

원적외선 자유전자레이저에 의해 여기된 표면파를 이용한
금속의 광학 상수 측정 및 분석

Measurement and Anaysis on the Optical Constants
of Metals by Using FIR FEL-Excited
Surface Electromagnetic Wave

차혁진, 정영욱, Grigori M. Kazakevitch*, 이병철, 박성희,
Guerman N. Zhizhin**, Vitaliy V. Zavialov***, Alexey K. Nikitin****, 박승한*****

한국원자력연구소 양자광학기술개발부, *Budker Institute of Nuclear Physics of RAS,
Science and Technology Center of Unique Instrumentation of RAS, *P. L. Kapitza
Institute for Physical Problems of RAS, ****People's Friendship University of Russia,
*****연세대학교 물리학과
ex-hjcha@kaeri.re.kr

한국원자력연구소에서 가동중인 마이크로트론 구동형 소형 자유전자레이저의 발진 파장 영역은 100~300 μm 이다⁽¹⁾. 응용 분야로 원적외선 영상, 분자 분광학, 고체 물리, 표면 물리에 관한 실험이 계획 또는 진행 중이다. 100 μm 대역의 원적외선은 고출력 광원 자체가 미미하고, 특히 이러한 파장 영역에 대한 금속이나 유전체의 광학 특성과 관련된 기존의 보고 자료가 거의 없다. 한국원자력연구소의 원적외선 자유전자레이저를 이용한 고체·표면 물성 실험은 THz 연구의 활성화로 관심이 높아지고 있는 원적외선 물성 특성 연구에 많은 기여를 할 것으로 기대된다. 현재 원적외선(THz) 자유전자레이저 빔을 시료의 표면에 조사해 발생된 표면파(surface electromagnetic wave)를 이용하여 나노 크기의 두께를 갖는 금속 자연 산화막의 굴절률 및 흡수 계수를 측정하는 실험이 한·러 공동 연구로 진행 중이다.

집속된 자유전자레이저 빔이 시료위의 고정된 슬릿을 통과하여 회절되고, 이때 시료의 표면에서 여기된 표면파가 시료 끝부분까지 진행한다. 끝부분까지 도달한 표면파는 다시 회절되어 벌크파로 변환되고, 이는 슬릿에서 처음에 발생된 벌크파와 간섭하여 스크린 상에 간섭 무늬를 형성한다. 간섭 무늬로부터 측정된 최대값 각각의 차수, 스크린 상의 위치와 기하학적 광 경로차에 의한 식으로부터 시료의 굴절률을 계산할 수 있고, 슬릿으로부터 시료 끝부분까지의 거리를 변화시켜가며 여러번 측정된 결과로부터 시료의 흡수 계수를 측정할 수 있다⁽²⁾. 또한 레이저 빔의 파장 변화에 따른 광학 상수의 변화로부터 시료의 분산 관계에 관한 정보를 얻을 수 있었다.

시료로는 알루미늄, 구리, 크롬, 스테인리스 스틸 등의 금속을 사용하였다. 슬릿의 크기와 슬릿으로부터 시료 끝부분까지의 거리, 검출기로 주사하는 스크린의 위치가 최적화되었다. 액체 헬륨으로 냉각된 Ge:Ga 검출기에 의해 간섭 무늬의 출력이 정밀 측정되었고, 이러한 시그널은 자유전자레이저 빔이 시료에 도달하기 전에 빔 분할기에 의해 반사되어

pyroelectric 검출기에 의해 측정된 기준 빔에 의해 정상화(normalization)되었다. 스크린 상에서 검출기로 주사하는 각각의 위치마다 정상화된 출력이 8개의 레이저 펄스에 대하여 평균되었다.

간편한 간섭 무늬 측정 방법으로 시료의 광학 특성을 분석할 수 있었고, 측정된 광학 상수를 이용하여 시료의 유전율을 계산할 수 있었다. 원자나 분자의 결합과 구성이 시료의 표면과 벌크에서 각각 다르기 때문에 광학 상수의 값에 차이가 있을 것으로 예상된다.

[참고 문헌]

1. Young Uk Jeong, et al., "Upgrade of a compact FIR FEL driven by a magnetron-based microtron for the wavelength range of 100-300 μm ", Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. A 507 (2003) 125-128
2. G. N. Zhizhin, et al., "Free-electron laser for infrared SEW characterization surfaces of conducting and dielectric solids and nm films on them", Appl. Phys. A 67, 667-673 (1998)

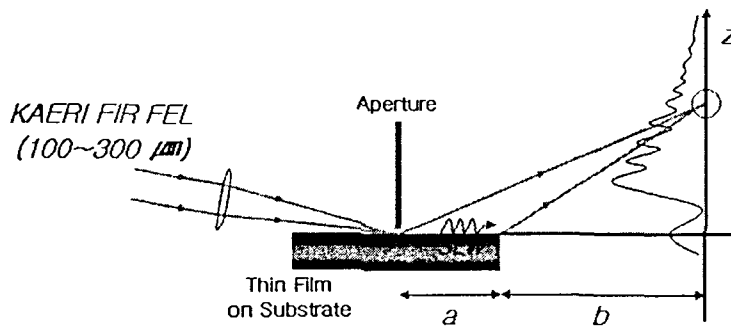


그림 1. 시료의 광학 상수를 측정하기 위한 실험 구성도

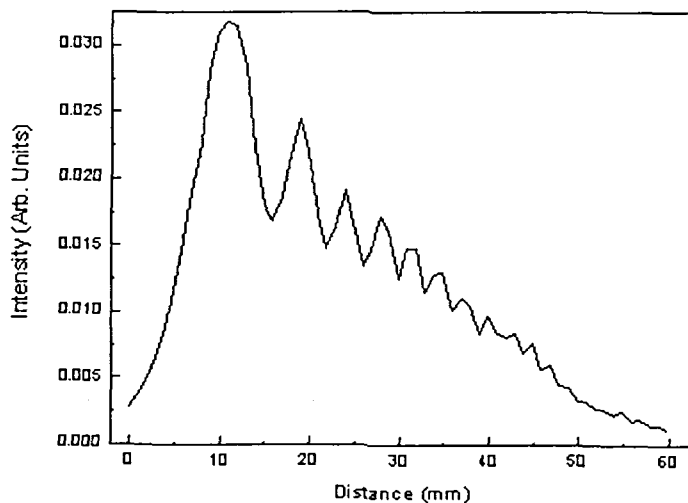


그림 2. 표면파와 벌크파에 의해 형성된 전형적인 간섭 무늬 (알루미늄)

