent.com/chem/academia)를 방문하시기 바랍니다.

이 프레젠테이션에 관한 질문이나 제안은 [academia.team@agilent.com](mailto:academia.team@agilent.com)으로 보내주십시오.

발행물	제목	발행번호
초기 역사	"The Early History of Spectroscopy" by Nicholas C. Thomas, <i>J Chem Edu</i> , Vol 68, 6, August 1991	
입문서	<a href="#">UV-visible 분광기의 기초 이론</a>	5980-1397KO
응용	<a href="#">Agilent Cary 7000 Universal Measurement Spectrophotometer(UMS)에서 10Abs 이상의 광학 밀도 측정</a>	5991-2528KO
응용	<a href="#">Agilent Cary 60 UV-Vis 분광 광도계를 이용하여 외부 확산 반사로 직접 캐버스의 도로 색상 측정</a>	5991-3783KO
응용	<a href="#">Agilent Cary 60 UV-Vis 분광 광도계와 광섬유를 이용하여 비색 물질의 광축매 특성에 대한 간단한 자동 측정</a>	5990-7864KO
응용	<a href="#">효모 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>에서 녹색 형광 단백질(GFP)과 그 유도체의 발현: Agilent Cary Eclipse를 이용한 생체 내 검출</a>	SI-A-1831
응용	<a href="#">ASTM D 5412-93(2000)에 따라 Cary eclipse 형광 분광 광도계를 이용해 물에서 복잡한 다환 방향족 탄화수소 또는 석유의 정량 분석</a>	5991-3166KO
응용	<a href="#">Agilent 신제품 핸드헬드 4300 FTIR을 이용한 합성물 열 손상의 비파괴 평가</a>	5991-4037KO
응용	<a href="#">석유계 디젤 연료 오일에서 바이오디젤에 대한 ASTM D7806-12</a>	5991-5591KO
응용	<a href="#">Agilent Cary 630 ATR-FTIR 분석기를 이용한 유제품 분말의 QA/QC</a>	5991-0784KO
응용	<a href="#">분자 분광기 공정서 - 식품 품질, 생산 및 안전성 확보</a>	5991-3818KO
웹사이트	<a href="#">CHROMacademy</a> - 학생과 대학교 직원들을 위한 온라인 수업을 무료로 제공	
동영상 및 이미지	<a href="http://www.agilent.com/chem/teachingresources">www.agilent.com/chem/teachingresources</a>	

# 감사합니다

◀ 목차

발행물 번호 5991-6592KO

교육용  
2016년 3월 7일  
50

 Agilent Technologies

ACADEMIC  
& INSTITUTIONAL  
RESEARCH