

Anlage Leistungsbeschreibung „Rasterkraftmikroskop mit hohen Bildraten“

A) Kombination aus AFM und invertiertem optischen Mikroskop mit direkter Überlagerung

1. Das AFM muss auf einem handelsüblichen invertierten Mikroskop montierbar sein und hochauflösende optische Abbildungen mit hoher numerischer Apertur ermöglichen. Die AFM-Messung muss gleichzeitig mit allen gängigen Durchlichtverfahren (Phasenkontrast, DIC, Fluoreszenzmikroskopie usw.) möglich sein.
2. Das System muss eine Kalibrierung des optischen Bildes sowie eine präzise Überlagerung von optischem und AFM-Bild ermöglichen. Dazu ist eine direkte Übertragung des Kamerabildes in die AFM-Software unerlässlich.
3. Es muss möglich sein, das optische Bild mit dem AFM-Scan zu überlagern und den Scanbereich direkt im optischen Bild auszuwählen.
4. Das System muss optischen Zugang senkrecht zur Probenebene sowohl von unten als auch von oben bieten.
5. Das System muss für den Betrieb in Luft, Flüssigkeiten und Gasen ausgelegt sein. Der Scan-Kopf muss gegen Dämpfe und Flüssigkeiten vollständig abgedichtet sein. Die Sonde muss vollständig in Flüssigkeiten eintauchbar sein und alle Komponenten der Flüssigkeitszelle müssen gründlich zu reinigen sein.

B) AFM-Instrumentierung

6. Das AFM muss über eine vollständig motorisierte und automatisierte Justierung von Laser und Detektor verfügen. Der Wechsel zwischen Medien (z. B. Luft und Flüssigkeit) darf keinen manuellen Eingriff an der Hardware erfordern.
7. Das AFM muss im Tip-Scanning-Design (X, Y, Z) ausgeführt sein, sodass die Probe während des Scans relativ zur optischen Achse unbewegt bleibt. Dies bietet maximale Flexibilität hinsichtlich Probengröße und -gewicht.
8. Der AFM-Kopf muss eine motorisierte Neigungskorrektur ermöglichen, um den Neigungswinkel zwischen Probe und XY-Scanebene auszugleichen.
9. Ein kontaktfreier Modus basierend auf sinusförmiger Bewegung des Z-Piezos (Amplitude: 0,001–2 μm) muss verfügbar sein, um die Normalkraft in jeder Bewegungsperiode quantitativ zu kontrollieren.
10. Der verfügbare Probenraum muss einen Durchmesser von bis zu 100 mm und eine Höhe von bis zu 10 mm ermöglichen.
11. Der Scanner muss im Closed-Loop-Betrieb arbeiten können, mit einem Bereich von mindestens $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ in XY und 8 μm in Z. Die Positionsrauschwerte müssen $< 0,09 \text{ nm RMS (XY)}$ und $< 0,04 \text{ nm (Z)}$ betragen.
12. Das Z-Rauschen des Scanners darf 0,015 nm RMS oder besser betragen.
13. Das Rauschen des Detektionssystems für den Cantilever-Ausschlag muss $< 2 \text{ pm RMS}$ sein.
14. Das System muss mit mindestens 1400 Zeilen/Sekunde in Flüssigkeit scannen können (bei mindestens 65 Pixeln in langsamer Richtung), mit schneller Z-Rückkopplung.
15. Der XY-Scanner muss auch im Hochgeschwindigkeitsmodus im Closed-Loop betrieben werden.
16. Ein Sensor in unmittelbarer Nähe der Sonde muss Bewegungen zwischen Probe und Sonde kompensieren (z. B. bei schnellen Bewegungen oder Störungen).

