

Ultraschall-Kraftmikroskopie, Prinzip und Anwendungen

U. Rabe

Fraunhofer IZFP Saarbrücken

Die Kraftmikroskopie ist ein Rastersondenverfahren, bei dem eine scharfe Spitze mit einem Krümmungsradius von wenigen Nanometern in die Nähe der zu untersuchenden Oberfläche gebracht wird und diese abtastet. Die Sensorspitze sitzt auf dem Ende einer mikromechanischen Blattfeder, deren Verbiegung ein Maß für die physikalischen Kräfte zwischen Spitze und Probe ist. Bei dynamischen Verfahren wird die Blattfeder des Kraftmikroskops während des Rastervorgangs in Schwingung versetzt. Aus Sicht der Akustik sind die Sensoren des Kraftmikroskops kleine mechanische Kontinua mit verschiedenen Eigenmoden wie Biege- und Torsionsmoden. Wegen der geringen Abmessungen der Blattfedern liegen ihre niedrigsten Eigenresonanzfrequenzen im Ultraschall-Frequenzbereich. Die Eigenmoden der Blattfedern werden für die Ultraschall-Kraftmikroskopie, die UltraschallReibungsmikroskopie und dem Ultraschall-Piezomode genutzt, mit denen die Elastizität, Reibung und piezoelektrischen Eigenschaften von Oberflächen mit hoher Ortsauflösung abgebildet oder quantitativ gemessen werden können. Bei den Ultraschallkraftmikroskopie-Verfahren wird mittels eines konventionellen Schallwandlers Ultraschall in der Sonde oder der Probe angeregt. Die Wechselwirkungskräfte zwischen Probe und Spitze übertragen Ultraschall von einer schwingenden Oberfläche auf die Spitze des Kraftmikroskops und umgekehrt. Da diese Kräfte nichtlineare Funktionen des Abstands sind, beobachtet man nichtlineare Effekte, wie die Anregung von höheren Harmonischen und einen Gleichrichtereffekt, die für die Messung verwendet werden können. Die verschiedenen Techniken der Ultraschall-Kraftmikroskopie werden mit Anwendungsbeispielen diskutiert.