

Bernd Hackenbroich: Systematische Untersuchungen des Tunnelmagnetowiderstandes in granularen Systemen aus wohldefinierten Co-Clustern. 2002

In der vorliegenden Arbeit wurde erstmals der Clustergrößeneinfluß auf den TMR in granularen Systemen untersucht. Dazu wurden Proben aus wohldefinierten Co-Clustern, unterschiedlicher Größe in verschiedenen Edelgasmatrizen hergestellt. Alle Probenwiderstände zeigen das theoretisch erwartete Temperaturverhalten gemäß $\mu (T_0/T)^{1/2}$. Die Messdaten zeigen, daß der Temperatureinfluß mit abnehmender Clustergröße zunimmt. Auf der anderen Seite scheint dieser Unterschied für $T \rightarrow 0$ zu verschwinden, d.h. der granulare Charakter verschwindet und der TMR läuft in einen festen Wert. Aufgrund dieser experimentellen Daten wurde ein Modell zur Beschreibung der Temperaturabhängigkeit des TMR entwickelt, das auf der mit steigender Temperatur zunehmenden Fehlorientierung der magnetischen Momente an der Clusteroberfläche basiert. Für die untersuchten Co/Edelgasproben liefert es bei $T = 0$ einen TMR-Wert von 14,7 %. Dies entspricht nach dem Julliere-Modell einer Spinpolarisation von $P = 42$ %, die sehr gut mit der in Tunnelexperimenten gemessenen Spinpolarisation von Bulk-Kobalt übereinstimmt. Es stellt sich heraus, daß in diesem Modell die Fehlorientierung der magnetischen Momente an der Clusteroberfläche direkt mit der Krümmung der Oberfläche zusammenhängt, also durch den Konkurrenzkampf zwischen Oberflächen- und magnetokristalliner Anisotropie verursacht wird.

In einem weiteren Schritt wurde der Einfluß der Matrix auf den TMR untersucht. Dazu wurden Co-Cluster einer festen Größe ($\varnothing = 4,5$ nm) in eine MgF₂-Matrix eingebettet. Hierbei handelt es sich um ein neues granulares TMR-System. In diesem System mißt man bei 2,5 K einen TMR-Wert von 34,7 %, was der höchste in granularen Co-Systemen gemessene TMR-Wert ist. Mit dem in dieser Arbeit entwickelten Modell lassen sich auch die Daten in den Co/MgF₂-Proben sehr gut anpassen und man erhält einen TMR(0)-Wert von ca. 37 %. Dieser ist mehr als doppelt so hoch wie in den wechselwirkungsfreien Co/Edelgasproben und entspricht einer Spinpolarisation von $\frac{1}{2}P^{1/2} = 78$ %. Als mögliche Erklärung dieser Erhöhung gegenüber den Co/Edelgasproben wird eine Co(3d)-F(2p)-Hybridisierung angenommen, die das Tunneln von d-Elektronen ermöglicht.

The cluster-size-dependence of the TMR in granular systems has been studied for the first time. Granular samples were obtained by the co-deposition of well-defined Co-clusters with different size and rare-gas-atoms onto a cold substrate. The resistivities of all samples obey the theoretical expected $\mu \exp(T_0/T)^{1/2}$ -law. Our studies show that the influence of temperature on the TMR is increasing with decreasing cluster size. On the other hand, this difference vanishes for $T \rightarrow 0$. We developed a model to describe the temperature-dependence of the TMR which is based on increasing misalignment of the magnetic moments at the cluster surface with increasing temperature. In the studied Co/rare-gas-systems this model leads to a TMR-value at $T = 0$ of 14.7%. This value is in perfect agreement using Julliere's model and the value P for the spin-polarisation of the tunnelling electrons at the Fermi energy for bulk Co ($P = 0.42$). From our model we can conclude that the misalignment of the magnetic moments at the cluster surface is directly caused by the curvature of the cluster surface, i.e. is caused by the competition between surface and magnetocrystalline anisotropy.

In addition, the matrix influence on the TMR has been studied. For that reason Co-clusters with a fixed mean-diameter of 4.5 nm were embedded in a MgF₂-matrix. This is a new granular system. The observed TMR value at 2.5 K is 34.7 % which to our knowledge is the highest TMR value reported for a granular Co-system. The for describing the T-dependence of the TMR developed model also fits the measured Co/MgF₂-data very well and leads to a TMR(0)-value of about 37 %. This value is enhanced by more than a factor 2 compared to the non-interacting Co/rare-gas-systems and corresponds to a spinpolarisation of $\frac{1}{2}P^{1/2} = 78$ %. We explain this enhancement by a Co(3d)-F(2p)-hybridization which leads to dominating d-electron tunnelling.