Professorship of Chip-Based Magnetic Sensor Technology
TUM School of Computation, Information and Technology
Technical University of Munich

Bachelorthesis

Mikromagnetische Modellierung der ferromagnetischen Resonanz bei lokal erzeugter Anisotropie durch mechanischen Stress

Student:
Betreuer: Felix Naunheimer, Markus Becherer

Zeitplan: Start: Ende:

Themen Beschreibung:
Magnetisch geordnete Materialien lassen sich grundsätzlich in drei Gruppen einteilen: Ferromagnete, Ferrimagnete sowie den Sonderfall der Antiferromagnete. Diese Klassifikation basiert auf der Anordnung der Elektronenspins, die entweder parallel (ferromagnetisch), antiparallel mit ungleicher Stärke (ferrimagnetisch) oder antiparallel mit gleicher Stärke (antiferromagnetisch) ausgerichtet sind. Die resultierende Nettomagnetisierung ist dabei charakteristisch für die jeweilige Ordnung. Zur Beschreibung Dieser Materialien im Hinblick auf ihr dynamisches magnetisches Verhalten sind bestimmte Materialparameter besonders relevant. Dazu zählen, die Sättigungsmagnetisierung M_s, der Gilbert-Dämpfungsparameter α, die Austauschkonstante A_{ex} sowie Anisotropiekonstanten K_i erster und höherer Ordnung. Diese Parameter sind zentral für das Verständnis der Spin-Dynamik, insbesondere im Hinblick auf die Präzessionsfrequenz einzelner Spins, die Dämpfung der Bewegung zurück in den Gleichgewichtszustand, sowie den Energieaustausch mit benachbarten Spins durch Austauschwechselwirkungen. Zur messtechnischen Erfassung dieser Eigenschaften wird das magnetische System durch Ferromagnetische Resonanz (FMR) angeregt. FMR-Messungen ermöglichen eine schnelle Vorcharakterisierung magnetischer Materialien, sowohl in isotropischer als auch anisotropischer Ausprägung. Im Fall anisotropischer Materialien gestaltet sich die Interpretation des Resonanzspektrums jedoch häufig komplex. Hierbei bieten mikromagnetische Simulationen, beispielsweise mit MuMax^3, wertvolle Unterstützung. Sie ermöglichen es, sowohl das Messverhalten als auch das anisotrope dynamische Verhalten magnetischer Materialien auf mikromagnetischer Skala nachzuvollziehen und zu analysieren.
Ziel dieser Arbeit ist es, mit Hilfe der Simulationsplattform MuMax^3 ein Modell zur Ferromagnetischen Resonanz zu implementieren, experimentell zu validieren und anschließend auf anisotrope Materialien anzuwenden. Das besondere Augenmerk liegt hierbei auf stressinduzierter Anisotropie, die gezielt mit Hilfe eines Focused Ion Beam (FIB) in das Material eingebracht wird.

Workpackages

1. Literaturrecherche zu Spin-Dynamik, MuMax^3 und FMR
2. Einarbeitung in die Simulationsumgebung (MuMax^3/Matlab)
3. Modellierung Ferromagnetischer Resonanz in MuMax^3
4. FMR-Messung im Labor zur Modell Validierung
5. Modellerweiterung für anisotrope Materialien

Literature

- Introduction to spin wave computing
- The design and verification of Mumax3
- Non-standing spin-waves in confined micrometer-sized ferromagnetic structures under uniform excitation
- FMR study of an ion-implanted layer on bubble garnet films