

9 Ausblick: Gold auf Rutil(110)/Ru(0001) und Rutil(011)-(2x1)/Re(10-10)

Zum Abschluss sollen erste Ergebnisse zu der Abscheidung von Gold auf den verschiedenen Titandioxidfilmen auf Ruthenium(0001) bzw. Rhenium(10-10) vorgestellt werden.

9.1 Gold auf Rutil(110)/Ru(0001)

Die Monolageneichung von Gold auf Ruthenium(0001) gestaltet sich sehr einfach, Gold wächst in der ersten Lage pseudomorph auf, d.h. es bildet sich eine monoatomar hohe, hexagonale Schicht mit der Gitterkonstante des Rutheniums [132]. Damit lässt sich der Goldfluss sehr genau eichen. Bei einem Goldfluss von ca. 0,2 ML/ min. wurde auf eine entsprechend vier Moiré-Monolagen entsprechende Titandioxidschicht ca. 0,3 ML Gold aufgedampft (Abbildung 9.1-1 links). Man erkennt viele Goldcluster, die Größenverteilung zeigt einen Häufungsschwerpunkt bei einem Durchmesser von 3 nm. In STM-Bildern mit Auflösung der Reihenstruktur sieht man auch einzelne Goldatome sowie Cluster aus 2-5 Goldatomen (Abbildung 9.1-1 rechts).

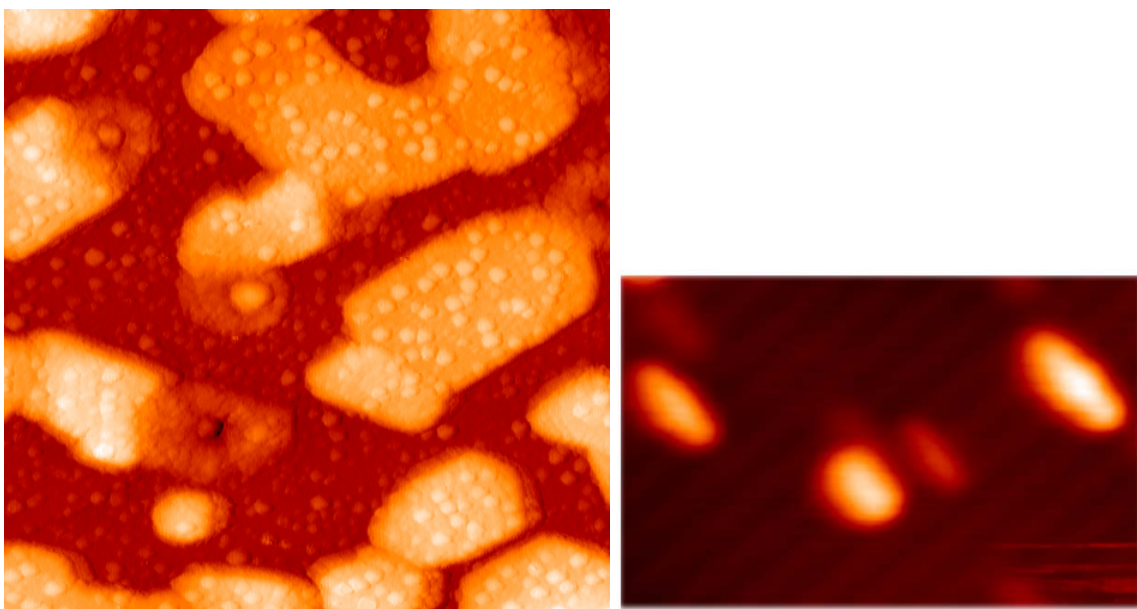


Abbildung 9.1-1: STM Bilder Gold auf Moiré und Rutil/Ru(0001), links ($I = 0,13 \text{ nA}$, $U = 2,3 \text{ V}$, 1000 \AA^2), rechts Goldcluster auf Rutil(110)-Reihen ($I = 5,6 \text{ nA}$, $U = 2,0 \text{ V}$, $75 \times 45 \text{ \AA}^2$)

Das Verhalten von Gold auf der Moiré-Titandioxidschicht wurde bereits in der Diplomarbeit von A. Männig untersucht [115]. Gold auf der Rutil(110)-Oberfläche ist wiederum eines der am besten charakterisierten Gold/Oxid Modellsysteme (man sehe z.B. [77]).

Damit steht katalytischen Untersuchungen am Au/ Rutil(110)/Ru(0001) Modellsystem in Ulm nichts mehr im Wege.

9.2 Gold auf Rutil(011)-(2x1)/Re(10-10)

Die reproduzierbare Goldverdampfung in geringen Mengen gestaltete sich als ein schwieriges Problem. Als genügend stabil erwies sich zum Schluss eine Goldquelle, bei der die Temperatur des zu verdampfenden Goldes direkt gemessen werden konnte (Abbildung 9.2-1). Zwei ineinander steckende Keramikröhrchen gestatteten das Einschmelzen eines W/Re-Thermoelementes Typ D in einen Goldtropfen.

