



GIST(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시

배포 즉시 보도 부탁드립니다.

보도자료

대외협력팀 김미연 팀장

062-715-2020 / 010-5302-3620

담당

대외협력팀 이나영 행정원

062-715-2024 / 010-2008-2809

자료 문의

기계공학부 왕세명 교수

062-715-2390 / 010-9431-2390

아무것도 없는 것처럼... 수중 스텔스 가능해진다

- 반사 없이 음파 투과하는 '제로 굴절률 메타물질' 개발
- GIST 왕세명 교수 공동 연구팀, 수중에서 음파를 반사시키지 않고 들어온 그대로 투과시키는 물질 개발

물속에서는 전자파나 레이더가 닿지 않기 때문에 음파를 쏜 다음 반사된 파동으로 물체를 탐지한다. 음파는 물체가 있으면 반사되고 없으면 계속 나아간다. 그런데 누구나 알만한 이 상식을 깨는, 그 자리에 있지만 없는 것처럼 탐지되는 물질이 탄생했다.

□ 국내 연구진이 수중에서 음파를 반사시키지 않고, 들어온 그대로 투과시키는 물질을 개발했다. 마치 물체가 존재하지 않는 것과 같은 효과를 낼 수 있어 수중 스텔스의 핵심기술로 적용될 것으로 전망된다.

□ GIST(지스트, 총장 문승현) 기계공학부 왕세명 교수팀과 한국표준과학연구원(KRISS, 원장 박상열) 안전측정센터 최원재 책임연구원 공동 연구팀은 제로 굴절률의 메타물질을 구현하고 수중실험에 성공했다.

- 이 메타물질은 음파를 투과시킬 뿐만 아니라 원하는 방향으로 제어할 수 있어 군사, 기계, 의학 등 다양한 분야에 적용 가능하다.

□ 최근 자연계에 없는 특성을 가진 메타물질(Metamaterial)에 대한 관심이 뜨겁다. 투명망토는 메타물질을 활용한 가장 대표적인 기술로 꼽힌다. 투명망토는 원래 양(+)의 방향으로 굴절되는 빛을 극단적으로 제어하고, 나아가 음(-) 또는 제로(0) 굴절률까지 구현한 덕분에 탄생했다.

□ 빛뿐만 아니라 소리의 영역도 마찬가지다. 빛의 굴절을 제어하여 망토가

투명해졌듯이, 음향의 굴절률을 제로로 제어한다면 음파로 탐지하는 수중에서 투명망토와 같은 스텔스 효과를 볼 수 있는 것이다.

- 하지만 수중 스텔스를 가능케 하는 수중 음향의 제로 굴절률은 컴퓨터를 이용한 가상의 실험으로만 보고되어왔다. 수중에 있는 물질이 물보다 음향의 전달속도가 느려야만 굴절률 제어가 가능하다는 그동안의 가설 때문이었다.
 - 가설대로라면 공기처럼 소리 전달속도가 느린 물질을 물속에 배치해야 하는데, 이는 현실적으로 불가능하다.
- 공동 연구팀은 기존의 ‘느린 물질 가설’을 뒤집는 결과를 제시했다. 발상을 전환하여 물보다 전달속도가 세 배 이상 빠른 구리를 규칙적으로 배치함으로써, 제로 굴절률의 음향양자결정(Phononic Crystal) 메타물질을 구현한 것이다.
 - 연구팀은 새로운 ‘빠른 물질 가설’이 기존 가설과 정반대의 개념이 아니라, 결정구조의 대칭성으로 연결시킬 수 있다는 사실 또한 밝혀냈다. 향후 제로 굴절률 연구의 이론적 토대가 마련된 셈이다.
- 제로 굴절률 메타물질에 음파를 쏘면 물질 끝단에서 통과하기 직전과 동일한 위상의 파동이 나온다. 파동의 끊김이나 왜곡 없이 계속 진행되는 것처럼 보이는 이유가 여기에 있다. 아울러 메타물질 끝단의 형태에 따라 음파를 모을 수도, 퍼져 나가게 할 수도 있다.
- 왕세명 교수는 “음향을 원하는 방향으로 제어할 수 있어 기계 및 의학 산업은 물론 건축현장에서 층간소음의 근본적인 문제 해결에도 적용할 수 있을 것이다” 라고 했으며, KRISS 최원재 책임연구원은 “잠수함 표면을 메타물질로 설계한다면 음파탐지시스템으로 결코 관측되지 않는 스텔스 잠수함을 만들 수 있다” 고 밝혔다.
- 국가과학기술연구회 창의형융합연구사업의 지원을 받은 이번 연구결과는 융합과학분야의 세계적 학술지인 사이언티픽 리포트 (Scientific Reports - IF: 4.259)에 5월 게재되었다.

