

1 Einleitung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Wechselwirkung dünner metallischer Filme von Gold und Kupfer auf der (0001)-Oberfläche von Rhenium untersucht. Untersuchungen an dieser Art bimetallischer Systeme haben unter anderem das Ziel zu klären, inwieweit die Morphologie und das Wachstumsverhalten des Adsorbats von den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Substrats bestimmt wird. Damit verbunden ist die Frage, in welcher Art und Weise sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften der wechselwirkenden Metalle durch die Ausbildung der bimetallischen Bindung ändern. Auch für die Industrie sind diese Fragen von großer Bedeutung. Das Verständnis um die atomaren Prozesse beim Herstellungsprozess bimetallischer Materialien sind Vorbedingung für ein wissenschaftliches Design von gemischten Metallkomponenten mit vielfältiger industrieller Anwendung.

Die Beschichtung von Materialien mit metallischen Filmen zum Schutz vor Oxidation oder in der Optik zur Herstellung hochreflektierender Spiegeln sind wichtige Anwendungsgebiete. Auf dem Gebiet der Elektro- und Halbleitertechnik wurden besonders in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt. Der Miniaturisierung von Halbleiterbauelementen sind anscheinend keine Grenzen gesetzt. Es ist eine Frage der Zeit, wann spezielle Anwendungen in den Bereich atomarer Dimensionen vordringen. Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet bimetallischer Partikel ist die heterogene Katalyse. Kaum noch eine chemische Reaktion wird in der Industrie ohne den Einsatz von Katalysatoren durchgeführt. Oftmals jedoch ist die Natur der katalytischen Aktivität der eingesetzten Materialien nur unzureichend bekannt.

Grundlegend für alle Anwendungen ist das Verständnis von der Natur der bimetallischen Bindung, da durch ihre Ausbildung zum Teil große Veränderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften der wechselwirkenden Metalle hervorgerufen werden. Zum gezielten Studium der bimetallischen Wechselwirkung wird eine gut definierte Substratoberfläche verwendet, auf die meistens durch Gasphasendeposition ein zweites Metall aufgebracht wird. Um störende Restgaseinflüsse zu vermeiden, werden die Untersuchungen im Ultrahochvakuum durchgeführt. Es wurden zahlreiche oberflächenempfindliche Untersuchungsmethoden entwickelt, mit deren Hilfe es möglich ist, Informationen zu Struktur und Wachstum der Metallfilme auf dieser Oberfläche bzw. ihrer energetischen, magnetischen und elektronischen Eigenschaften zu erhalten. Mit der Entwicklung des Rastertunnelmikroskops (RTM) von Binnig und Rohrer wurde es erstmals möglich, direkte Abbilder von der Oberfläche bis hin zur atomaren Auflösung zu erhalten. Das RTM revolutionierte das Gebiet der Oberflächenphysik geradezu.

Untersuchungen an verschiedenen bimetallischen Systemen haben gezeigt, dass das Wachstumsverhalten dünner metallischer Filme auf einer einkristallinen Oberfläche sowohl von den strukturellen Eigenschaften der wechselwirkenden Metalle als auch von energetischen und kinetischen Effekten bestimmt wird. Dabei ist die Struktur des Substrats,

auf dessen Oberfläche die dünnen Schichten abgeschieden werden, ein besonders wichtiger Parameter. Sind die Gitterparameter beider Komponenten ähnlich groß, ist das eine gute Voraussetzung dafür, dass das Wachstum pseudomorph erfolgen kann. Bei dieser Wachstumsform weist das aufgebraute Adsorbat die gleichen Gitterparameter wie das Substrat auf. Daraus wiederum resultieren veränderte physikalische Eigenschaften des Deponats wie zum Beispiel seine elektrische Leitfähigkeit. Auf diese Weise können Materialien mit verbesserten Eigenschaften hergestellt werden, die besonders für die Halbleiter- und Mikroelektronik interessant sind. Bimetallische Bindungen können auch die elektronischen Eigenschaften der verwendeten Materialien derart ändern, dass beispielsweise ein verändertes Adsorptionsverhalten von bestimmten Gasen im Vergleich zum reinen Metall beobachtet wird. Dieser Aspekt ist besonders in der Katalyse von Bedeutung. Abhängig von den Bedingungen beim Herstellungsprozess wie Substrattemperatur, Aufdampftrate und Restgaseinflüsse werden oftmals unterschiedliche Wachstumsformen beobachtet. Diese Tatsache ist häufig der Grund dafür, dass sich die Eigenschaften mancher metallischer Filme mit der Zeit ändern.