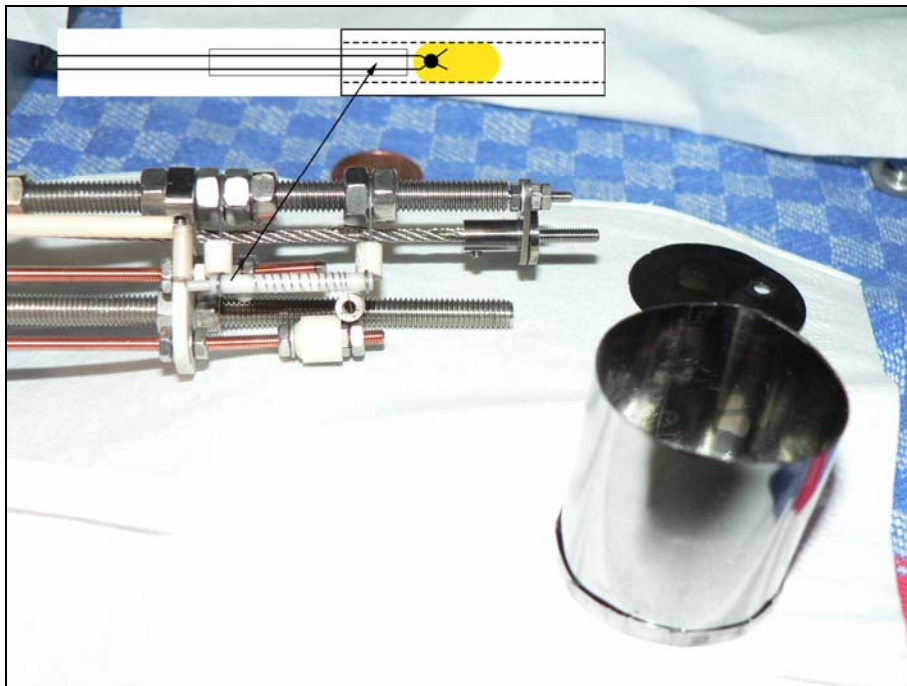


Abbildung 9.2-1: Goldquelle mit Temperaturmessung mittels eines Typ D W/Re-Thermoelementes direkt im Gold: Gold wurde in die Keramik auf das Thermoelement aufgeschmolzen (Schema)

Im Gegensatz zum Messen der elektrischen Leistung einer Heizwendel, die mal gut und mal weniger gut an der Keramik anliegt, hat diese Methode den zusätzlichen Vorteil, thermische Kontaktprobleme durch Veränderung der Lage des Goldtropfens regulieren zu können. Für gewöhnliche Goldquellen war spätestens nach solch einer Lageänderung eine Nacheichung des Flusses notwendig (insofern es auffiel). Zwei Nachteile dieser speziellen Quelle sind die

große Masse und Oberfläche, die zu beheizen sind (Keramik) sowie die nicht vorhandene Kühlung. Damit ist ein großer Druckanstieg während der Verdampfung in der Kammer nicht zu verhindern.

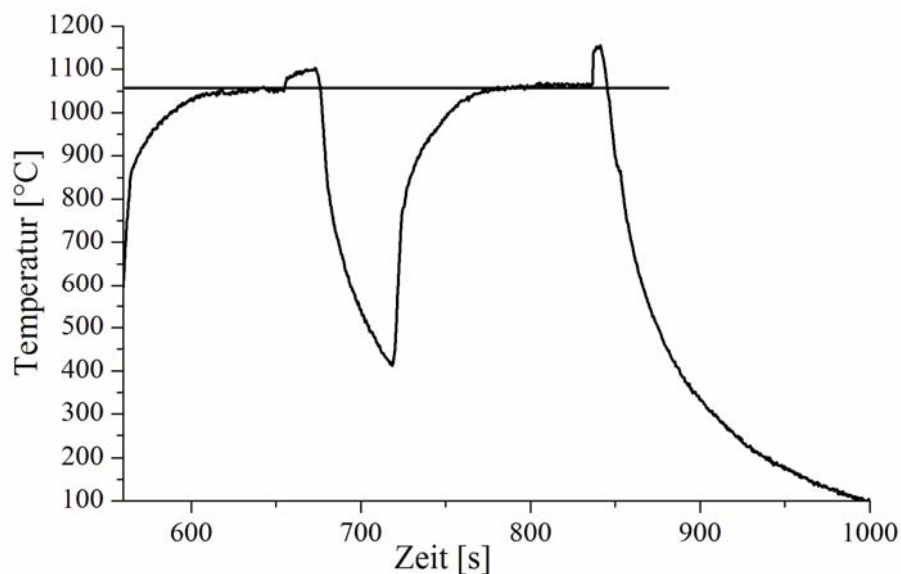


Abbildung 9.2-2: Beispielkurven für den Temperaturverlauf beim zweimaligen Heizen der Goldquelle, trotz Heizens bleibt die Temperatur während des Schmelzens des Goldes konstant bei $1060 \pm 10 \text{ °C}$ (Hilfslinie), nach Beendigung des Schmelzens steigt sie abrupt und sinkt während des Abkühlens

Das Schmelzen des Goldes war während des Heizens sehr gut durch die plötzlich konstant bleibende Temperatur trotz gleichzeitigen Heizens zu beobachten, die gemessene Temperatur ist die Schmelztemperatur und betrug (gemittelt über verschiedenen Messungen) $1060 \pm 10 \text{ °C}$. Dies stimmt hervorragend mit dem theoretischen Schmelzpunkt von 1064 °C [133] überein (Abbildung 9.2-2).

