전기 없이 빛으로 동작하는 광컴퓨터 구현

- 빛으로 동작하는 페로브스카이트 광-논리소자 개발

- 하나의 광-논리소자로 5개의 기본 논리연산을 모두 구현 가능

▲ 지스트 정건영 교수

최근 인공지능, 자율주행 자동차, 드론, 메타버스 기술이 미래 먹거리 산업으로 주목받으면서 수많은 정보를 빠르게 계산하고, 처리할 수 있는 차세대 컴퓨터에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 그런데 오늘날 컴퓨터의 두뇌 역할을 하는 전자식 반도체 논리소자*는 초고속 데이터 계산 및 처리능력에 한계가 있으며, 에너지 소모가 크고 열이 많이 발생하는 단점이 있다.

* **논리소자:** 논리소자는 1개 이상의 논리 입력을 일정한 논리 연산 (AND, OR 등)에 의해 출력값을 얻는 소자 또는 회로다. 논리 회로는 주로 다수의 전자식 트랜지스터를 조합해서 만들 수 있다.

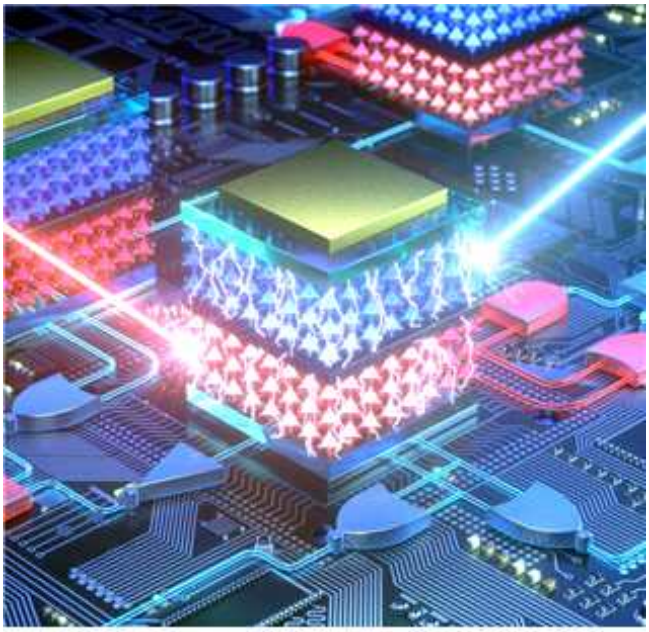
지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 신소재공학부 정건영 교수 연구팀은 한국과학기술연구원(KIST, 원장 윤석진) 센서시스템연구센터 박유신 박사 연구팀과 함께 유·무기 페로브스카이트* 소재를 이용해 빛으로 동작하는 광-논리소자를 기술을 개발했다.

* **유·무기 페로브스카이트:** ABX_3 페로브스카이트 결정구조를 지닌 광-반도체 소재로, 빛을 흡수하여 전기에너지를 만들 수 있는 특성을 가지며 태양전지, 광센서, LED 등 광학 소자의 핵심소재로 활발히 연구 중이다.

연구팀은 물리적으로 에너지 손실이 작은 빛을 입력 신호로 이용하는 광-논리소자에 주목했다. 이를 위해 빛을 흡수하여 전기를 만드는 유·무기 페로브스카이트를 활용했다. 빛 흡수 스펙트럼이 다른 두 종류의 페로브스카이트 박막을 샌드위치처럼 쌓아 올린 적층형 페로브스카이트 광-논리소자를 개발하는데 성공했다.

