

[상위 1% 정보통신]

미래를 밝히는 기술, 스마트 에너지 ICT

사전진단테스트 결과 _ 중급



광기술의 핵심 메커니즘, 제대로 이해하기

1. 반도체 발광의 물리: 밴드갭 엔지니어링

LED가 빛을 낸다는 건 아실 겁니다. 하지만 왜 빨간 LED, 파란 LED, 흰색 LED가 다른 소재로 만들어지는지 아시나요? 핵심은 밴드갭(band gap) 에너지입니다. 반도체에서 전자가 전도대에서 가전자대로 떨어질 때 방출하는 에너지가 빛의 파장을 결정합니다. $E=hf$ 공식에 따라 밴드갭이 크면 짧은 파장(청색), 작으면 긴 파장(적색)이 나옵니다. 적색/녹색은 GaAs, GaP 계열로 비교적 쉽게 구현됐지만, 청색 LED는 GaN(질화갈륨) 개발로 1990년대에야 가능해졌습니다. 이것이 노벨상을 받은 이유죠. 청색 LED + 황색 형광체 = 백색광이 완성되면서 조명 혁명이 시작됐습니다.

2. 레이저의 3대 조건: 유도방출과 공진기

레이저는 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 약자입니다. 핵심은 유도방출(stimulated emission)입니다. 둘째 원자에 특정 파장의 광자가 충돌하면, 똑같은 파장·위상·방향의 광자가 복제되며 빛이 증폭됩니다.

레이저가 작동하려면 세 가지가 필요합니다.

이득 매질(gain medium): 빛을 증폭시킬 물질(기체, 고체, 반도체 등)

펌핑(pumping): 에너지를 공급해 반전분포 상태를 만듦

공진기(resonator): 양쪽 거울 사이에서 빛을 왕복시켜 증폭

결과적으로 단색성, 지향성, 간섭성을 갖춘 빛이 만들어집니다. 이 특성이 정밀 측정(간섭계), 재료 가공(집속 에너지), 광통신(변조 용이)을 가능하게 합니다.

3. 광섬유 통신: 분산과 손실의 싸움

전반사는 기본입니다. 진짜 문제는 장거리 전송에서 신호 왜곡과 약화입니다. 모드 분산은 멀티모드에서 빛이 여러 경로로 진행해 도착 시간이 달라지는 현상입니다. 그래서 멀티모드는 수백 미터 이내만 씁니다. 단일모드는 색분산 문제가 있어 파장에 따라 속도 차이가 생깁니다. 이는 분산 보상 광섬유나 DWDM 기술로 해결합니다. 손실은? 1550nm 파장대에서 감쇠가 최소(0.2dB/km)라 장거리 통신에 씁니다. 30~40km마다 광증폭기(EDFA)로 신호 증폭합니다.



광기술의 핵심 메커니즘, 제대로 이해하기

4. 선택적 광열분해: 의료 레이저 원리

피부과 레이저가 멜라닌만 파괴하고 주변은 안전한 이유는? 선택적 광열분해 때문입니다.

세 조건: 타깃 흡수 파장 선택(멜라닌은 532nm, 755nm 강하게 흡수), 짧은 펄스(타깃이 식기 전 에너지 집중), 적정 에너지 밀도(타깃만 선택적 파괴). 이 원리로 혈관 치료, 제모, 색소 병변 치료가 가능합니다.

5. 스마트 그리드와 광센싱

스마트 에너지에서 광기술은 실시간 모니터링과 제어 핵심입니다.

광섬유 센서(FBG)는 전기 없이 빛의 파장 변화로 온도, 압력, 변형을 측정합니다. 전력 케이블·변압기 상태를 실시간 감시해 전력망 안전 관리에 필수입니다.

LiDAR는 레이저 거리 측정으로 풍력 발전에서 바람을 미리 감지해 터빈을 최적화합니다. 가시광 통신(VLC)은 LED 조명의 깜박임으로 데이터를 전송해 조명+통신을 동시 구현합니다.

6. 양자효율: 성능의 척도

LED/레이저 성능은 양자효율로 평가합니다. 내부 양자효율(IQE)은 주입 전자 중 광자 변환 비율, 외부 양자효율(EQE)은 생성 광자 중 실제 방출 비율입니다.

내부 빛도 재흡수되거나 같히면 손실입니다. LED는 표면 텍스처링, 렌즈 설계, 반사층 최적화로 광추출 효율을 높입니다. 현재 최고급 LED는 200lm/W 이상으로 백열전구(15lm/W)의 10배 이상입니다.

빛의 원리를 '아는 것'에서 '작동 메커니즘 이해'로 넘어가면, 기술의 한계와 가능성의 보이고 실무에서 더 나은 선택을 할 수 있습니다.

