

LA02

## EMISJA REZONANSOWA DLA ZWIĄZKÓW ZIEM RZADKICH

J. Szade

*Instytut Fizyki im. A. Chelkowskiego, Uniwersytet Śląski, Ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice*

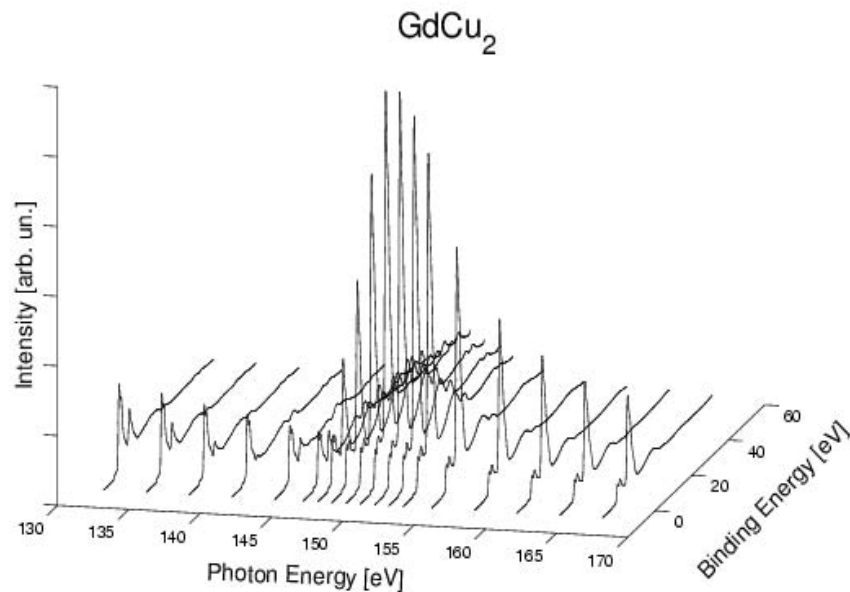
*Keywords: resonant photoemission, MCD, RIXS, GdTiGe, (Gd,Mn)TiGe, EuF<sub>3</sub>*

*\*) e-mail: szade@us.edu.pl*

Ziemie rzadkie i ich związki stanowią szczególnie intensywnie badane materiały głównie ze względu na ich własności magnetyczne prowadzące do licznych zastosowań. Własności te związane są głównie z niezapełnioną powłoką  $4f$ , która stanowi częsty obiekt badań przy użyciu promieniowania synchrotronowego. Dla energii fotonów w pobliżu krawędzi absorpcji  $3d \rightarrow 4f$  lub  $4d \rightarrow 4f$  występuje bardzo silne wzmocnienie fotoemisji nie tylko z powłoki  $4f$ , ale i innych stanów elektronowych danej ziemi rzadkiej, np.  $5s$ ,  $5p$  i  $5d$  (rys.1). Dla związków Gd pozwala to np. zlokalizować stany  $5d$  w paśmie walencyjnym [1]. Stosując spolaryzowane kołowo promieniowanie można zbadać, dzięki efektowi dichroizmu w fotoemisji (MCD), stopień polaryzacji magnetycznej różnych stanów. Dla ferromagnetycznego

związku GdTiGe stwierdzono występowanie tego efektu dla stanów  $4f$  jak i w obszarze w pobliżu poziomu Fermiego [2].

Dla kilku związków międzymetalicznych Gd zbadało tzw. efekt MARPE, czyli wieloatomowej fotoemisji rezonansowej. Stwierdzono, że dla energii fotonów odpowiadających maksimum fotoemisji z poziomu  $4f$  Gd występuje bardzo niewielki efekt osłabienia emisji z poziomów atomu sąsiadującego z Gd, który da się wytłumaczyć teorią rozpraszania promieniowania rentgenowskiego [1]. Silny, pozytywny efekt MARPE, z którym wiązano kilka lat temu duże nadzieje okazał się w znacznym stopniu wynikiem błędów eksperymentalnego związanego z detekcją fotoelektronów.



Rysunek 1. Fotoemisja rezonansowa z GdCu<sub>2</sub> dla energii fotonów w pobliżu krawędzi absorpcji Gd  $4d \rightarrow 4f$ .

Na skutek oddziaływania wymiennego poziomów rdzeniowych ze spinem powłoki  $4f$  fotoemisja z poziomów rdzeniowych Gd i innych ziem rzadkich przybiera formę rozbudowanych mutlipletów, których struktura, jak się okazuje zależy od energii fotonów. Pozwoliło to na zrozumienie pochodzenia fragmentów struktury multipletu  $4d$  Gd i innych ziem rzadkich [3].

