

특집편집기

테라헤르츠 응용기술 동향

강 광 용
한국전자통신연구원

테라헤르츠(THz)파가 광파의 특성인 직진성과 전파의 특성인 투과성을 함께 보유하기 때문에, 소재/소자/부품(모듈)/시스템을 아우르는 핵심적인 THz 기술 개발에서는 전자공학(예, 나노 일렉트로닉스)과 광공학(예, 초고속/초광대역 포토닉스 기술) 기술을 모두 이용할 뿐만 아니라, 양쪽 분야의 가고 역할까지 하는 실질적 융합 기술이므로 향후에는 THz 기술의 활용 분야도 대단히 많을 것으로 판단됩니다. 그리고 마지막 남은 광활한 주파수 대역(또는 전파 자원)을 개척하기 위하여, 선진국을 중심으로 박차를 가하고 있는 기술 개발 경쟁은 천연 자원(예로서, 희토류 금속) 확보 경쟁만큼이나 치열하게 전개될 것이라는 것도 미루어 짐작할 수 있습니다. 따라서 해를 거듭할수록 학문적 깊이를 더하는 테라헤르츠 기초(원천) 기술에 대한 연구 개발뿐만 아니라, 삶의 질 향상을 도모할 수 있는 THz 응용 및 상용 기술 확보를 위한 연구 개발도 강도 높게 전개될 것입니다.

최근에 추진되고 있는 테라헤르츠파 연구 개발의 속도와 연구 개발의 내용을 들여다보면, THz-파의 특성을 보다 깊이 이해하려는 방향과 THz-파 기술을 보다 더 산업쪽으로 이행하려는 등 기술 경쟁력과 산업 경쟁력 확보 측면에서 큰 진전을 보여주고 있습니다. 즉, THz-파가 갖는 독특한 성질인 전파의 투과성, 광파의 직진성 그리고 무엇보다도 인체 무해성 등은 새로운 분광 및 이미징 기술을 눈부시게 발전시키고 있으며(3D 테라헤르츠 토모그래피 기술 포함), 일부 선진국의 기업체에서 상용 제품도 출시

하고 있습니다.

한편, 테라헤르츠 주파수 영역과 관련된 소재들에 대한 스펙트럼에는 분자의 진동(요동)이나 회전 등 분자 내 진동과 분자 간 진동이 포함되어 있는 것으로 알려져 있습니다. 이러한 분자 진동에 의해 전자기파가 흡수를 받아 다양한 스펙트럼을 나타내며, 동시에 수많은 그리고 다양한 시료가 존재하기 때문에 THz 주파수 영역의 스펙트럼 관련 데이터량은 가히 방대할 것으로 생각됩니다. 그리하여 체계적인 소재 분석과 소재 개발을 위해서는 THz 주파수 영역의 소재들에 대한 분광 스펙트럼의 데이터베이스(DB)가 아주 중요합니다. 따라서 THz 응용 분야를 확대해 가면서 산업화로 이행시키기 위한 기초/원천 연구로서 THz 주파수 영역과 관련된 다양한 소재들(특히, 유기물, 바이오 재료 등)의 고유한 스펙트럼을 DB화하는 것은 물론이고, 주요 물성값(굴절률, 유전율, 투과율 흡수계수 등)을 정확히 측정할 수 있는 분광/이미징 시스템을 구축(상용화)하여야 합니다. 그래서 다양한 연구 기관, 대학교 및 산업체에서 편리하게 활용하고, 연구 개발에 활용케 하자는 것입니다.

세계적으로, THz 기술의 3대 응용 분야로서 분광, 이미징(센싱), 통신 분야로 대별하는 바, 대체로 인정하는 분위기인데, 최근에는 이들 기술 분야와 관련된 초기 단계의 상용 제품도 출시되고 있습니다. 따라서 3대 응용 분야를 중심으로 주요 이슈만을 약술하면서 특집편집기에 가름하고자 합니다.

전술한 바와 같이 THz-파는 파장이 수십 mm~수

mm로 길어서 가시광선에서는 불투명한 종이, 섬유, 분말 등을 투명하게 하고, 심지어 다양한 플라스틱도 THz 대역에서는 투명합니다. 이러한 특징을 이용하여 공항/항만용 검사/검색 시스템을 개발할 수 있으며, 향후에는 철도역이나 버스 터미널에서 승객 및 화물의 차폐, 데이터센터의 출입 관리 등에 THz 이미징 기술이 활용될 수 있습니다. 또한 THz 대역의 지문 스펙트럼(물질의 고유 물성)을 이용하여 밀봉 상태로 배달된 우편물, 택배 화물 등을 개봉없이도 검사/검색할 수도 있습니다.