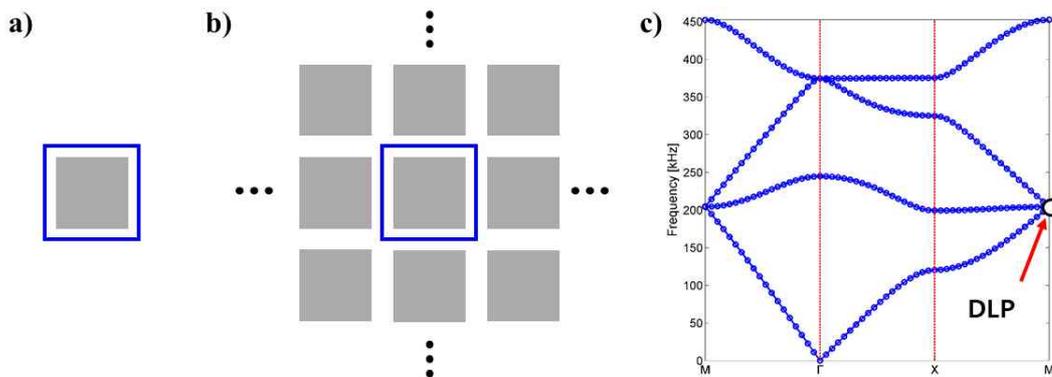
연구성과 관련 추가 설명

○ 음향양자결정(Phononic Crystal)

- 음향제어를 목적으로 설계된 단위 셀(Unit-cell)의 주기적인 반복 구조를 의미한다.
- 일반적으로 단위 셀은 함유물(Inclusion)이 주변물(matrix)에 둘러 쌓여있는 구조이며, 본 실험에서 함유물은 구리이고 주변물은 물이다.

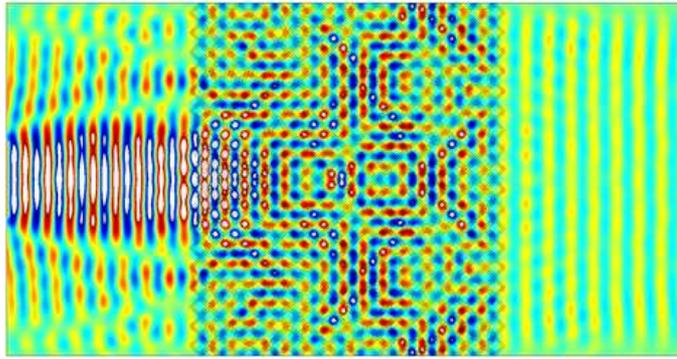
○ 디락유사점(Dirac-Like Point: DLP)

- 투과율이 높은 제로 굴절률을 구현하기 위해서는 물질의 구조에서 디락유사점이라는 물리적 지점을 찾아야 한다.
- 디락유사점은 그래핀에서 형성되는 디락점(Dirac point)과 유사하지만 조금 다른 특성을 갖기 때문에 붙여진 이름이다. 음향 메타물질의 디락유사점에서는 밀도와 탄성률의 역수가 영(zero)에 가까워져서 굴절률이 0이 되는 특성이 발견되었다.
- 이러한 디락유사점의 특성을 가지는 제로 굴절률 메타물질은 투과율이 좋아 적용성이 높고 다양한 분야에 응용이 가능하다는 특징을 가진다.
- 연구팀은 디락유사점을 가진 제로 굴절률 음향메타물질을 찾기 위해 결정구조 간 거리 및 크기를 최적화하는 독자적인 알고리즘을 개발했다.



▲ 제로 굴절률 메타물질의 구조

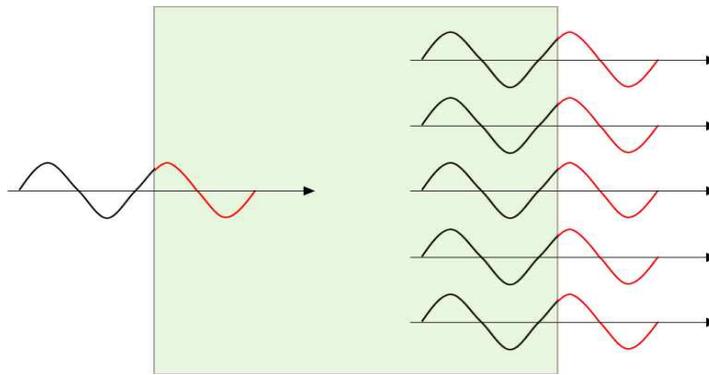
- a) 단위구조 b) 단위구조가 모여 생성된 음향양자결정
- c) 음향양자결정의 분산 곡선: 세 개 곡선이 모이는 지점이 디락유사점(DLP)



▲ 최적화 알고리즘이 적용된 메타물질에 음파를 발사하는 시뮬레이션 결과

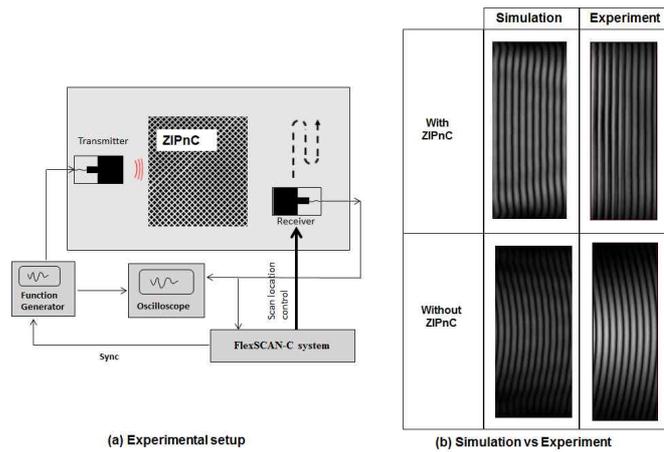
- 물질의 끝단(3분의 2 지점)부터 평면파가 발생하는 것을 볼 수 있다.

