

4.5.2 Beobachtungen an dünnen Manganschichten auf mit Bismut beschichteten 4° fehlorientierten Si(100)-(2×1) Substraten.

In diesem Unterkapitel werden die Beobachtungen und Ergebnisse der Wachstumsstudien auf den mit Bismut beschichteten, 4° fehlorientierten Si(100)-(2×1) Oberflächen zusammen-

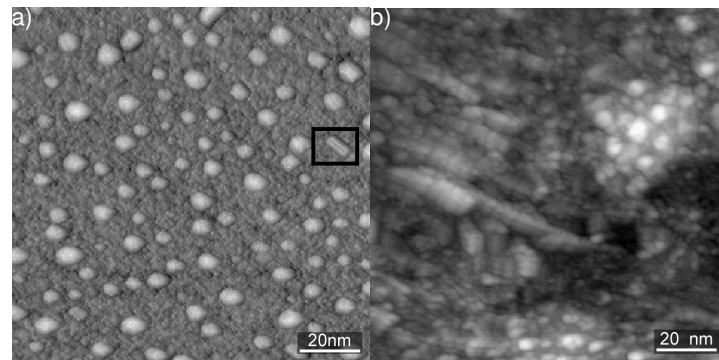


Abb. 4.5.2.1

- a) Gemischtes STM-Bild einer 1,5 ML Mn/1,4 ML Bi/Si(100)-(2×1) Probe, die auf 460°C geheizt wurde.
b) STM-Bild einer 1,5 ML Mn/1,3 ML Bi/Si(100)-(2×1) Probe, die auf 460°C geheizt wurde.

gefasst. Auch hier wurden interessante Strukturen erst nach dem Heizen der Probe gefunden. Abbildung 4.5.2.1 zeigt zwei unterschiedliche Proben, die auf dem selben Substrat gewachsen wurden. Sie sind jeweils für 5 min auf 460°C geheizt worden. In a) ist das Mangan wieder zu Clustern zusammengelaufen. Zwischen den Clustern sind die Strukturen des mit Bismut bedeckten Substrates sichtbar. Es gibt keine Hinweise auf die Bildung von Siliziden. Einzig die mit dem schwarzen Kasten markierte Insel zeigt eine Ausrichtung die direkt mit der 90° Symmetrie des Substrates, bzw. der Bismutschicht, assoziiert ist. Im Gegensatz dazu sind in b) zwar Cluster zu erkennen, zwischen diesen sind keine Strukturen sichtbar, die die Strukturen des Bismut bedeckten Substrates zeigen. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Unterschiede durch die geringere Bismutbedeckung zustande kommen. In vorher angefertigten STM-Bildern war das Substrat der in b) gezeigten Probe

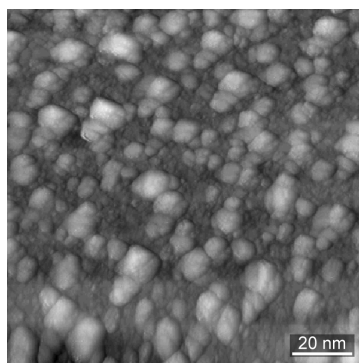


Abb. 4.5.2.2
STM-Bild einer 1,5 ML Mn auf 1,3 ML Bi/Si(100)-(2×1) Probe (4° fehlorientiert), die auf 460°C und 480°C geheizt wurde.

komplett mit Bismut bedeckt. Da die AES-Messung bei a) eine höhere Bismutbedeckung ergeben hat, ist davon auszugehen, dass beide Substrate komplett mit Bismut bedeckt waren. Als einzige Erklärung bleibt, dass die Ausheiltemperaturen geringfügig voneinander abweichen.

Weiteres Heizen der in b) gezeigten Probe auf 480°C für 5 min führt zur Bildung von größeren Clustern (Abb. 4.5.2.2). Zwischen diesen Clustern sind jetzt auch vereinzelt die Strukturen des bedeckten Substrates zu sehen. Diese Beobachtung stützt die Theorie, dass hier geringe

