

Warum sind sehr dünne amorphe Kohlenstoffschichten fast atomar glatt?

Ausgangssituation

Amorphe Kohlenstoffschichten können mit einer äußerst geringen Rauigkeit abgeschieden werden. So werden z.B. in Geschäftsfeld »Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme« aus einem Methanplasma Schichten mit einer Rauigkeit von 0,19 nm auf Flächen der Dimension 1 µm x 1 µm abgeschieden (Abb. 1). Gerade die nahezu atomare Glattheit prädestiniert diese Schichten für bestimmte tribologische Anwendungen, zum Beispiel auf Festplatten. Erste Erklärungsversuche für die Glattheit von amorphen Kohlenstoffschichten basieren auf der Annahme, dass Ionen mit hoher Geschwindigkeit auf die Schicht aufschlagen und diese kurzzeitig aufschmilzt. Die Oberflächenspannung der Schmelze könnte dann die beobachtete Glättung bewirken. Wir zeigen in diesem Beitrag, dass dieses Szenario unphysikalisch ist und schlagen ein alternatives Modell zur Erklärung der extrem kleinen Oberflächenfluktuationen vor.

Vorgehensweise

Das Wachstum einer amorphen Kohlenstoffschicht durch die Deposition von energiereichen Kohlenstoffatomen wurde mittels klassischer Molekulardynamik simuliert.

Ergebnisse

Das Aufschlagen eines einzelnen Kohlenstoffatoms auf die Schicht führt zum Brechen einzelner Bindungen in der Auftreffregion und zur Bildung eines winzigen Kraters (siehe die zeit-

liche Abfolge des Stossprozesses in Abb. 2, insbesondere das Aufbrechen der Bindung zwischen Atom 1 und 2). Ein lokales Aufschmelzen und eine damit verbundene Glättung der Schicht wurde nicht beobachtet. Im Gegenteil! Das Bombardement raup die Schicht sogar lokal auf, wie Abb. 2 zeigt. Dort wurde eine Schicht durch Deposition von 1000 Kohlenstoffatomen auf einer anfänglich glatten Oberfläche erzeugt. Die eigentliche Ursache der Glattheit der Schichten kam bei Beschuss-Simulationen geneigter Schichten zu Tage. Hier führt das Teilchen-Bombardement zu einer Hangabtriebsbewegung der Schicht, deren Stärke proportional zur lokalen Neigung der Schichtoberfläche ist. Dieser Zusammenhang kann in eine Kontinuumsbeschreibung für das Oberflächenprofil eingesetzt werden, die dann eine zwanglose Erklärung der Glattheit der Schichten liefert. Es zeigt sich, dass die Gipfel der Rauigkeiten Hang abwärts in die Täler erodiert werden. Dieser Glättungsmechanismus erweist sich in unserem quantitativen Modell als so effektiv, dass ein Großteil der verbleibenden Oberflächenfluktuationen durch die lokale stoßinduzierte Aufraupung bestimmt wird.

Das hier dargestellte Modell sollte sich als sehr nützlich für die Beschreibung der Oberflächevolution dünner Schichten (so wie sie typischerweise auf Festplatten zum Einsatz kommen) erweisen. Bei dickeren Schichten kann es infolge von Eigenspannungen zu einer zusätzlichen Strukturbildung kommen (siehe Beitrag auf Seite 28).

Kontakt

Priv.-Doz. Dr. Michael Moseler
 michael.moseler@iwmm.fraunhofer.de

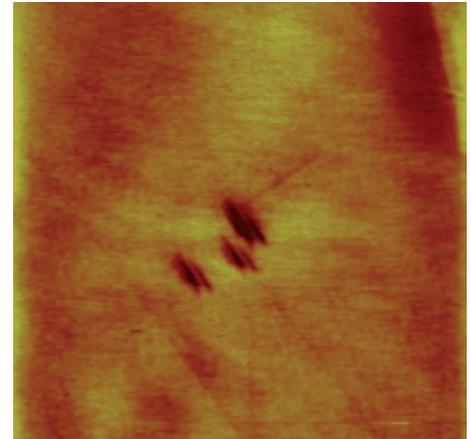


Abb. 1
 Oberflächentopografie einer amorphen Kohlenstoffschicht mit einer Grundfläche von 1 µm² und einer maximalen Höhe von 2 nm.

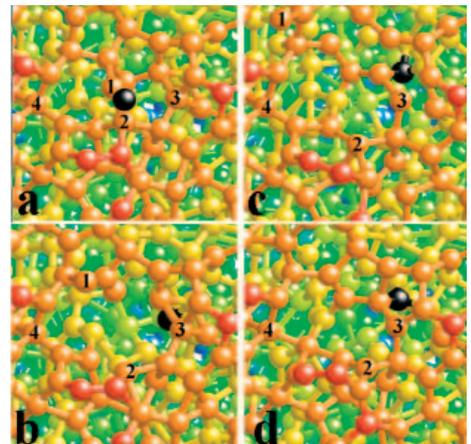


Abb. 2
 Ein Kohlenstoffatom fällt senkrecht zur Bildebene auf eine amorphe Kohlenstoffschicht.

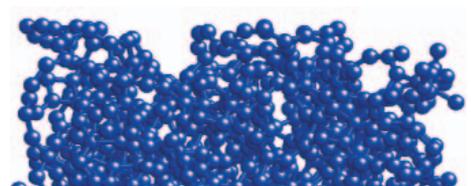


Abb. 3
 Lokale Aufraupung der amorphen Kohlenstoffschichten durch energetischen Teilchenbeschuss.