



Yue-Lin Huang (Autor)

Wachstumsmoden und Phasenbildung während der Molekularstrahlepitaxie von Gold auf Silizium

Yue-Lin Huang

**Wachstumsmoden und Phasenbildung
während der Molekularstrahlepitaxie
von Gold auf Silizium**



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/3601>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Kapitel 1

Einleitung

Dünne Schichten mit Dicken im Nanometerbereich (10^{-9} m) finden in vielen Bereichen von Industrie und Forschung grosses Interesse. In der Halbleitertechnologie werden z.B. Bauelemente in integrierten Schaltkreisen in Form dünner Schichten hergestellt. Was die Forschung betrifft, so stellt die am zweidimensionalen Elektronengas in einem Metall-Oxid-Silizium-Feldeffekttransistor (MOSFET) gelungene Entdeckung des quantisierten Halleffektes (Nobelpreis 1985) ein gutes Beispiel dar. Ein weiteres Beispiel für den Einfluss des Fortschritts bei der Herstellung dünner Schichten auf die Grundlagenforschung zeigt die Realisierung epitaktischer Strukturen mit Metall/Halbleiter-Grenzflächen in den späten 80er Jahren. Sie ermöglichte, den Bildungsmechanismus der Schottky-Barriere zu studieren, was früher durch die Komplexität atomarer Strukturen an den üblich auftretenden polykristallinen Metall/Halbleiter-Grenzflächen scheiterte [58].

Das System von Gold/Silizium (Au/Si) ist ein einfaches eutektisches System und hat in der Literatur bereits als Modellsystem für die Untersuchung neuartiger Phänomene eine Rolle gespielt. Ein Beispiel hierfür sind die kürz-

lich an einer gestuften Siliziumoberfläche realisierten Goldketten mit den Eigenschaften eines eindimensionalen Metalls (Luttinger-Flüssigkeit) [35]. In der vorliegenden Arbeit wird am Au/Si-System nach Bedingungen für neue Wachstumsphänomene gesucht.

Dazu wurden Deposition von Au oder Kodepositionen von Au und Si auf Si-Substraten mittels Molekularstrahlepitaxie (MBE) durchgeführt. Um die Wachstumsabläufe zu klären, wurde das Wachstum mittels RHEED, TEM und HREM in Abhängigkeit von Substrattemperatur, Depositionsrate, Zusammensetzung des MBE-Strahls und Schichtdicke untersucht. Aus den bei der Deposition von reinem Au beobachteten RHEED-Oszillationen wurde auf ein pseudomorphes Lagenwachstum bis zu einer Bedeckung von zwei Atomlagen geschlossen, gefolgt von der Bildung einer nicht-kristallinen Phase. Im Gegensatz dazu führt die Kodeposition von Au und Si unmittelbar zur Bildung einer nicht-kristallinen Phase. In allen Fällen treten bei weiterer Deposition kristalline Phasen auf, wobei entweder ein polykristallines oder ein epitaktisches Wachstum vorliegt. Dass Epitaxie mit der Bildung einer nicht-kristallinen Phase verbunden ist, deren Zusammensetzung nahe der eutektischen liegt, ist ein wichtiger Befund dieser Arbeit.

Bei allen Experimenten wurde die Deposition bei Temperaturen unterhalb der eutektischen durchgeführt, wo nach dem Gleichgewichtsphasendiagramm keine stabilen Phasen außer den kristallinen Si- und Au-Phasen vorliegen. Die Bildung der bei den Depositionsexperimenten beobachteten nicht-kristallinen Au/Si-Phase, die in der Literatur mehrfach bestätigt wurde, ist auf bei dünnen Schichten nicht zu vernachlässigende Grenzflächeneffekte zurückzuführen. Diese sind im vorliegenden Fall durch die mit der hohen Fehlanpassung

$((a_{Si} - a_{Au})/a_{Au} = 33\%)$ zwischen Gold und Slicium zusammenhängenden Verzerrungsenergie bedingt. Dass die Bildung der nicht-kristallinen Phase für die Entstehung der während der Deposition gebildeten kristallinen Phasen eine Rolle spielt, eröffnet neue Möglichkeiten zu epitaktischem Wachstum.

In den zahlreichen Literaturarbeiten (z.B. [12, 22, 23, 11, 27, 31, 33, 43, 45, 65]) zum Wachstum von Au auf Si-Substraten wurde zumeist die Schichtcharakterisierung nach Unterbrechung der Deposition unter Vakuumbedingungen durchgeführt. Der neuartige Befund der vorliegenden Arbeit, dass die während der Deposition auftretenden kristallinen Phasen zerfallen, sobald der MBE-Strahl abgeschaltet wird, zeigt, dass der Zustand von während der Deposition gebildeten Schichten nur mit Beobachtungen während der Anwesenheit des MBE-Strahls zu ermitteln ist. Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher, durch in-situ Beobachtungen während der Deposition und ex-situ Untersuchungen mittels TEM und HREM Einblicke in die Mechanismen zu erhalten, nach denen der Bildungsprozess einer Metall/Halbleiter-Grenzfläche die Bildung kristalliner Schichten beeinflusst, und damit neue Informationen über die Kontrolle des Wachstums bereitzustellen.