

[III~1] [초청]

Fe, W 과 Cu 에서의 스핀편극

(Spin polarisation in Fe, W and Cu)

W.G. Park*, Ch. Roth, H.B. Rose, F.U. Hillebrecht and E. Kisker

Institut fuer Angewandte Physik, Universitaet Duesseldorf, Germany

* Department of physics, Seoul National University, Korea

(1) Introduction

Core level 의 광전 방출효과를 이용한 자성연구에 있어서 흔히 사용되는 exchange interaction 에 의한 s 준위에서의 satellite 의 출현은 몇몇 3d 전이원소들을 제외하면 실험적으로 측정하기가 쉽지않다. 따라서 최근 자성 박막들의 spin dynamics 에 대한 연구를 위해 광전자의 자기 이색성 (magnetic dichroism) 과 스핀 편극 (spin polarisation) 효과를 이용하는데 이 둘은 서로 nonmagnetic origin 인 spin-orbit interaction 을 통해서 연결 되어있고 강자성체에는 거기에 exchange interaction 에서 유도된 magnetic spin polarisation 이 함께 나타난다. 따라서 이러한 광전자의 스핀 편극을 실험적으로 정확히 측정하는것은 자성 박막들 뿐만 아니라 비자성 물질들의 전자구조의 규명에도 상당히 중요하다.

한편, 강자성체로부터 각분해 광전방출에 있어서 p-polarized 광선을 통한 excitation 은 어떤 특정한 Geometry 에서 자기화의 방향에 따른 스펙트럼 선의 강한 변화를 보여준다. 이러한 각에따른 자기선형 이색성(magnetic linear dichroism with angular dependence, MLDAD)은 최근 Fe 3p 광전방출에서 먼저 발견되었고 Fe 2p spectrum 에서도 실험적으로 측정되었다. 한편 비편극의 혹은 선형으로 편극된 광선을 사용 자유원자들, 분자들과 비금속들의 valence band 로부터의 광전방출에서도 제한된 각도에서 스핀 편극속에서 최외각 shell 이 excited 된다는 것이 밝혀졌다. 이것은 이번에 비자성체인 Cu 의 core level 에서의 광전방출에서도 처음으로 실험적으로 입증되어 졌다. circular polarized VUV 광을 이용한 원자의 excitation 도 상태들의 spin-orbit interaction 과 함께 photon helicity 에 따라서 spin 이 정렬된 광전자의 방출로 이어진다. 그러나 이러한 자기선형 이색성에 의한 spin 효과는 원자모델내에서 자기선형 이색성과 거의 동일한 효과를 보인다고 알려져있다.

이번 실험을 통해 이러한 광의 polarisation 효과를 이용하는 자기 선형 이색성 실험과 광전자의 스핀 편극을 직접 측정하는 방법을 이용하여 자성 박막의 spin 배열 과 함께 나타나는 여러 효과들이 이론적인 원자모델과 many-body 효과를 이용 해석 되어졌다.

(2) experimental

이 실험들은 Hamburg HASYLAB (DESY)에 있는 방사광 가속기 DORIS III 의 BW3 Beamline 과 Berlin 의 BESSY TGM5 와 U2 Beamline 에서 수행되었다. Hamburg 의 새 undulator 는 50-2000eV 광에너지를 공급하며 측정시 압력은 2×10^{-10} mbar 였다. Berlin 의 U2-FSGM Beamline 은 crossed undulator 를 사용하여 linear 와 circular polarized 광이 나오며 그 에너지 범위는 25-200 eV 이다. 시료로서는 Ag(001), W(110) 단결정위에 epitactical 하게 자란 5-10nm 두께의 Fe 박막과 W(110), Cu(001) 단결정으로 UHV 에서 sputtering 과 annealing 으로 표면을 깨끗이 하였으며 beam 의 입사각은 표면에 대해 17 도 이고 시료표면에 수직으로 방출되는 전자들에 대해 Spectrometer 의 acceptance 각은 8 도 이다. 박막은 짧은 전류흐름을 통해 remanent 로 (100) 방향에 평행 혹은 반평행으로 자화시켰다. Spin polarisation 측정을 위해서는 그룹내에서 개발한 VLEED-Fe(001)-Spinpolarimeter 를 사용하였다.

(3) results

Photon 에너지 변화에 따른 Fe 의 MLDAD-spectrum 이 시료를 광편극 방향과 광방출 방향이 만드는 평면에 양 수직 방향으로 자화 시키며 관찰되었으며 exchange interaction 과 spin-orbit interaction 에 의한 영향이 spin 해석을 통해 구분되었다. 이 결과들은 원자 모델을 이용하면 magnetic d-준위와 core level 사이의 exchange interaction 이 magnetic sublevel 들의 splitting 으로 이끄는 것으로 해석되고 있다. 이는 다른 자성체들의 효과와 비교 연구 되어졌다. 상자성체인 W 단결정의 4f-spectrum 이 따로 spin 분해능을 이용 측정되었으며 photon 에너지에 따른 polarisation 의 변화를 Cherepkov 의 공식을 이용한 계산결과와 비교하였다. 또 비자성체인 의 Cu 2p- 와 3p-spectrum 에서 광전자의 스핀 편극이 110-210eV 의 Photon 에너지범위 에서 측정되어졌다. 이러한 polarisation 은 자유 원자의 광이온화를 묘사하는 모델로 계산한 것과 정성적으로 일치하며 미세한 차이들은 광전자 continuum 속의 상대론적 효과로 생각된다. 한편으로 단결정의 축을 따라 돌렸을때 스핀 편극이 변하는것은 원자모델로는 설명되지않는 광전자 diffraction 효과로 추정된다. 이러한 Cu 2p- 와 3p-준위에서 측정된 결과들은 nonmagnetic 고체의 core level 로 부터 광전자방출에서 spin polarisation 이 나타남을 보여주고 있고 자기이색성 효과의 해석을 보완해주고 있다. 이러한 현상들은 아직 완전히 설명할 수 있는 것은 아니나 이론적 원자모델로 근사 되어질수 있으며 반강자성체에 대한 스핀 분해능 광전자 방출 실험과 함께 더욱 정확히 밝혀 질수 있을것으로 생각된다.