

Zusammenfassung

Die für die Anwendungen interessanten Effekte in Ferromagneten, z.B. Magnetowiderstand (MR) und „extraordinary“ Hall-Effekt (EHE), beruhen auf der Spin-Bahn-Kopplung, die meistens näherungsweise mit berechneten Bandstrukturen erklärt wird. In dieser Arbeit wurden der anisotrope MR (AMR) und der Hall-Effekt an 5nm bis 200nm dünnen polykristallinen Kobalt-Filmen in Feldern bis zu 120kOe zwischen 78K und 350K studiert. Die Filme wurden mittels DC-Magnetron Sputtering auf isolierenden Substraten sowie - wegen Interesse an Grenzflächen-Effekten in Ferromagnet/Halbleiter-Übergängen - auch auf p⁺-Silizium abgeschieden.

Durch den temperaturabhängigen Nullfeldwiderstand, den normalen Hall-Widerstand und durch die AFM-Aufnahme wurde die dominierende Störstellen-Streuung in den Körnern identifiziert. An Kobalt auf p⁺-Si wurde der kürzlich als ‚Channel-Switching‘ bezeichnete Widerstandsabfall oberhalb von 200K erstmals quantitativ mit dem thermisch aktivierten Transport über die Schottky-Barriere beschrieben. Mit dem daraus aufgebauten Zweischicht-Modell wurden die oberhalb von 250K beobachteten neuen Effekte, die starken Änderungen der beiden Hall-Effekte und des Lorentz-MR bei hohen Feldern, sowie die Inversion, d.h. den Vorzeichenwechsel des AMR, sehr gut beschrieben.

An Kobalt-Filmen auf isolierenden Substraten zeigten der MR und der Hall-Effekt eine Reihe neuer Effekte, die nur teilweise aufgeklärt wurden. Die durch den temperaturabhängigen EHE erstmals gelieferte intrinsische Hall-Leitfähigkeit von Kobalt stimmt größenordnungsmäßig mit dem erst kürzlich *ab initio* für Eisen über die Berry-Phase an der Fermi-Grenze numerisch berechneten Wert überein. Der magnetfeldabhängige MR im Domänenbereich wurde mittels SQUID-Magnetisierungsmessungen in den drei Hauptrichtungen und mit der Domänenstruktur erklärt. Mit zunehmender Filmdicke wächst eine durch Magnetkraftmikroskopie nachgewiesene, zur Ebene senkrechte Magnetisierungskomponente, die einen Wechsel des AMR zwischen 20nm und 200nm verursacht. Ein weiteres Verständnis des in dieser Arbeit erstmals an Kobalt-Filmen realisierten „geometrischen“ Size-Effektes, dass der AMR im zur Filmebene senkrechten Feld doppelt so groß wie der im Feld in der Ebene ist, verspricht mögliche Anwendungen des AMR bei sehr kleinen Magnetfeldern ($\leq 20\text{Oe}$).

Abstract

For the technical applications, the interesting effects in ferromagnets, e.g. magnetoresistance (MR) and extraordinary Hall-effect (EHE), depend on the spin-orbit-coupling that is explained usually with approximately calculated band structures. In this work, the anisotropic MR (AMR) and the Hall-effect on the 5nm-200nm thin polykristalline Cobalt-films in fields up to 120kOe are studied between 78K and 350K. The films were deposited via DC-Magnetron Sputtering on isolating substrates as well as - from the interest in interface effects in ferromagnet/semiconductor-transitions - also on p⁺-Silicon.

Through the temperature dependent zero field resistance, the normal hall-resistance and through the AFM-topology the dominating impurity scattering within the grains was identified. In Cobalt on p⁺-Si the resistance drop recently designated as ‘Channel-Switching’ above of 200K could be quantitatively described for the first time on the basis of the thermally activated transport over the Schottky-barrier. With the two-layer model constructed from that, new observed effects above 250K, which are the strong changes of both Hall-effects and of the Lorentz-MR in high fields, as well as the inversion that means the change of the AMR, could be very well described.

In Cobalt-films on isolating substrates the MR and the EHE showed some new effects which are only partially enlightened. The intrinsic Hall-conductivity of Cobalt delivered for the first time through the temperature dependence of EHE, agrees in the same order of magnitude with the value that was first recently *ab initio* numerically calculated for iron over the Berry-phase at the Fermi-boundary. The magnetic field dependent MR in the domain area was explained with SQUID-magnetization measurements in the three principal directions and with the domain structures. With increasing thickness of the films, a magnetization component arises perpendicular to the plane, which is proved through the magnetic force microscope and causes a change of the AMR between 20nm and 200nm. A further understanding for the “geometric” size-effect of the AMR which is realized for the first time in this work in cobalt-films, i.e. AMR in the perpendicular field to the plane is twice greater than that in fields in the plane, look set to become possible uses of the AMR in very little magnetic fields (≤ 20 Oe).