Fotoemisja rezonansowa została wykorzystana do zbadania problemu mieszanej wartościowości Eu w ultra-cienkiej warstwie  $\text{EuF}_3$ , gdzie zaobserwowano indukowane rezonansem stany końcowe fotoemisji równoważne dwuwartościowemu Eu [4]. Stany te nie są obserwowane w warstwie dla energii fotonów innych niż rejon przejścia  $4d \rightarrow 4f$ . Ten nowy efekt można wyjaśnić zakładając transfer elektronu z liganda do atomu Eu w trakcie drugiego etapu fotoemisji rezonansowej.

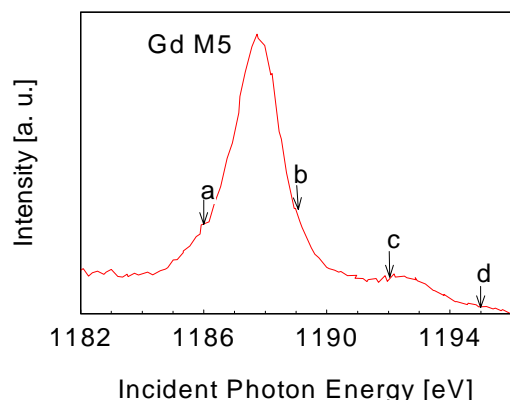
Obecność nieobsadzonych stanów  $4f$  ziemi rzadkiej lub  $3d$  metalu przejściowego umożliwia wykorzystanie innej rezonansowej spektroskopii emisyjnej – RIXS czyli rezonansowego nieelastycznego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego. Technika ta została wyko-

rzystana do zbadania emisji ze związków  $\text{GdMn}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Ge}$  dla energii fotonów w pobliżu krawędzi absorpcji Gd  $3d$ , Mn  $2p$  i Ti  $2p$ . Zaobserwowano emisję związaną z fluorescencją i przejścia związane ze wzbudzeniami rezonansowymi w paśmie  $3d$  Ti i Mn [5]. Przejścia te są analizowane w porównaniu z obliczeniami struktury elektronowej dla  $\text{GdTiGe}$  i  $\text{GdMnGe}$ .

Emisja związana z przejściem na poziom Gd  $3d_{3/2}$  (Rys. 2) wykazuje inne cechy niż dla metalicznego Gd co wskazuje na silny wpływ struktury pasmowej.

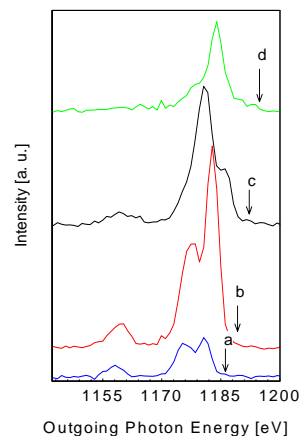
Badanie emisji fotoelektronów i emisji rentgenowskiej wzbudzanych rezonansowo dostarcza cennych, często uzupełniających się informacji o strukturze elektronowej ziem rzadkich i metali przejściowych  $3d$ .

**Podziękowania:** Wspomniane badania zostały wykonane na wiązkach VUV, SUPERESCA i BACH na synchrotronie ELETTRA w Trieście.



XAS i RIXS dla GdTiGe

(a)



(b)

Rysunek 2. Absorpcja promieniowania rentgenowskiego na krawędzi Gd  $3d_{5/2}$  (a) i emisja dla wskazanych energii fotonów (b).

## Literatura

- [1] J. Szade, G. Skorek, M. Neumann, B. Schneider, F. Fangmeyer, A. Matteucci, G. Paolucci, A. Goldoni, *Surf. Sci.* **497** (2002) 29.
- [2] J. Szade, B. Tyszka, W. Burian, *J. Alloys Compds.* **401** (2005), w druku.
- [3] J. Szade, M. Neumann, I. Karla, B. Schneider, F. Fangmeyer, M. Matteucci, *Solid State Commun.* **113** (2000) 709.
- [4] J. Szade, W. Burian, Z. Celinski, T. O'Keegan, M. Zangrando, F. Bondino, E. Magnano, *Surf. Sci.* **580** (2005) 163.
- [5] B. Tyszka, J. Szade, W. Burian, G. Skorek, J. Deniszczyk, M. Sikora, D. Zając, Cz. Kapusta, M. Matteucci, F. Bondino, M. Zacchigna, M. Zangrando, *J. Alloys Compds.* **401** (2005), w druku.