Silizium(100)-Oberflächen

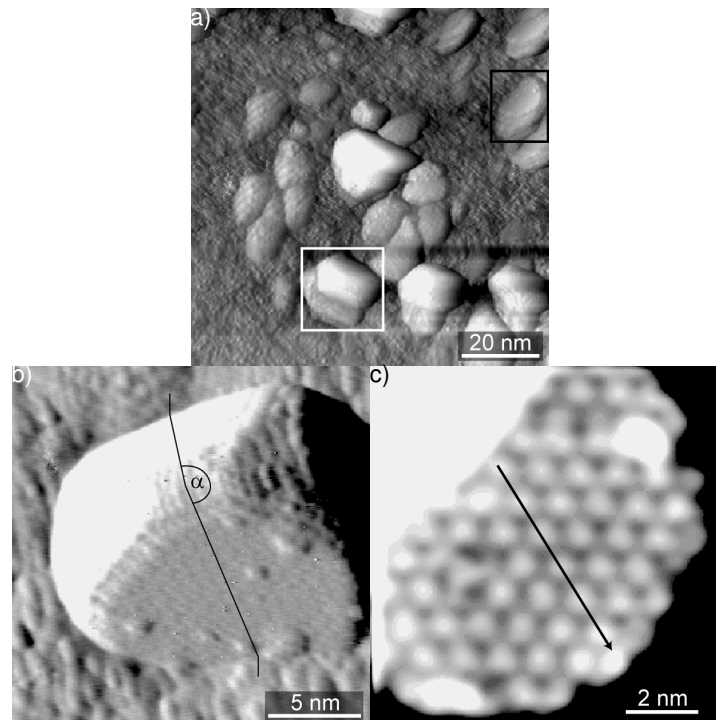


Abb. 4.5.2.3

- a) Gemischtes STM-Bild, der 1,5 ML Mn/1,3 ML Bi/Si(100)-(2x1) Probe, die auf 460°C, 480°C und 510°C geheizt wurde. Der weiße Kasten markiert eine Inselform, wie sie in b) dargestellt ist. Der schwarze Kasten zeigt die Region die in c) gezeigt wird.
- b) Strombild einer Insel mit einem Spitzenwinkel α von 110°.
- c) Mit einem Fourierfilter bearbeitetes STM-Bild der Region im weißen Kasten in a). Der atomare Abstand entlang des Pfeils beträgt 1,24 nm.

Abweichungen in der Ausheiltemperatur zu den in Abb. 4.5.2.1 dargestellten strukturellen Unterschieden führen. Auch hier finden sich keine Indizien, die auf eine Silizidbildung hinweisen.

Erst nach dem Heizen auf 510°C finden sich Strukturen, die eine Identifizierung der Formationen zulassen. In Abbildung 4.5.2.3 ist die 1,5 ML Mn/1,3 ML Bi/Si(100)-(2x1) Probe nach diesem Ausheilvorgang dargestellt. Bereits in dem Übersichtsbild a) ist zu erkennen, dass hier wieder zwei unterschiedliche Inselformen vorhanden sind. Die Insel im weißen Kasten weist eine Form auf wie sie bisher bei den Mn_5Si_3 -Inseln gefunden wurde. Eine solche Insel wird in b) vergrößert und als Strombild dargestellt. Der Spitzenwinkel wurde mittels eines Linienprofils bestimmt und beträgt 110°. Dabei ist der Fehler hier größer als bei einigen anderen Winkelbestimmungen, da hier keine Dimerreihen und Stufen des Substrates zur Kalibrierung zur Verfügung stehen. Die auf der vorderen Fläche sichtbaren Strukturen lassen sich auf Rasterartefakte zurückführen, es handelt sich nicht um atomare Strukturen. Der Spitzenwinkel und das äußere Erscheinungsbild der Insel lassen den Schluss zu, dass es sich um eine Mn_5Si_3 -Insel handelt. Die Insel im schwarzen Kasten wird in Abb. 4.5.2.3 c) dargestellt. Das Bild wurde mit einem Fourierfilter bearbeitet, um die periodischen Strukturen besser hervorzuheben. Entlang des Pfeils in c) wurde in den ungefilterten Daten ein Linienprofil gelegt. Der sich daraus ergebene atomare Abstand beträgt 1,24 nm. Auch dieser Abstand ist, auf Grund der fehlenden bekannten Strukturen, mit einem etwas größeren

Fehler behaftet. Während bei Messungen, die in Anwesenheit von bekannten Strukturen gemacht wurden, von einem Fehler von 2% ausgegangen wurde, können hier Abweichungen zwischen 3% und 8% angenommen werden, je nachdem wie lange die letzte Kalibrierung zurückliegt. Dennoch ist der gefundene Abstand von 1,24 nm signifikant genug, um diese Insel als MnSi identifizieren zu können. Ein solcher Abstand wurde auch in Kapitel 4.4.1 in Abbildung 4.4.1.9 bei einer MnSi-Insel gefunden.

Als Abschluss dieses Kapitels soll hier noch eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse gegeben werden:

- Die geschlossene Bismutschicht auf dem glatten Substrat verhindert eine Silizidbildung bei Ausheiltemperaturen unterhalb von 480 °C.
- Bei höheren Ausheiltemperaturen oder längeren Heizzeiten bilden sich Strukturen, die eine Silizidbildung nahelegen.
- Die Silizidbildung wird verzögert, kann aber auf Grund der niedrigen Abdampftemperatur von Bismut auf der Si(100)-Oberfläche die Silizidbildung nicht verhindern.
- Es werden keine Strukturen gefunden, die auf die Bildung einer Manganschicht hinweisen.
- Bei dickeren Manganbedeckungen werden eindeutig MnSi-Formationen gefunden.
- Auf den 4° fehlorientierten Substraten werden nach dem Ausheilen bei bis zu 480 °C keine Strukturen gefunden, die eine Silizidbildung oder kristalline Manganformierung nahe legen.
- Nach dem Heizen auf 510 °C werden auf der Oberfläche zwei kristalline Inselformen gefunden.
- Eine Insel wird auf Grund des Spitzenwinkels und der äußeren Form dem Mn_5Si_3 zugeordnet, die andere, auf der Basis eines Vergleichs mit Kapitel 4.4.1, dem MnSi.
- Analog zum Kapitel 4.3.2 kann man auch hier von einem bimodalem Wachstum sprechen.
- Auch auf den 4° fehlorientierten Substraten reicht das Bismut nicht aus, um eine Silizidbildung zu verhindern und so Manganschichten zu ermöglichen.