Die Monolageneichung erfolgte durch kumulatives Aufdampfen von Gold auf die Re(10-10)-Oberfläche und die Auswertung der zugehörigen Ab- und Zunahme der XPS Re- und Au 4f-Signale. LEIS war hier nicht Erfolg versprechend, da sich die Verhältnisse der Massen von Helium zu Gold bzw. zu Rhenium kaum unterscheiden (vgl. Kap. 5.2.1). Eine genauere Eichung ist inzwischen über die LEED-Phasen von Gold auf Re(10-10) möglich, die erstmals von Vollmer [21] beschrieben wurden. Mittlerweile ist auch die Realraum-Struktur der Monolage von Gold auf Re(10-10) (eine Doppellage) bekannt [134]. Da der Restgasdruck eine entscheidende Rolle bei den beobachteten Phasenübergängen im LEED-Experiment spielt, muss sich noch zeigen, ob der hohe Kammerdruck während der Verdampfung sich negativ auswirkt. Möglicherweise müsste deshalb das Konstruktionsprinzip der direkten

Goldtemperaturmessung auf einen Goldtropfen, der direkt in einer Wolframspirale beheizt wird, angewendet werden.

Die folgenden XP-Spektren zeigen die Entwicklung des Au 4f-Signals bei kumulativem Aufdampfen (nachstehende Abbildung).

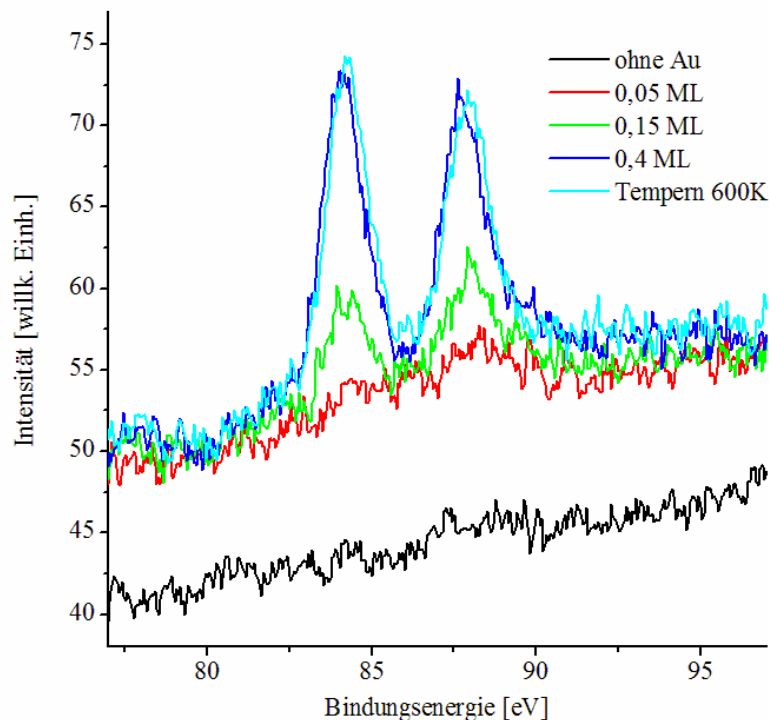


Abbildung 9.2-3: Durch kumulatives Aufdampfen von Gold erhaltene XP-Spektren des Au 4f-Signals der jeweils angegebenen Bedeckung

Die Aufdampf­temperatur des Goldes betrug 1200°C. Wenn man von dem Spektrum bei 0,05 ML absieht, ist im Rahmen des Fehlers keine 4f-Bindungsenergieverschiebung festzustellen. Auch eine Intensitätsveränderung durch Heizen der Probe bei 600K ist nicht ersichtlich. Spätestens hier wird deutlich, dass für die Charakterisierung des Goldes auf der Rutil(011)-(2x1)/Re(10-10)-Oberfläche eine direkt abbildende Methode (STM) notwendig ist. Es existieren zwar Arbeiten, die Goldclusterwachstum auf Rutil(110) mittels LEIS untersuchen [135,136], aber daraus abgeleitete Aussagen erscheinen ohne zugehörige Bestätigung mittels STM in Anbetracht der geschilderten Probleme bei der Auswertung (vgl. Kap. 5.2.4) recht zweifelhaft, zumal sich die Rutil(011)-(2x1)-Oberfläche stark von der Rutil(110)-Oberfläche unterscheidet. Wenn in Zukunft eine eindeutige Gold-Flusseichung möglich ist, können auch hier katalytische Messungen am Au/Rutil(011)-(2x1)/Re(10-10)-System begonnen werden.