

Kapitel 1

Einleitung

Seit Einführung der ersten PCs zu Beginn der 70er Jahre hat der Computer für das tägliche Leben stetig an Bedeutung gewonnen. Heute ist er aus nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens nicht mehr wegzudenken. Die riesigen Datenmengen, die hierbei anfallen, benötigen immer mehr Speicherplatz, welcher hauptsächlich durch magnetische Datenspeicher in Festplatten (Abbildung 1.1) zur Verfügung gestellt wird. Hierbei spielt die Speicherkapazität eine zentrale Rolle. Eine hohe Speicherkapazität kann bei immer kleiner werdenden Geräten nur erreicht werden durch eine hohe Speicherdichte, d.h. potenzieller Speicherkapazität pro Fläche, die in der Vergangenheit vorrangig durch eine fortschreitende Miniaturisierung realisiert wurde. Bald erreicht die Miniaturisierung der magnetischen Bits jedoch eine physikalische Grenze, unterhalb derer die thermische Stabilität der Daten nicht mehr gewährleistet ist, das sogenannte 'superparamagnetische Limit'. Um dennoch die Entwicklung zu immer höheren Speicherdichten fortsetzen zu können, bedarf es neuer Hochleistungsmaterialien sowie neuer Speicherkonzepte.

Auf der Materialseite stellt $L1_0$ -FePt aufgrund seiner großen Korrosionsbeständigkeit [1] und seiner herausragenden hartmagnetischen Eigenschaften ($K_1 = 6.6 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ [2]), die eine sehr große thermische Stabilität auch für



Abbildung 1.1: Bild einer typischen, auf magnetischer Datenspeicherung basierenden Festplatte (Seagate), wie sie in heutigen PCs verwendet wird.

kleinste Partikel ($r > 2$ nm) garantieren, ein vielversprechendes Materialsystem für zukünftige Datenspeicher höchster Speicherdichte dar. Die große einachsige Kristallanisotropie und die damit verbundenen großen Koerzitivfelder stellen bei der technischen Umsetzung der Datenspeicher jedoch ein Problem dar; für das Beschreiben, also das Ummagnetisieren des Materials, sind außerordentlich große Schreibfelder notwendig, die von heutigen Schreibköpfen (maximales Schreibfeld $\mu_0 H_S \approx 1 - 1.3$ T [3]) nicht erzeugt werden können. Eine Lösung stellen austauschgekoppelte Verbundmaterialien wie z.B. $L1_0$ -FePt/Fe dar, die ein hart- mit einem weichmagnetischen Material kombinieren. Neben der durch das hartmagnetische $L1_0$ -FePt gewährleisteten thermischen Stabilität reduziert das weichmagnetische Fe die Koerzitivfeldstärke, sodass ein derartiges Verbundmaterial mit konventionellen Schreibköpfen beschreibbar wird.

Bezüglich neuer Technologien ermöglichte ein bereits 2005 von Toshiba [4] auf den Markt gebrachtes neues Speicherkonzept höhere Speicherdichten durch senkrecht magnetisierte Schichten ('Perpendicular recording'). Eine mögliche Zukunftsvision sieht regelmäßig angeordnete Nanodots eines ferromagnetischen Materials als Speichermedium vor, bei welchen jeder Nanodot direkt ein Bit repräsentiert ('Patterned media'). Gegenüber heutigen Speichermedien wäre mittels dieser Technik, insbesondere in Verbindung mit den oben

erwähnten Verbundmaterialien, ein großer Sprung hin zu höchsten Speicherdichten größer 1 TBit/in² möglich.

Schichten aus L1₀-FePt standen bereits in den späten 90er Jahren im Fokus vieler Studien [5, 6, 7]. So ist bereits bekannt, dass mithilfe epitaktischen Wachstums bei hohen Substrattemperaturen T_S dünne L1₀-FePt Schichten auf MgO(001) Substraten mit (001) Orientierung und senkrechter Magnetisierung epitaktisch gewachsen werden können.

