

1 Einleitung

Das Auftreten von Domänenmustern ist ein generelles Phänomen in der Natur, das immer dann beobachtet werden kann, wenn es eine kurzreichweitige und eine langreichweitige Wechselwirkung mit entgegengesetztem Vorzeichen gibt, so dass die mikroskopischen Bestandteile eines Systems auf kurzer Distanz eine andere Ordnung bevorzugen als auf langer. In Abhängigkeit von der Energie, die zum Aufbau von Domänenwänden aufgebracht werden muss, treten dabei eine Vielzahl von Formen auf, deren Extremfälle Blasen- und Streifendomänen darstellen. Charakteristische Ausprägungen wie mäanderförmige Domänenmuster kommen dabei in den verschiedensten Systemen und auf allen Längenskalen vor. Sie wurden in der Vergangenheit in supraleitenden Folien genauso beobachtet wie in chemischen Reaktions-Diffusionssystemen oder organischen Langmuirfilmen [Seu 95]. Eine besondere Stellung nehmen magnetische Granatfilme ein, bei denen sich Domänen mit senkrechter Magnetisierungsrichtung aus der Konkurrenz von Austausch- und Dipolwechselwirkung und in Anwesenheit der kristallinen Anisotropie ergeben. Die dort auftretenden Blasendomänen waren sogar eine Zeit lang als Datenspeicher im Gespräch, erlangten aber nie die Marktreife [Hub 98].

Streifenförmige Domänen werden auch in sehr dünnen magnetischen Filmen erwartet, bei denen die Oberflächenanisotropie die leichte Magnetisierungsrichtung senkrecht zur Ebene einstellt [Yaf 88]. Die charakteristische Form von Magnetisierungskurven dieser Filme wurde mit den Transformationsprozessen solcher Domänenmuster erklärt [Ber 97], kann aber auch mit der Drehung eines verkippten Magnetisierungsvektors im äußeren Magnetfeld verstanden werden [Men 97a]. Mehr Aufschluss über das tatsächliche Verhalten sollte der Versuch geben, einen möglichen Streifendomänenzustand direkt abzubilden und im Feld zu beobachten. Dies stellt jedoch eine Herausforderung an die magnetische Mikroskopie dar, denn die Streifendomänen sind sehr schmal (typ. wenige 100 nm) und liefern den geringen magnetischen Kontrast eines nur wenige nm dicken Films. Sie konnten daher in der Vergangenheit ausschließlich mit elektronenmikroskopischen Methoden abgebildet werden. Dabei zeigte sich, dass die Veränderung von Schichtdicke und Proben temperatur Variationen der Domänenform hervorruft.

Die Auswirkung eines variablen Magnetfelds wird erstmalig im Rahmen dieser Arbeit untersucht. Dies wurde durch die Verwendung magnetooptischer Mikroskopie ermöglicht, bei der - anders als bei Elektronenmikroskopie - der Kontrast durch äußere Magnetfelder nicht gestört wird. Zum Erreichen der nötigen Ortsauflösung

unterhalb des Beugungslimits wurde ein optisches Rasternahfeldmikroskop (SNOM) entwickelt, das zur empfindlichen Messung des Kerr-Effektes mit einem Sagnac-Interferometer [Kap 94] ausgestattet ist. Um die Untersuchung ultradünner epitaktisch auf Einkristallobereflächen gewachsener Filme zu ermöglichen, wird dieses Mikroskop erstmalig in einer Ultrahochvakuum-(UHV-)Kammer betrieben, die zudem mit einem Aufbau zur ortsintegrierenden Messung des Magnetooptischen Kerr-Effektes (MOKE) und mit einem konventionellen (Fernfeld-) Kerr-Mikroskop ausgestattet ist.

Das in dieser Arbeit vorrangig untersuchte System waren wenige Monolagen Eisen auf der (100)-Oberfläche eines Kupfer-Einkristalls - ein System, dessen magnetische Eigenschaften in der Vergangenheit umfassend studiert wurden [Pap 90]. Fe/Cu(100) hat die spektakuläre Eigenschaft, dass die leichte Magnetisierungsrichtung bei sehr dünnen Filmen aus der Ebene in die Senkrechte klappt, einen Spinreorientierungsübergang. In dessen Nähe wird das Auftreten des Streifendomänenmusters erwartet.

Die Arbeit gliedert sich wie folgt: Zunächst wird ein Abriss der magnetischen Charakteristika ultradünner Filme gegeben, wobei insbesondere auf den Spinreorientierungsübergang und auf Domänenbildungsprozesse eingegangen wird (Kap. 2). Dann wird kurz die Magnetooptik eingeführt, die in den hier vorgestellten Experimenten den Kontrast liefert, wobei insbesondere die mikroskopischen Messmethoden vorgestellt werden (Kap. 3). Es folgt eine detaillierte Beschreibung des verwendeten Versuchsaufbaus. Insbesondere wird das UHV-Sagnac-SNOM, das im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde, erläutert und charakterisiert (Kap. 4). Dann werden die Ergebnisse der Messungen an ultradünnen Filmen von Fe/Cu(100) präsentiert, die bei tiefen Temperaturen aufgewachsen wurden. Die mit MOKE, Kerr-Mikroskopie und Sagnac-SNOM erlangten Messdaten erlauben schließlich erstmalig den Entwurf eines Gesamtbildes der bei der Ummagnetisierung ultradünner Filme maßgeblich ablaufenden Prozesse (Kap. 5).