

Deutsche Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass mit der spinpolarisierten Rastertunnelmikroskopie (spin-polarized scanning tunneling microscopy (Sp-STM)) eine wohldefinierte Komponente der Spinpolarisation in der Ebene der Probenoberfläche mit einer hohen lateralen Auflösung abgebildet werden kann. Als Rasterelektrode wurde ein ferromagnetischer Ring eingesetzt. In der Messung wird die Projektion der Spinpolarisation der Probe auf die Richtung der Magnetisierung des Rings abgebildet. Die Funktionstüchtigkeit der Ringelektrode wurde an einem gut untersuchten System, 180° Domänenwänden in Fe-Wiskern getestet.

Die Methode des Sp-STM wurde eingesetzt, um die Spinanordnung von antiferromagnetischen Oberflächen zu untersuchen. Der Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Abbildung von dünnen, lagenweise antiferromagnetischen Mn und Cr Filmen in direktem Kontakt mit einem ferromagnetischen Fe(001) Substrate. In den Sp-STM Bildern ist die antiferromagnetische Ordnung von aufeinanderfolgenden Mn beziehungsweise Cr Lagen an der Oberfläche deutlich sichtbar.

An der Oberfläche von Mn Filmen auf Fe(001) wurden magnetisch frustrierte Bereiche gefunden. Diese Bereiche, in denen die magnetische Ordnung gestört ist, wurden durch das Vorhandensein von atomaren Stufen an der Grenzfläche zwischen Film und Substrat erklärt. Bildet ein Mn Film über einer atomaren Substratstufe eine atomar glatte Oberfläche, so unterscheidet sich die Schichtdicke auf beiden Seiten der Substratstufe um genau eine Lage. Somit ist eine ungestörte lagenweise antiferromagnetische Ordnung in dem Mn Film nicht möglich, wenn die magnetischen Mn Momente an der Grenzfläche auf beiden Seiten der Stufe vom ferromagnetischen Substrat gleich ausgerichtet werden. Das Resultat sind magnetisch frustrierte Bereiche.

Für die Untersuchung der Spinanordnung in den Mn Filmen, die durch atomare Fe Stufen beeinflusst wird, ist das Sp-STM eine geeignete Messmethode. Im Vergleich zu etablierten magnetischen Abbildungstechniken, erlauben Sp-STM Messungen die Untersuchung magnetischer Strukturen mit höchster lateraler Auflösung. Die Sensitivität zu einzelnen, lateral begrenzten magnetischen Strukturen und die gleichzeitige Abbildung der Topographie der Probenoberfläche erlaubt die Korrelation beider.

Die Sp-STM Untersuchungen zeigten, dass magnetische Frustrationen überwiegend über vergrabenen Fe Stufen an der Oberfläche von Mn auftreten. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass sich die magnetisch frustrierten Bereiche durch den gesamten Mn Film, vom Substrat bis zur Oberfläche ausbilden. Diese magnetischen Frustrationen sind keine natürlichen Domänenwände, obwohl sich die Magnetisierung in ihnen ebenfalls um 180° dreht. Im Unterschied zu Volumenwänden sind die magnetisch frustrierten Bereiche lokal an Substratstufen gebunden. Die Breite dieser frustrierten Bereiche ist für dünne Filme viel schmaler als für

Domänen-wandbreiten im Volumen zu erwarten wäre. Die Untersuchung der magnetisch frustrierten Bereiche als Funktion der Mn Schichtdicke zeigten, dass sich diese Bereiche linear mit zunehmender Mn Schichtdicke aufweiten. Es wurden Breiten von 1 nm zwischen der zweiten und dritten Monolage bis 7 nm zwischen der 18 und 19 Monolage gemessen.

Die experimentell ermittelten Breiten der magnetisch frustrierten Bereiche wurden mit zwei Modellen verglichen, einem Kontinuumsmodell und einem Heisenbergmodell. Beide Modelle reproduzieren den Verlauf der Aufweitung der magnetisch frustrierten Bereiche an der Oberfläche zufriedenstellend. Die Modelle unterscheiden sich hingegen in der Beschreibung der magnetischen Frustrationen im Inneren der Mn Filme. Da das Sp-STM eine oberflächensensitive Methode ist, ist es nur möglich das Verhalten an der Oberfläche zu untersuchen, an der sich nur geringfügige Unterschiede zwischen den Modellen ergeben.

Die Experimente zeigten außerdem, dass der Spinkontrast, gemessen zwischen zwei entgegengesetzt spinpolarisierten Mn beziehungsweise Cr Terrassen, stark von der angelegten Spannung abhängt. Der Spinkontrast auf Cr Filmen ist, bis auf eine Erhöhung nahe einer angelegten Spannung von 0 V, konstant. Im Falle von Mn zeigte sich ein relativ kompliziertes Verhalten. Zum Beispiel kommt es zu einem Vorzeichenwechsel des Spinkontrastes in dem untersuchten Spannungsbereich. Vermutlich wurde der höchste Spinkontrast in beiden Systemen nahe eines spinpolarisierten Oberflächenzustandes gemessen. Ein Vergleich mit theoretischen Berechnungen für dünne Mn Filme auf einem Fe Substrat zeigte, dass verschiedene Mechanismen für einen Spinkontrast an Mn Oberflächen verantwortlich sein können. Es wurde gezeigt, dass eine Spinpolarisation an antiferromagnetischen Oberflächen auch alleine durch Volumenzustände hervorgerufen werden kann.

Die Sp-STM Messungen dieser Arbeit zeigten Realraumabbildungen von magnetischen Frustrationen, die durch atomare Stufen an der Grenzfläche zwischen zwei austauschgekoppelten magnetischen Systemen entstanden. Die Untersuchungen sollten qualitativ für andere lagenweise antiferromagnetische Filme in Kontakt zu ferromagnetischen Substraten gelten.