

Wachstumsverhalten von dünnen Manganschichten auf Si(100)- und Bismut terminierten Si(100)-Oberflächen

Im Fachbereich Physik
der Freien Universität Berlin
eingereichte Dissertation



von
Holger Lippitz
aus Berlin
Mai 2005

Gutachter: 1. Prof. Dr. Paul Fumagalli
2. Prof. Dr. Jose Ignacio Pascual

Tag der Disputation: 28.06.2005

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird das Wachstum von Mangan auf Si(100)-Oberflächen untersucht. Die Schichten werden bei Raumtemperatur mittels MBE abgeschieden. Das Mangan wächst bei den in der Arbeit verwendeten Parametern nicht als glatte Schicht. Nach dem Anlassen der Proben bei mindestens 440 °C bilden sich Silizide. Sowohl MnSi- als auch Mn₅Si₃-Inseln konnten eindeutig identifiziert werden. Die auf 4° fehlorientierten Si(100)-Oberflächen präparierten Proben zeigen im Vergleich mit den auf Si(100) hergestellten Proben eine Silizidbildung bei niedrigeren Anlasstemperaturen. Außerdem sind die gefundenen Inselstrukturen auf den 4° fehlorientierten Si(100)-Substraten deutlich größer. Sie bestehen zumindest partiell aus MnSi. Bei den mit Bismut beschichteten Substraten wird die Silizidbildung zunächst verhindert, es bilden sich dennoch keine geschlossenen Manganfilme. Das Erwärmen dieser Proben führt zu einer Desorption des Bismuts. Dadurch werden Teile der Siliziumoberfläche für das Mangan erreichbar und es wird eine Silizidbildung beobachtet. Es werden sowohl MnSi- als auch Mn₅Si₃-Strukturen gefunden. Für die MnSi-Bildung wird ein Modell vorgestellt.

Neben diesen Studien wird auch kurz der Einfluss der Bismutbedeckung auf den Schmelzpunkt von Bismutinseln auf einer Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ R30°:Bi Oberfläche untersucht. Dabei wird eine unerwartete Abhängigkeit gefunden, die auf Verspannungen zurückgeführt wird.

Abstract

In this thesis the growth of manganese on Si(100)-substrates is investigated. The layers are prepared at room temperature using MBE technique. For the parameters used in this work no flat films were observed. After annealing at at least 440 °C, MnSi as well as Mn₅Si₃ islands are unambiguously identified. The formation of silicides starts at lower temperatures on Si(100) substrates with 4° miscut. Compared to the Si(100) substrates, the islands formed are larger in size and consist at least partially of MnSi. On the bismuth-covered surfaces, silicide formation is suppressed at first. During annealing, desorption of bismuth allows the formation of silicide. The silicides are identified as MnSi and Mn₅Si₃. For the formation of MnSi a growth model is proposed.

Beside these studies, the dependency of the melting point of small Bi islands on a Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ R30°:Bi surface is investigated. An unexpected dependency is found and explained with tensile strain.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Untersuchte Systeme	5
2.1	Mangan auf verschiedenen Si(100)-Oberflächen	5
2.2	Bismutinseln auf einer Bismut induzierten Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}R30^\circ$ Rekonstruktion	6
3	Theoretische Grundlagen und experimentelle Methoden	8
3.1	Substrate	8
3.1.1	Silizium(100)-Substrate	8
3.1.2	Silizium(111)-Substrate	9
3.2	Probenpräparation mittels Molekularstrahlepitaxie	11
3.3	Bismut als „Surfactant“ oder Zwischenlage auf Si(100)	13
3.4	Temperaturmessung im Probenkontakt und im thermischen Gleichgewicht	14
3.5	Direkt abbildende Verfahren	16
3.5.1	Rastertunnelmikroskopie	16
3.5.2	Rasterkraftmikroskopie	21
3.6	Beugungsmethoden	23
3.6.1	Beugung von niederenergetischen Elektronen	23
3.6.2	Beugung von hochenergetischen Elektronen in Reflexion	25
3.7	Spektroskopische Methoden	26
3.7.1	Augerelektronenspektroskopie	26
3.8	Aufbau des UHV-Systems	29
4	Experimentelle Ergebnisse	31
4.1	Analyse der verwendeten Substrate	31
4.1.1	Silizium(100)-Oberflächen	31
4.1.2	Vizinale Silizium(100)-Oberflächen	36
4.2	Bismut terminierte Silizium(100)-Oberflächen	38
4.3	Analyse dünner Manganschichten auf Silizium(100)-Oberflächen	42
4.3.1	Beobachtungen an Manganschichten im Submonolagenbereich	42
4.3.2	Beobachtungen an Manganschichten im Bereich weniger Monolagen	54

4.4	Analyse dünner Manganschichten auf vizinalen Silizium(100)-Oberflächen	73
4.4.1	Beobachtungen an dünnen Manganschichten	73
4.5	Analyse dünner Manganschichten auf mit Bismut beschichteten Silizium(100)-Oberflächen	84
4.5.1	Beobachtungen an dünnen Manganschichten auf mit Bismut beschichteten Si(100)-Substraten	84
4.5.2	Beobachtungen an dünnen Manganschichten auf mit Bismut beschichteten 4° fehlorientierten Si(100)-(2×1) Substraten	90
4.6	Vergleich der Beobachtungen auf den verschiedenen Siliziumsubstraten und Schlussfolgerungen	93
4.7	Abhängigkeit des Schmelzpunktes von Bismutinseln von der Bismutbedeckung	96
5	Zusammenfassung	100
6	Ausblick	102
7	Quellenverzeichnis	103
8	Abbildungsverzeichnis	108
9	Akronyme	112
10	Danksagung	113
11	Publikationen	114
12	Lebenslauf	116