

Microscopic understanding of disorder induced ferromagnetism in B2-alloy thin films

[Dr. Rantej Bali, Ph.D.](#)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)
Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung

[Professor Dr. Heiko Wende](#)

Universität Duisburg-Essen
Fakultät für Physik
Forschungsgruppe Experimentalphysik

Subject Area: Experimental Condensed Matter Physics

Magnetic phase transitions that are sensitive to small structural variations can be used to directly probe the correlation between magnetic ordering and the atomic arrangement. In materials where such transitions can be spatially confined, there is the additional possibility to investigate the magnetic behaviour at the interfaces of the spatial confinement. The above opportunities exist in certain alloys of the chemically ordered B2 phase that can be disordered to the A2 phase. In paramagnetic B2-Fe₆₀Al₄₀ and in antiferromagnetic B2-Fe₅₀Rh₅₀, subtle switching of the Fe site with the Al or Rh sites respectively is sufficient to induce a large ferromagnetic saturation magnetization. The induced magnetization has been attributed to increased Fe-Fe nearest-neighbour interactions. This phenomenon of disorder induced ferromagnetism has been known for several decades; however its investigations have largely been restricted to bulk materials. There still remain open questions on its precise mechanism, for example, a change in the lattice parameter with disorder has been observed, however its contribution to the induced magnetization has not been clarified. Furthermore, the magnetic structure at the interfaces of locally disorder regions is unclear. We will approach these problems using light ion-irradiation (e.g. Ne⁺) as an effective tool to systematically disorder thin film materials. Furthermore, ion-beams can be focused to nm dimensions for generating ferromagnetic nanostructures and order/disorder (B2/A2) phase boundaries. In the proposed 36-month period, with the resource of two PhD students, we will deploy ion-irradiation to investigate disorder induced ferromagnetism along two intertwined approaches: at the HZDR, we will investigate the interfaces of ion-induced ferromagnetic regions by characterizing their magneto-resistive properties. Dipolar fields of the ferromagnetic A2-structures will be investigated as a means to influence parameters such as susceptibility and transition temperature of the surrounding B2-ordered material. At the UDE systematically disordered thin films of B2 -Fe₆₀Al₄₀ and -Fe₅₀Rh₅₀ and track their magnetic and structural changes using X-ray and Mössbauer spectroscopy, thereby achieving a microscopic understanding of the effect of atomic rearrangements on ferromagnetism emerging respectively from paramagnetic and antiferromagnetic precursors. This project will lay the foundation for future investigations on the mechanisms and interface effects in materials exhibiting disorder induced ferromagnetism.

Verständnis der mikroskopischen Ursachen des unordnungsinduzierten Ferromagnetismus in dünnen B2 Legierungsfilmen

[Dr. Rantej Bali, Ph.D.](#)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)
Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung

[Professor Dr. Heiko Wende](#)

Universität Duisburg-Essen
Fakultät für Physik
Forschungsgruppe Experimentalphysik

Fachliche Zuordnung: Experimentelle Physik der kondensierten Materie

Magnetische Phasenübergänge, die durch kleinste strukturelle Änderungen hervorgerufen werden, erlauben eine genaue Untersuchung der Korrelation zwischen magnetischer und struktureller Ordnung. Werden solche Phasenübergänge räumlich beschränkt, ergibt sich zusätzlich die Möglichkeit die magnetischen Eigenschaften an den Grenzflächen der umgewandelten Phasen zu untersuchen. Diese Voraussetzungen sind für bestimmte binäre Legierungen in der B2 Struktur durch den Übergang in die ungeordnete A2 Phase gegeben: In paramagnetischem B2-Fe60Al40 sowie antiferromagnetischem B2-Fe50Rh50 führt die Erzeugung von genügend vielen Gitterfehlern zu einer hohen Sättigungsmagnetisierung. Empirisch wird diese Sättigungsmagnetisierung dabei der durch Unordnung verstärkten Wechselwirkung zwischen nächsten Fe-Fe Nachbarn zugeschrieben. Das Phänomen des unordnungsinduzierten Ferromagnetismus ist zwar bereits seit Jahrzehnten bekannt, allerdings hat sich die Forschung bisher im Wesentlichen auf Volumenmaterialien konzentriert. Es existieren jedoch weiterhin offene Fragen bzgl. des genauen physikalischen Magnetisierungs-Mechanismus. So ist z. B. die Rolle, welche die durch atomare Unordnung hervorgerufene Gitterverzerrung bei der Entstehung des Ferromagnetismus spielt, ungeklärt. Insbesondere ist die magnetische Struktur an den Grenzflächen der ungeordneten Regionen weitgehend unbekannt. Diese offenen Fragen können durch die Verwendung von dünnen Filmen beantwortet werden, in denen Unordnung durch Bestrahlung mit leichten Ionen (z.B. Ne⁺) systematisch erzeugt wird. Weiterhin sind Ionenstrahlen bis auf Nanometer-Dimensionen fokussierbar, was für die Erzeugung von ferromagnetischen Nanostrukturen sowie scharfen (B2/A2)- Phasengrenzflächen verwendet werden kann. Innerhalb des beantragten Zeitraums von 36 Monaten werden wir mit Hilfe der beiden beantragten Doktorandenstellen solche Ionenbestrahlungen durchführen und dabei den durch Unordnung generierten Ferromagnetismus mittels zweier Herangehensweisen untersuchen: Am HZDR werden die Grenzflächen von Ioneninduzierten ferromagnetischen Nanostrukturen mittels der Charakterisierung von grenzflächensensitiven Magnetowiderstandseffekten erforscht werden. Außerdem soll der Einfluss der Dipolfelder ferromagnetischer A2-Nanostrukturen auf magnetische Parameter, wie z. B. die Suszeptibilität des benachbarten geordneten Materials untersucht werden. An der UDE werden B2- Fe60Al40 und B2-Fe50Rh50 Materialiensysteme systematisch bzgl. ihres Ioneninduzierten Unordnungsgrades und der damit verbundenen magnetischen und strukturellen Änderungen mittels Röntgen- und Mössbauerspektroskopie analysiert. Dadurch sollen weitergehende Erkenntnisse über den mikroskopischen Mechanismus des Übergangs vom para- bzw. antiferromagnetischen in den ferromagnetischen Zustand gewonnen werden. Dieses Projekt wird die Grundlage für zukünftige Untersuchungen der Mechanismen und Grenzflächeneffekte in Materialien mit unordnungsinduziertem Ferromagnetismus legen.