Über die Eigenschaften des Verbundmaterials L1₀-FePt/Fe ist bislang nur sehr wenig bekannt, da die Idee austauschgekoppelter Verbundmaterialien noch relativ jung ist [8]. Insbesondere bezüglich des magnetischen Kopplungsmechanismus zwischen dem hart- und dem weichmagnetischen Teil und dessen gezielter Beeinflussung gab es zu Beginn der vorliegenden Doktorarbeit noch keine experimentellen Untersuchungen.

Auch die Untersuchung von lithografisch hergestellten L1₀-FePt Nanostrukturen stellt ein nahezu unerforschtes Gebiet dar. Zahlreiche Arbeiten sind bereits im Bereich kolloidchemisch synthetisierter L1₀-FePt Nanopartikel durchgeführt worden [9, 10, 11, 12]; die lithografische Herstellung von L1₀-FePt Nanostrukturen stellt jedoch sehr hohe Anforderungen an die erforderlichen Gerätschaften und die aufwendige Prozessführung, sodass auf diesem Gebiet bis vor kurzem keine Veröffentlichungen existierten.

Das Ziel dieser Arbeit ist daher, neben der Untersuchung des Verbundsystems L1₀-FePt/Fe mit dem Schwerpunkt auf dem Studium der magnetischen Kopplung zwischen weich- und hartmagnetischen Part, die Herstellung und Charakterisierung von L1₀-FePt bzw. L1₀-FePt/Fe Nanostrukturen mit senkrechter Magnetisierung, welche die Vorteile der oben beschriebenen Konzepte für Speichermedien (Verbund-, senkrechte und nanostrukturierte Speichermedien) in sich vereinen. Um dieses Ziel zu erreichen, sind mehrere Schritte notwendig:

1. Zunächst werden die magnetischen und strukturellen Eigenschaften des Materialsystems L1₀-FePt unter verschiedenen Herstellungsbedingungen analysiert. Darüberhinaus werden die intrinsischen Materialpara-

meter von $L1_0$ -FePt Schichten verschiedener Zusammensetzungen bestimmt, aus deren Temperaturabhängigkeit sich die Mikrostrukturparameter ermitteln lassen, welche eine Untersuchung der Korrelation der magnetischen und strukturellen Beschaffenheit der Schichten ermöglichen und somit einen Rückschluss auf den Koerzitivfeldstärkemechanismus erlauben.

2. Um die magnetischen Kopplungsmechanismen zwischen der hart- und der weichmagnetischen Schicht zu analysieren, werden die Eigenschaften des Verbundmaterials $L1_0$ -FePt/Fe in Abhängigkeit der Fe Schichtdicke d_{Fe} , den Depositionsbedingungen des Schichtsystems und der Manipulation der $L1_0$ -FePt/Fe Grenzfläche studiert, um so eine Grundlage für die Herstellung von Verbundnanostrukturen zu schaffen.
3. Die Nanostrukturierungstechniken besitzen einen großen Einfluss auf die Eigenschaften der hergestellten Nanostrukturen. Daher werden drei verschiedene Nanostrukturierungstechniken auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft und die Folgen der Nanostrukturierung auf das $L1_0$ -FePt Materialsystem studiert. Die hergestellten Nanostrukturen werden magnetisch und strukturell charakterisiert und der Einfluss verschiedener Herstellungsparameter wie Strukturgröße und Anlassbehandlung systematisch untersucht.

Mit den in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen bezüglich der $L1_0$ -FePt/Fe Verbundschichten und der lithografisch hergestellten $L1_0$ -FePt bzw. $L1_0$ -FePt/Fe Nanostrukturen soll eine Grundlage gelegt werden für die Umsetzung eines Materials mit magnetisch herausragenden Eigenschaften wie $L1_0$ -FePt in neuen Speichertechnologien wie Verbund- und nanostrukturierten Speichermedien.