THz기술로 검사/검색할 경우, 영상 기술이나 분광 기술이 필요하며, 향후 분광분석력을 향상시키기 위해서는 고출력 광원 개발, 검출기의 고감도화 및 시스템의 병렬 개발 등이 요구됩니다. 특히, 휴대 및 이동이 가능한 소형/경량/저가형 시스템을 구현하는 데는 반도체 기반(SiGe, CMOS, RTD) 센서 및 신호 증폭기의 개발이 필수적인데, 더욱 중요한 것은 이들을 구성하는 요소 기술인 초고주파 트랜지스터, 믹서 및 소자의 집적화 기술 등이 선행되어야 합니다. 최근, THz 검출 기술에는 고속 이미징 기술이나 공간 분해 측정 가능 기술이 요구되면서, 비냉각 검출기 어레이 등의 이미징(집적)소자(SiGe, CMOS 기반)와 미약한 광을 검출하기 위한 THz 광 검출기, 근접장이나 플라즈몬닉스를 이용한 나노 프로브 등이 개발되고 있습니다.

정보 통신 분야에서, 테라헤르츠파 무선통신은 이미 100 GHz 이상의 주파수 대역에 대응하는 무선통신 시스템이 개발되었고, 지금은 300~500 GHz 대역을 이용하려는 연구 개발이 진행되고 있습니다. 주로, 옥외 및 가설 회의장의 각종 이벤트, 쓰나미 현장, 대형 산불 및 지진 발생지 등의 대규모 재해 지역에 대한 중계 방송, 그리고 원격 의료와 같은 다차원 영상을 전송할 때 필요한 기술입니다. 이와 같이 THz 무선 통신 기술을 이용하면 데이터 신호의 무압축 및 실시간 전송이 가능하며, 동시에 고속(10

Gbps)/대용량(TB) 정보 전송 기술이므로 점차 그 중요성이 점차 증가하고 있습니다.

또한, THz-파 통신을 기존 또는 미래의 광통신과 끊임없이(seamless) 접속하는 기술도 핵심입니다. 그리고 차세대 정보 처리 작동 원리에 대응할 수 있는 핵심 소자들로는 2차원 전자 플라즈몬 및 전자 핵스핀 소자와 물질의 양자(quantum)를 최대한 활용하는 양자 비트, 생체 관련 고분자의 기능성을 활용하는 분자 소자, 그리고 정교한 초격자의 특성을 이용하는 이중 소자들의 집적화 기술을 기반으로 하는 양자 소자(예, 양자 폭포 레이저(QCL)) 기술 등이 절실하게 요구됩니다.

이러한 상황에서 한국전자과학회(KIEES)가 테라헤르츠 기술 분야를 택하여, 국내외 전문가 17분을 모시고 양일간(6월 23~24일)에 걸쳐 국제워크숍을 개최하게 된 것에 대하여 커다란 의미를 부여하고 싶습니다. 국내 테라헤르츠파 기술 관련 연구 개발을 활성화 및 체계화하기 위한 일환으로, 국내의 정부 출연 연구원 및 대학교의 연구 결과를 발표하고, 동시에 선진 연구기관의 저명 연구자를 초빙하여 우리나라의 테라헤르츠파 기술의 현주소와 경쟁력 여부 등을 진단하고 토론하는 소통의 마당놀이(?)를 가졌습니다.

여기에서 발표된 내용으로는 최근 초미의 관심사인 QCL(Quantum Cascade Laser) 기술을 비롯하여 분광/이미징/센싱/통신과 관련된 핵심 원천 및 응용 기술이 발표되었고, 이를 뒷받침할 수 있는 THz 전자 소자, 무선 통신 기술 및 정보 처리 기술, 그리고 THz 메타 물질 구조(Nature지에 게재된) 등, 우수한 연구 내용과 개발된 기술들이 발표되었습니다. 그리고 매년 해를 거듭할수록 THz-파 기술이 우리나라에서도 매우 중요한 과학 기술 분야로 자리매김할 수 있도록, THz-파/광파 기술 워크숍을 훌륭하게 육성되도록 노력코자 합니다.

끝으로 전자파기술 특집호, “테라헤르츠 응용 기

술 동향”에 옥고를 집필하여 주신 (주)KMAC 연구소장 백문철 박사님은 “다결정-GaAs 박막의 테라헤르츠파 검출 특성 분석”이라는 주제로, 한국전기연구소의 김정일 박사님은 “능동형 테라헤르츠파 영상 기술”이라는 주제로, 그리고 광주과학기술원(GIST)의 유난이 박사님은 “준위상정합 광소자를 이용한 테라헤르츠파 발생과 검출”이라는 제목으로, 연세대

학교 의과대학의 오승재 박사님은 “의생명과학 연구를 위한 THz 기술”이라는 주제로, 끝으로 ETRI의 강광용 박사님이 “테라헤르츠파 기술의 표준화”라는 제목으로 귀중한 원고를 보내주셨습니다. 이로써 총 5 개 분야의 THz 응용 기술이라는 주제를 가지고 이번 특집호를 낼 수 있게 되었으므로 여러분들께 깊은 감사를 드립니다.

≡ 필자소개 ≡

강 광 용



1975년: 서울대학교 섬유공학과 (공학사)

1982년: 국립경상대학교 물리학과 (이학석사)

1988년: 부산대학교 물리학과 (이학박사)

1989년~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원, 테라헤르츠연구팀장

[주 관심분야] 강상관전자계 소재/소자, 고온초전도 소자/시스템, THz 소재/소자/시스템(분광/이미징) 개발