

Bachelorthesis

Mikromagnetische Simulation von Spinwellen in gestressten magnetischen Materialien

Student:

Betreuer: Felix Naunheimer, Markus Becherer

Zeitplan:

Start:

Ende:

Themen Beschreibung:

Im Zeitalter von Künstlicher Intelligenz und Maschinellem Lernen stößt digitale Hardware zunehmend an ihre technologischen Grenzen. Daher wächst das Interesse an analogen Alternativen zur Informationsverarbeitung. Eine besonders vielversprechende Möglichkeit bieten sogenannte Spinwellen, eine wellenartige Fortpflanzung präzisierender magnetischer Momente (Spins) in magnetischen Materialien. Sie zeichnen sich durch einen geringen Energieverbrauch bei der Anregung, die Miniaturisierbarkeit des Ausbreitungsmediums sowie die direkte Kopplung an Hochfrequenzschnittstellen aus. Spinwellen lassen sich gezielt manipulieren, beispielsweise durch lokale Änderungen im Material. Wie bereits theoretisch gezeigt wurde, können mithilfe maschinellen Lernens komplexe Beugungsmuster erzeugt werden, die für das Routing analoger Informationen genutzt werden können. Solche lokalen Änderungen können etwa durch das Platzieren kleiner Permanentmagnete auf dem Material oder durch gezielte Veränderungen der Kristallstruktur im magnetischen Medium selbst erzeugt werden. In unserer Forschungsgruppe verfolgen wir letzteres: Durch gezielte Bestrahlung mit beschleunigten Ionen verändern wir die Kristallstruktur des magnetischen Materials, indem wir mechanischen Stress („strain“) ins Gitter einbringen. Dieser Prozess kann bis hin zur amorphen Umwandlung des unter Spannung stehenden Materials führen und beeinflusst damit direkt sowohl die magnetischen Eigenschaften als auch das Ausbreitungsverhalten von Spinwellen. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit sollen experimentell erfasste Daten zur Spinwellen-Ausbreitung in bestrahlten und gestressten Regionen mikromagnetisch simuliert werden. Hierfür steht der Simulationsframework MuMax3 zur Verfügung, der über den an unserer Professur entwickelten MATLAB-Wrapper „Mumat“ bedient und ausgewertet wird. Die Arbeit vermittelt fundierte Kenntnisse über das Verhalten von Spinwellen in spannungsbehafteten magnetischen Materialien sowie über den praktischen Umgang mit moderner, simulativer Forschungssoftware. Idealerweise verfügen interessierte Studierende über Grundkenntnisse in MATLAB oder Python sowie Interesse an Festkörperphysik, Mikromagnetik oder Nanotechnologie.

Arbeitspakete

1. Literaturrecherche zu Spin-Dynamik, MuMax³ und spin wave optic
2. Einarbeitung in die Simulationsumgebung (MuMax³/Matlab)
3. Spin wave simulation von Materialien unter Stress
4. Simulation vordefinierter Stressprofile

Literatur

- Introduction to spin wave computing
- The design and verification of Mumax3
- Nanoscale neural network using non-linear spin-wave interference
- The Effect of Ne⁺ Ion Implantation on the Crystal, Magnetic, and Domain Structures of Yttrium Iron Garnet Films
- Spin-Wave Optics in YIG Realized by Ion-Beam Irradiation