Als Substrat haben wir die Rhenium(0001)-Oberfläche ausgewählt. Zum einen weist die (0001)-Oberfläche allgemein eine sehr geringe Korngation auf [PAR96]. Zum anderen ist Rhenium thermisch sehr stabil und somit gut zu präparieren. Mit seiner halbbesetzten d^5 -Schale ist Rhenium auch chemisch relativ stabil. Da auch Gold und Kupfer eine recht stabile Elektronenkonfiguration aufweisen, sollte die chemische Wechselwirkung der Metalle untereinander gering sein. Die Wahrscheinlichkeit, dass es während der Untersuchung zur Legierungsbildung zwischen Kupfer und Rhenium bzw. Gold und Rhenium kommt, ist relativ gering, da bisher keine Volumenlegierungen bekannt sind. Da Gold einen etwas größeren Atomabstand als Rhenium, Kupfer dagegen einen kleineren Atomabstand aufweist, ist ein Vergleich beider Systeme besonders interessant. In welcher Art und Weise äußert sich der unterschiedliche Gittermisfit und wie wird dieser beim Wachstum abgebaut?

Zur Untersuchung beider Systeme kamen verschiedene Untersuchungsmethoden zur Anwendung. Dadurch erhielten wir einen umfassenden Überblick über die Wechselwirkung der betrachteten Komponenten. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag bei der Bestimmung der strukturellen Eigenschaften. Darüber hinaus erhielten wir zahlreiche Informationen zu den energetischen, kinetischen und elektronischen Eigenschaften. Als strukturabbildende bzw. strukturbestimmende Untersuchungsmethoden standen uns die Rastertunnelmikroskopie (RTM) und die Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED) zur Verfügung. Zur Bestimmung der energetischen und kinetischen Eigenschaften wurde die Thermodesorptionsspektroskopie angewandt. Elektronische Effekte wurden mit Hilfe von Austrittsarbemessungen ($\Delta\Phi$) untersucht.

In den letzten Jahren wuchs das Interesse an Gold als Katalysatormaterial. Besonders für die CO-Oxidation besitzt es Bedeutung, da Gold diese Reaktion schon bei Raumtemperatur katalysiert. Im Zusammenhang mit dieser Arbeit fragten wir uns, in wie weit sich diese Eigenschaften ändern, wenn Gold auf Rhenium deponiert wird. Wir führten demzufolge auch CO-Titrationsexperimente durch. Daraus erhielten wir neben Informationen zum CO-

Adsorptionsverhalten auf Gold bzw. Rhenium auch indirekt Hinweise zu den strukturellen und elektronischen Eigenschaften der aufwachsenden Goldfilme.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich wie folgt: Die nachfolgende Beschreibung der physikalischen und chemischen Grundlagen beinhaltet eine allgemeine Einführung zum Filmwachstum und zu den Adsorptionsprozessen von CO auf Übergangsmetalloberflächen. Anschließend werden die chemischen, physikalischen und kristallographischen Eigenschaften der einzelnen Komponenten vorgestellt und verglichen. In einem weiteren Kapitel werden die verwendeten Untersuchungsmethoden beschrieben. Der experimentelle Teil beinhaltet den Aufbau des UHV-Systems. Im Ergebnisteil werden die mit den unterschiedlichen Untersuchungsmethoden zu beiden bimetallic Systemen erhaltenen Ergebnisse präsentiert und diskutiert. Weiterhin werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der CO-Titrationsuntersuchungen sowohl an der reinen als auch an der bimetallic Au/Re(0001)-Oberfläche vorgestellt. Abschließend folgt eine kurze Zusammenfassung.