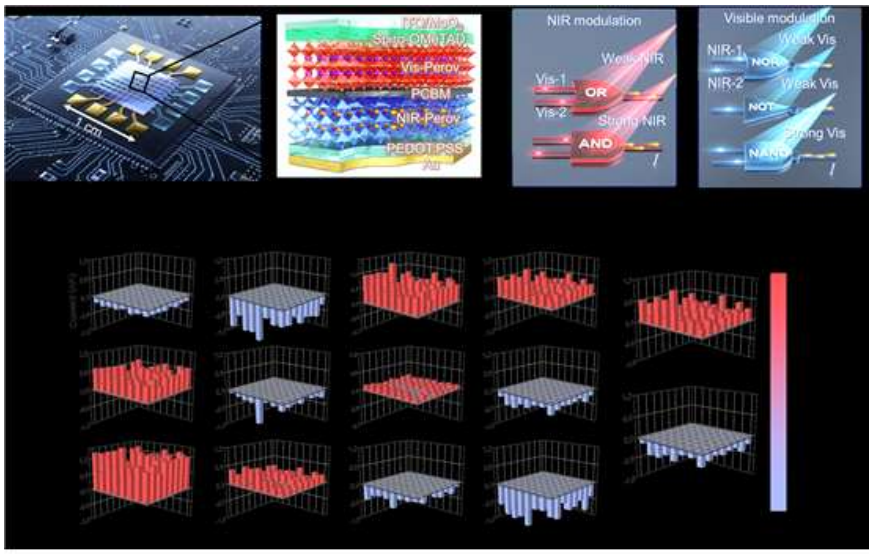
파장과 세기가 다른 두 개의 빛을 입력하면 원하는 이진수 논리연산*이 가능함을 입증했다. 빛을 이용한 광-논리소자는 전기 공급 없이 빛 에너지만으로 동작하므로 무전원 광컴퓨터 프로세서 칩 개발에 대한 기대감을 높였다.

* **논리연산:** 논리연산은 한 개 혹은 두 개의 이진수에 적용되는 연산으로, 정해진 규칙에 따라 결과값을 도출하는 체계를 의미한다.



▲ 페로브스카이트 광-논리소자를 활용한 광컴퓨터용 광-프로세서 칩의 컨셉 아트

기존 논리소자는 한 개의 논리연산만 할 수 있지만, 연구팀이 개발한 페로브스카이트 광-논리소자는 하나의 소자로 AND, OR, NAND, NOR, NOT의 5가지의 서로 다른 기본 논리연산을 모두 구현할 수 있다.



▲ 페로브스카이트 광-논리소자의 모식도와 OR, AND, NAND, NOR, NOT의 논리연산 결과

지스트 정건영 교수는 "본 연구를 통해 개발한 광-논리소자는 5가지 기본 논리연산을 하나의 소자로 구현한 광 컴퓨팅 연구개발의 쾌거이며, 차세대 광통신, 광네트워크, 헬스케어 연구개발에 크게 기여할 수 있을 것"이라고 말했다.

KIST 박유신 박사는 "빛을 입력하여 전기신호를 출력하는 페로브스카이트 광-논리 소자는 광-프로세서 연구개발에 중요한 단초를 제시할 것이며, 향후 초소형·저전력 광센서플랫폼에 활용이 기대된다"고 말했다.

이번 연구는 한국연구재단 중견연구자지원사업과 KIST 기관고유사업(양자센싱원천기술개발)의 지원을 받아 수행되었으며, 과학기술 분야 상위 논문인 '네이처 커뮤니케이션즈(Nature Communications)'에 2022년 2월 7일 온라인 게재되었다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Nature Communications, IF 14.919 (2020년 기준)
- 논문명 : Perovskite Multifunctional Logic Gates via Bipolar Photoresponse of Single Photodetector
- 저자 정보 : Woochul Kim(제1저자), Hyeonghun Kim(제1저자), Tae Jin Yoo, Jun Young Lee, Ji Young Jo, Byoung Hun Lee, Assa Aravindh Sasikala, Gun Young Jung(교신저자) & Yusin Pak(교신저자)

용 어 설 명

1. 유·무기 페로브스카이트

○ ABX_3 페로브스카이트 결정구조를 지닌 광-반도체 소재로, 빛을 흡수하여 전기에너지를 만들 수 있는 특성을 가지며 태양전지, 광센서, LED 등 광학 소자의 핵심소재로 활발히 연구 중이다.

2. 논리소자

○ 논리소자는 1개 이상의 논리 입력을 일정한 논리 연산 (AND, OR 등)에 의해 출력값을 얻는 소자 또는 회로다. 논리 회로는 주로 다수의 전자식 트랜지스터를 조합해서 만들 수 있다.

3. 논리연산

○ 논리연산은 한 개 혹은 두 개의 이진수에 적용되는 연산으로, 정해진 규칙에 따라 결과값을 도출하는 체계를 의미한다.