ETH zürich

ETH Library

Spin polarized secondary electron emission from ferromagnetically ordered Fe-8 -3B-17

Doctoral Thesis

Author(s):
Mauri, Daniele

Publication date:
1984

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000320962

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH No 7478

SPIN POLARIZED SECONDARY ELECTRON EMISSION FROM FERROMAGNETICALLY ORDERED $Fe_{83}B_{17}$

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

For the degree of

Doctor of Natural Sciences

Presented by

Daniele Mauri

Dipl.Phys.ETH

born 14 december, 1956

citizen of Barbengo, Cantone Ticino

Accepted on the recommendation of

Prof.Dr. H.C.Siegmann, examiner

PD.Dr. F.Meier, coexaminer

1984

ABSTRACT

The spin polarization of secondary electrons emitted from the ferromagnetically ordered metallic glass $Fe_{83}B_{17}$ is experimentally investigated. The secondaries are excited upon impact of electrons with energies varying from 20 to 3000eV and their polarization is measured in function of the emission energy.

One demonstrates that spin dependent forces do not have a relevant effect in the production of secondary electrons, i.e. in the electron-electron scattering and in the plasmon excitation. This is confirmed both by the overall behaviour of the polarization and by a detailed analysis of the polarization of low energy (<20eV) secondary electrons.

On the basis of this ascertainment one shows that in a certain secondary energy range (around ≈15eV) the polarization represents a direct measurement of the magnetization, i.e. it reflects the mean polarization of the conduction band electrons. The magnetization probed is that of the shallow surface sheet from where the secondaries are emitted. The depth of this sheet is strongly dependent on the energy of the impinging electrons. From this it follows that the secondary electron polarization is a simple and effective tool for the study of surface magnetism, with the unique feature of a tunable probing depth.

The potentiality of this technique has been illustrated with measurements of the polarization in function of the primary energy, which show that the magnetization of $Fe_{83}B_{17}$ is strongly reduced at the surface compared to the bulk.

The Auger emitted electrons are spinpolarized. The polarization of the valence lines is sensitive to the spin dependent local density of states. It provides therefore a probe of the local magnetism near the hole created at the beginning of the Auger process. Due to the element specificity of the Ager process, the polarization of the Auger electrons can be used to reveal the distribution of the magnetic moments among the different atomic species in composite magnetic systems.
The measurement on $Fe_{83}B_{17}$ exemplifies this point, the valence lines of iron are polarized, roughly reflecting a selfconvolution of the spin dependent density of states, whereas the boron valence line is unpolarized, in accordance with the fact that boron atoms do not carry any magnetic moment.
An interesting problem is posed by the $L_3M_{23}M_{23}$ line, which is polarized although the valence electrons are not directly involved in the process. The non vanishing polarization evidences the interaction between the $3p^4$ and the $3d^n$ shells. Usual intensity measurements fail to reveal this inter shell interaction.

The electrons inelastically scattered by excitation of 3p electrons into 3d states show a polarization which depends on the primary energy. The occurence of a polarization is linked

to the fact that the empty d-states available for the transition are strongly negatively polarized. The primary energy dependence reveals directly how the probability of spin exchange processes increases approaching the excitation threshold.

The excited states $3p^5 3d^{n+1}$ decay through autoionization processes. These give rise in the polarization spectrum to a strong line clearly separated from the $M_{23}M_{45}M_{45}$ Auger line.

RIASSUNTO

La polarizzazione di spin degli elettroni secondari emessi dal vetro metallico $Fe_{83}B_{17}$, ordinato ferromagneticamente, é stata investigata sperimentalmente. I secondari vengono eccitati mediante impatto di elettroni con energie varianti da 20 a 3000 eV e la loro polarizzazione viene misurata in funzione dell'energia cinetica di emissione.

Si dimostra, che forze dipendenti dallo spin non hanno un ruolo rilevante nella produzione degli elettroni secondari, cioè negli urti elettrone-elettrone e nella eccitazione di plasmoni. Ció trova verifica nell'andamento generale della polarizzazione dei secondari e in una dettagliata analisi della polarizzazione dei secondari con basse energie (<20eV).

Sulla base di questa constatazione, si mostra che in un certo intervallo di energia (attorno a 15eV) la polarizzazione costituisce una misura diretta della magnetizzazione, riflette cioé la polarizzazione media degli elettoni di conduzione. La magnetizzazione sondata é quella del sottile strato superficiale da cui vengono emessi i secondari. La profondità di questo strato dipende fortemente dall'energia degli elettroni incidenti. Da ciò segue che la polarizzazione di spin degli elettroni secondari rappresenta uno strumento semplice ed efficace per lo studio del magnetismo di superficie con la proprietà unica di una profondità di sondaggio variabile.

La potenzialità di questa tecnica é stata illustrata con misure di polarizzazione in funzione della energia primaria, le quali mostrano che la magnetizzazione alla superficie del $Fe_{83}B_{17}$ é fortemente ridotta rispetto all'interno del solido.

Gli elettroni emessi per effetto Auger sono polarizzati. La polarizzazione delle linee di valenza é sensibile alle densità locali degli stati risolte nello spin; rappresenta perciò una sonda del magnetismo nelle vicinanze della buca elettronica creata all'inizio del processo Auger. Dato che l'energia delle linee Auger é specifica per ogni elemento, questo permette di studiare la distribuzioine del momento magnetico sulle varie specie atomiche in sistemi magnetici composti.
Le misure al $Fe_{83}B_{17}$ ne costituiscono un esempio: le linee di valenza del ferro sono polarizzate e riflettono qualitativamente le autoconvoluzioni delle densità degli stati di conduzione, la linea di valenza del boro, al contrario non é polarizzata in accordo con il fatto che gli atomi di boro non producono alcun momento magnetico.
Un interessante problema é posto dalla linea $L_3M_{45}M_{45}$ la quale é polarizzata nonostante non coinvolga direttamente gli elettroni di valenza. La polarizzazione osservata dimostra l'esistenza, finora mai rivelata in misure d'intensità, di una interazione fra le configurazioni $3p^4$ e $3d^n$.

Gli elettroni, che hanno subito un urto anelastico a causa dell'eccitazione di elettroni 3p in stati 3d, mostrano una polarizzazione, che dipende dall'energia primaria.

La possibilità di osservare una polarizzazione non nulla degli elettroni diffusi anelasticamente é legata al fatto che gli stati sopra il livello di Fermi, disponibili per la transizione, posseggono una direzione di spin preferenziale (spin di minoranza). La dipendenza dalla energia primaria mostra direttamente come la probabilità di processi di urto con scambio di spin aumenti avvicinandosi alla energia di soglia per l'eccitazione.

Il decadimento degli stati eccitati $3p_5 3d^{n+1}$ avviene mediante autoionizzazione. Quest'ultima dà luogo, nello spettro di polarizzazione, ad una linea nettamente distinta dalla linea di Auger $L_3M_{45}M_{45}$.