

Inhaltsangabe

Die Dissertation beschreibt hochauflösende Messungen mit dynamischer Nichtkontakt-Rasterkraftmikroskopie bei tiefen Temperaturen auf NiO und MnO, wobei Fragen der Langzeitstabilität und die Möglichkeit der Messung von Austauschkräften im Vordergrund stehen.

In einem einführenden Kapitel wird auf die Grundprinzipien der Rastersensormethoden und speziell auf das Rasterkraftmikroskop sowie die damit messbaren Kräfte eingegangen.

Anschließend wird das von mir benutzte 3-Kammer-Vakuum- und Badkryostatsystem, sowie das Mikroskop beschrieben. Bei dem Mikroskop handelt es sich um einen Eigenbau, der über einen *insitu* Proben- und Spitzenwechselmechanismus, einen Probenverschiebetisch und über eine Widerstandsheizung innerhalb des Probenhalters verfügt. Als Detektionsmechanismus wird ein Glasfaser-Interferometer verwendet. Die minimale Messtemperatur liegt bei 10 K.

Sämtliche in dieser Arbeit gezeigten Ergebnisse wurden im dynamischen Nichtkontaktmodus bei tiefen Temperaturen gewonnen. Nur so konnte ein hohes Auflösungsvermögen sowie eine gute Langzeitstabilität erreicht werden.

Während auf MnO keine saubere (001)-Oberfläche präpariert werden konnte, gelang dies mit der NiO(001)-Oberfläche durch einfaches Spalten im Ultrahochvakuum. Auf NiO(001) gelangen atomar auflösende Messungen, welche die Abbildung von Stufenkanten, Adsorbaten und Punktdefekten beinhalten. Für die Messungen wurden anfänglich Silizium-Spitzen, später mit Eisen bedampfte (magnetische) Spitzen verwendet. Es zeigte sich, dass nur eine der beiden Atomsorten (Ni oder O) als Maximum abgebildet wird. $\Delta f(z)$ -spektroskopische Messungen über einem kleinen Bereich der Oberfläche waren aufgrund thermischer Drift leicht verzerrt, zeigten aber einen deutlichen Kontrast zwischen den atomaren Maxima- und Minima-Positionen.

Anhand der spektroskopischen Messungen wurde das Wechselwirkungspotential zwischen Spitze und Probe an unterschiedlichen atomaren Positionen untersucht. Die kurzreichweitigen Kräfte lassen sich durch ein Morse-Potential beschreiben. Dadurch können Bindungsenergien und Abfalllängen berechnet werden. Die spektroskopischen Messungen legen einen minimalen Spitze-Probe-Abstand von $\approx 0,3$ nm nahe. Obwohl bei diesem Abstand ein antiferromagnetischer Kontrast durch Austauschwechselwirkung erwartet wird, der innerhalb der Auflösungsgrenze des Mikroskops liegt, war kein solcher Kontrast zu erkennen.

Abstract

The dissertation deals with high-resolution measurements with dynamic Non-contact Atomic Force Microscopy at low temperatures on NiO and MnO, whereby the main focus lays on the achievement of long-time stability and a feasibility evaluation about measuring exchange forces.

An introductory chapter gives a review of the basic principles of Scanning Probe Methods, especially of the Atomic Force Microscope and the forces that can be measured.

Afterwards the used 3-chamber-vacuum- and bath-cryostat-system, as well as the homebuilt microscope is described. The microscope provides an *insitu* tip and sample exchange mechanism, a sample coarse xy -stage and a resistive heater inside the sample holder. As the detection mechanism an all-fiber interferometer is used. The lowest operating temperature is around 10 K.

All the measurements shown in this work were obtained in the Non-contact mode at low temperatures. This assures the high-resolution capability and good long-time stability.

Whereas on MnO no clean (001)-surfaces could be prepared, this was possible with NiO(001)-surfaces by simple cleavage in ultra-high vacuum. On NiO(001) measurements with atomic resolution were achieved including the mapping of step edges, adsorbates and point defects. At the beginning the measurements were done using sputtered silicon tips, later on tips with a (magnetic) iron coating were used. It came out that only one of the two atom types (Ni or O) was imaged as a maximum. $\Delta f(z)$ -spectroscopic measurements over a small surface area were slightly distorted by thermal drift, but a contrast between atomic maxima and minima positions was clearly observable.

On the basis of the spectroscopic measurements the interaction potential between tip and sample was analyzed site-dependent. The short-range forces can be expressed by a Morse potential and binding energies as well as decay length are calculated. From the spectroscopic measurements one can deduce a minimal tip-sample-distance of $\approx 0,3$ nm. Although at this distance an antiferromagnetic contrast, based on exchange forces, is expected to be within the resolution limit of the microscope, no such contrast was detectable.