17. Die Bandbreite des optischen Detektors muss mindestens von DC bis 8 MHz reichen.
18. Die Datenverarbeitungssoftware muss sowohl für Linux als auch Windows verfügbar sein; die Controller- und Systemsoftware muss Linux-basiert sein.
19. Eine unbegrenzte Anzahl an Softwarelizenzen zur Datenverarbeitung sowie kostenlose Updates müssen bereitgestellt werden.
20. Das System muss mit einer schallisolierenden Haube und einem elektronisch aktiven Schwingungstisch ausgestattet sein.
21. Neben der Topografie sollen auch mechanische und elektrische Eigenschaften messbar sein. Rohdaten (eine Kraft-Weg-Kurve pro Pixel) müssen speicherbar sein.
22. Die Probenpositionierung in XY muss motorisiert über $20 \times 20 \text{ mm}^2$ mit einer unidirektionalen Wiederholgenauigkeit von $2 \text{ }\mu\text{m}$ erfolgen.
23. Ein Kraftmapping-Modus, der an jedem Pixel eine einzelne Kraftkurve aufnimmt und speichert, muss vorhanden sein. Die Z-Range für dieses Mapping soll durch automatische Motorbewegungen erweitert werden. Dabei werden die separaten Z-Offsets für jede Kurve gespeichert. Der Modus muss nicht-rechteckige Scanregionen erlauben, um Messzeit zu sparen und die Lebensdauer der Sonde zu verlängern. Regionen mit schwierigen Bedingungen können ausgelassen werden („Löcher“ im Datensatz), um Schäden an der Spitze zu vermeiden.

C) Zusätzliche AFM Ausstattung

24. Controller muss 1 Million Pixel/s messen können, 2 16-bit ADC Kanäle mit 64 MHz Samplerate, 8 18-bit ADC Kanäle mit 1 MHz, 1 14-bit DAC Kanal mit 128 MHz, 3 20-bit DAC Kanäle mit 1 MHz. Weiterhin soll der Controller über einen schnellen Lock-in Verstärker und 4 Kanäle für kapazitive Entfernungsmessungen verfügen. Über das Frontpanel sollen leicht alle Ein- und Ausgänge verfügbar sein.
25. Computer mit 64 GB RAM, 2 TB SSD, 4 TB HDD, Monitor (32" WQHD Auflösung), Tastatur und Maus.
26. Messzelle für elektrochemische AFM Messungen (ECAFM) mit Möglichkeit der Temperaturkontrolle von Raumtemperatur bis 60°C. Einsatz von transparenten Elektroden. Messbereich von $30 \times 30 \text{ mm}^2$, mit Anschluss von zwei Flüssigkeitsanschlüssen zur Perfusion und ein Gasanschluss. Ag/AgCl-Referenzelektrode und Pt-Gegenelektrode, mit einfachen elektrischen Anschlussmöglichkeiten. Material der Zelle soll PCTFE sein. Die elektrochemische Zelle muss durch die Software unterstützt werden und einfache zyklische Voltammetrie mit Potentiostaten ermöglichen, die über entsprechende Ein-/Ausgänge verfügen.
27. Optisches Top-View-System für opake Proben, montiert auf Breadboard (inklusive), nutzbar als Stand-alone-System oder in Kombination mit dem invertiertem optischen Mikroskop, nutzt koaxiale Köhler-Beleuchtung mit LED-Lichtquelle bei der die LED-Ringbeleuchtung außerhalb der optischen Achse liegt mit mind. 12-fachen manuellem Zoom und schwenkbaren Arm, mit einer optischen Auflösung $< 4 \text{ }\mu\text{m}$. Das optische Top-View-System soll direkt montierbar auf metrischen Breadboards/optischen Tischen sein und eine Farb CMOS-Kamera mit USB 3.0 enthalten.

D) Zusätzliche Mikroskop Ausstattung

28. Invertiertes Mikroskop mit linkem (C-Mount Videoadapter 1,0x) und rechtem Videoport (Sehfeldzahl 11 oder mehr), Binokular-Tubus 45°/22 mit Okularen 10x/22, und 2 Phasenkontrastobjektiven 10x (NA 0,3) und 40x (NA. 0,6). Kondensor mit langem Arbeitsabstand von über 70mm, NA $\geq 0,3$, Hellfeld, und Phasenkontrastblenden. Lichtquelle mind. 100 W mit Netzteil. Fluoreszenzkondensor, 8-fach Reflektorrevolver und Blendenregler mit Filterblöcken 1: 460–495nm; 505nm; 510nm und 2: 530–550nm; 570nm; 575nm, sowie einem leeren Filterblock. Epifluoreszenz-Lichtquelle mit Emission zwischen 365–635nm, Länge des Flüssigkeitsleiter mind. 3 m. Inkl. einer Farb CMOS-Kamera mit USB 3.0 Anschluss.