

## 5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit zwei unterschiedlichen Systemen, wobei der Schwerpunkt auf den Wachstumsstudien zum Mangan auf verschiedenen Silizium(100)-Substraten liegt. Dazu wurden Manganmengen zwischen 0,13 ML und 10 ML auf den Substraten bei Raumtemperatur deponiert.

Die Wachstumsstudien von Mangan auf Silizium ergeben, dass sich entgegen der Erwartung, keine glatten Mangan- oder Mangansilizidfilme bilden. Stattdessen wird ein Volmer-Weber-Wachstum beobachtet und es werden zwei unterschiedliche Silizide identifiziert.

Direkt nach dem Deponieren von Mangan bei Raumtemperatur auf der Si(100)-Oberfläche sind mit dem STM keine atomaren Strukturen auflösbar. Jeder Anlassvorgang hat eine Dauer von 5 Minuten. Nach dem Ausheilen bei 385 °C bilden sich Cluster, die zum Teil aus Siliziden bestehen. Temperaturen ab 440 °C ermöglichen die Bildung von sowohl MnSi- als auch  $Mn_5Si_3$ -Inseln. Dieses Wachstum wird hier als bimodales Wachstum bezeichnet [Lippitz2005]. Die MnSi-Inseln wurden auf der Basis von auf ihnen gefundenen atomaren Abstände identifiziert. Die Koexistenz der beiden zuvor genannten Silizide wurde bereits bei dicken Schichten (~300 nm) und unter komplett anderen Bedingungen beobachtet [Zhang1991]. Das teilweise Vorhandensein von Dimerreihen und atomaren Stufen des Substrates erlaubt eine hohe Präzision bei der Bestimmung von lateralen und vertikalen Abständen. Die Fehler betragen für die lateralen und vertikalen Abstände maximal 2%. Bei den dickeren Schichten (10 ML) werden verschiedene atomar aufgelöste Flächen gefunden, von denen einige als MnSi identifiziert werden. Die MnSi-Inseln wachsen von der steileren Seite aus. Das erklärt auch das Fehlen von angefangenen Lagen auf der flachen Seite, die meist atomare Auflösung zeigen.

Auf den 4° fehlorientierten Proben bilden sich gleich nach dem Deponieren von Mangan Cluster auf der Oberfläche, die entlang der Stufenkanten orientiert sind. Bereits ab Ausheiltemperaturen von 375 °C werden kristalline Formationen gefunden, die auf  $Mn_5Si_3$  hindeuten, während nach dem Heizen auf 445 °C Kristallite mit ähnlicher Form, aber mit atomaren Abständen des MnSi gefunden werden. Nach dem Heizen auf 465 °C finden sich große, teilweise kristalline Inseln, die zu einem Teil aus MnSi bestehen.

Aus dem Vergleich zwischen den Resultaten auf zweidomänigen Si(100)-(2×1) und den 4° fehlorientierten Si(100)-Substraten lässt sich schließen, dass das Silizium unter einem geringeren Energieaufwand aus dem Substrat herausgelöst werden kann. Da dies an den Stufenkanten oder Defekten leicht möglich ist, wird die höhere Stufendichte für die Unterschiede in Kristallbildungen verantwortlich gemacht. Eine andere mögliche

Schlussfolgerung, nämlich dass die Mobilität des Mangans auf der eindomänigen, 4° fehlorientierten Si(100)-Oberfläche höher ist, wird ausgeschlossen. Das erklärt auch, warum auf der 4°fehlorientierten Oberfläche keine  $Mn_5Si_3$ -Inseln beobachtet werden (abgesehen vom Formierungsbeginn bei 375°C), da die Bildung solcher Inseln auf einen Siliziummangel zurückgeführt werden kann. Da die Inseldimensionen aber die mittlere Terrassenbreite auf den 4°fehlorientierten übersteigen, steht hier ausreichend Silizium zur Verfügung.

Auf den mit Bismut beschichteten Siliziumsubstraten wird die Silizidbildung bei Raumtemperatur und unterhalb der Desorptionstemperatur des Bismut unterdrückt. Ab 480°C desorbiert ausreichend Bismut von der Oberfläche, so dass Silizium zur Bildung von Mangansiliziden wieder zur Verfügung steht.

Es werden auf den 4°fehlorientierten Proben sowohl MnSi als auch  $Mn_5Si_3$  gefunden.

Auf den glatten, mit Bismut bedeckten Proben finden sich bei höheren Manganbedeckungen und nach dem Heizen mit 530°C MnSi-Inseln. Es bildeten sich auf keiner der untersuchten Proben glatte Mangan- oder Mangansilizidfilme, dafür werden unterschiedliche Inselformen identifiziert.

Neben diesen Untersuchungen werden auch Messungen zur Abhängigkeit des Schmelzpunktes von Bismutinseln von der Oberflächenbedeckung vorgestellt. Diese zeigen ein unerwartetes Verhalten. Für geringe Bedeckungen (7 ML und 11 ML) wurde ein Schmelzpunkt von 296°C gemessen, während bei einer Bedeckung von 76 ML ein Schmelzpunkt von 253°C bestimmt wurde. Diese Veränderung wird auf Verspannungen zurückgeführt, die sich durch das Berühren der Insel ergeben. Es wird vermutet, dass die Inseln auf Grund dieser Berührung untereinander nicht relaxieren können. Eine Abschätzung des aufgebauten Druckes durch eine solche Verspannung ergibt, dass dieser ausreichen würde, um eine Temperaturänderung in der beobachteten Größenordnung (43 K) zu bewirken. Weitere Messungen sind notwendig, um das System abschließend zu behandeln.