※ 평면파: 파면의 모양이 직선으로 진행되는 파동, 특정 지점에서 위상이 동일한 경우 생성됨



▲ 평면파를 위상으로 표현한 개념도

- ex) 메타물질로 들어갈 때 파동의 위상이 1이라면, 제로 굴절률 메타물질 끝단에서 나올 때의 위상 역시 1이다. (메타물질이 없다고 간주하면, 파형에 변화가 없는 것처럼 보임)



(a) Experimental setup

(b) Simulation vs Experiment

▲ 제로 굴절률 메타물질 실험 세팅 및 결과.

- (a) 실험 세팅 개념도 (b) 메타물질 유무에 대한 시뮬레이션 및 실험결과 : 메타물질을 통과했을때만 위상이 동일한 평면파(직선의 파동)가 생성됨

○ 연구성과 응용 분야

1. 군수분야: 스텔스 잠수함

- 수중에서는 음향을 이용하여 어류나 잠수함 등의 위치를 탐지한다. 제로 굴절률 메타물질로 잠수함을 설계하면 음향이 잠수함에서 반사되지 않고 투과하게 되는 이른바 스텔스 잠수함을 설계할 수 있다.

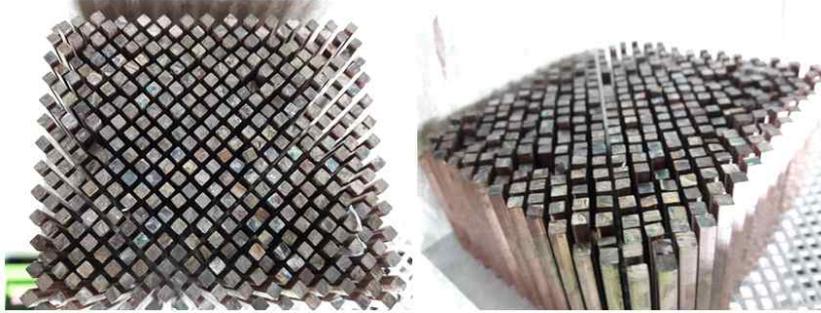
2. 음향분야: 최적 음원 설계

- 음향시스템 혹은 센서를 테스트하기 위해서는 구형파 혹은 평면파와 같은 이상적인 표준음원이 필요하다. 제로 굴절률 메타물질을 이용하면 이상적인 음원을 설계하여 음원의 표준으로 활용할 수 있다.

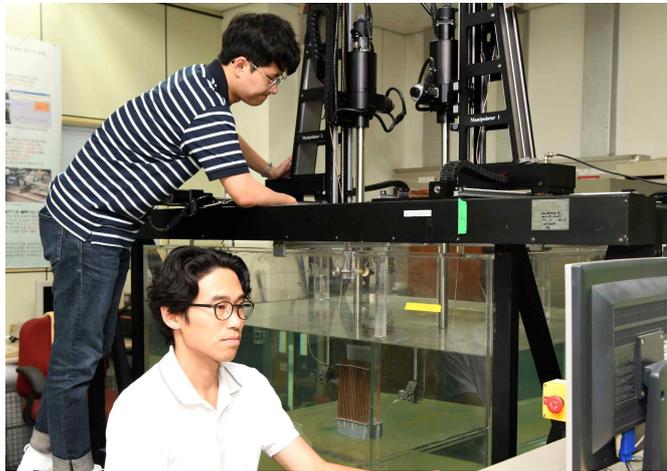
3. 건축/기계 분야: 진동 소음 제어

- 건축내부 혹은 기계부에서 발생하는 소음은 언제나 저감의 대상이 된다. 제로 굴절률 메타물질을 이용하여 진동 및 소음을 원하는 방향으로 우회시키고, 에너지 하베스팅 등 에너지 수집용으로 사용하면 에너지 취득 및 진동 저감을 동시에 실시할 수 있다.

연구성과 관련 사진



▲ 연구진이 개발한 '제로 굴절률 메타물질'



▲ KRISS 최원재 책임연구원(아래쪽) 연구팀이 제로 굴절률 메타물질을 이용하여 수중실험을 하고 있다.



▲ KRISS 최원재 책임연구원(왼쪽) 연구팀이 제로 굴절률 메타물질을 이용하여 수중실험을 하고 있다.