



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Wydział Fizyki,  
Astronomii  
i Informatyki  
Stosowanej

II Pracownia  
Fizyczna

## XXIII Studencka Sesja Plakatowa

31.05-04.06.2021

plakat nr

# 14

autor:

Alicja Orzech

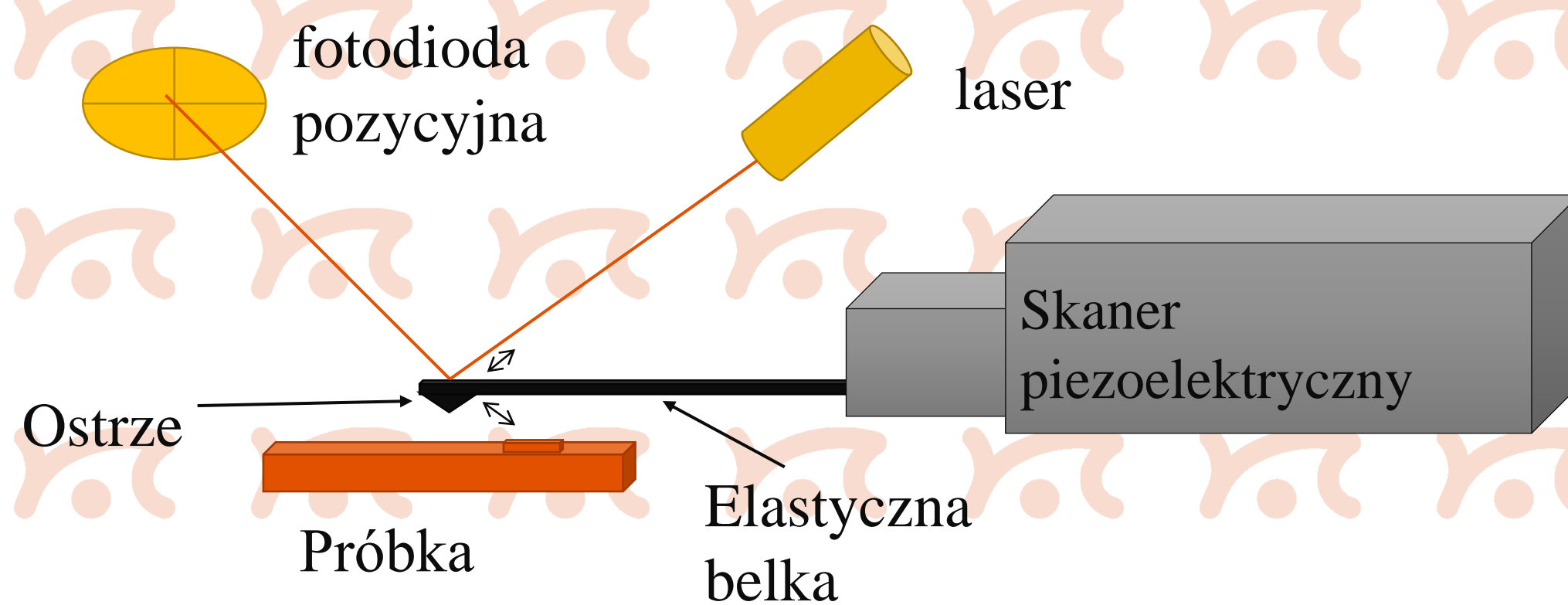
opiekun:

dr hab  
Joanna Raczkowska

# Badanie struktury powierzchni materiałów nieorganicznych za pomocą skaningowej mikroskopii sił atomowych (AFM)

## Streszczenie

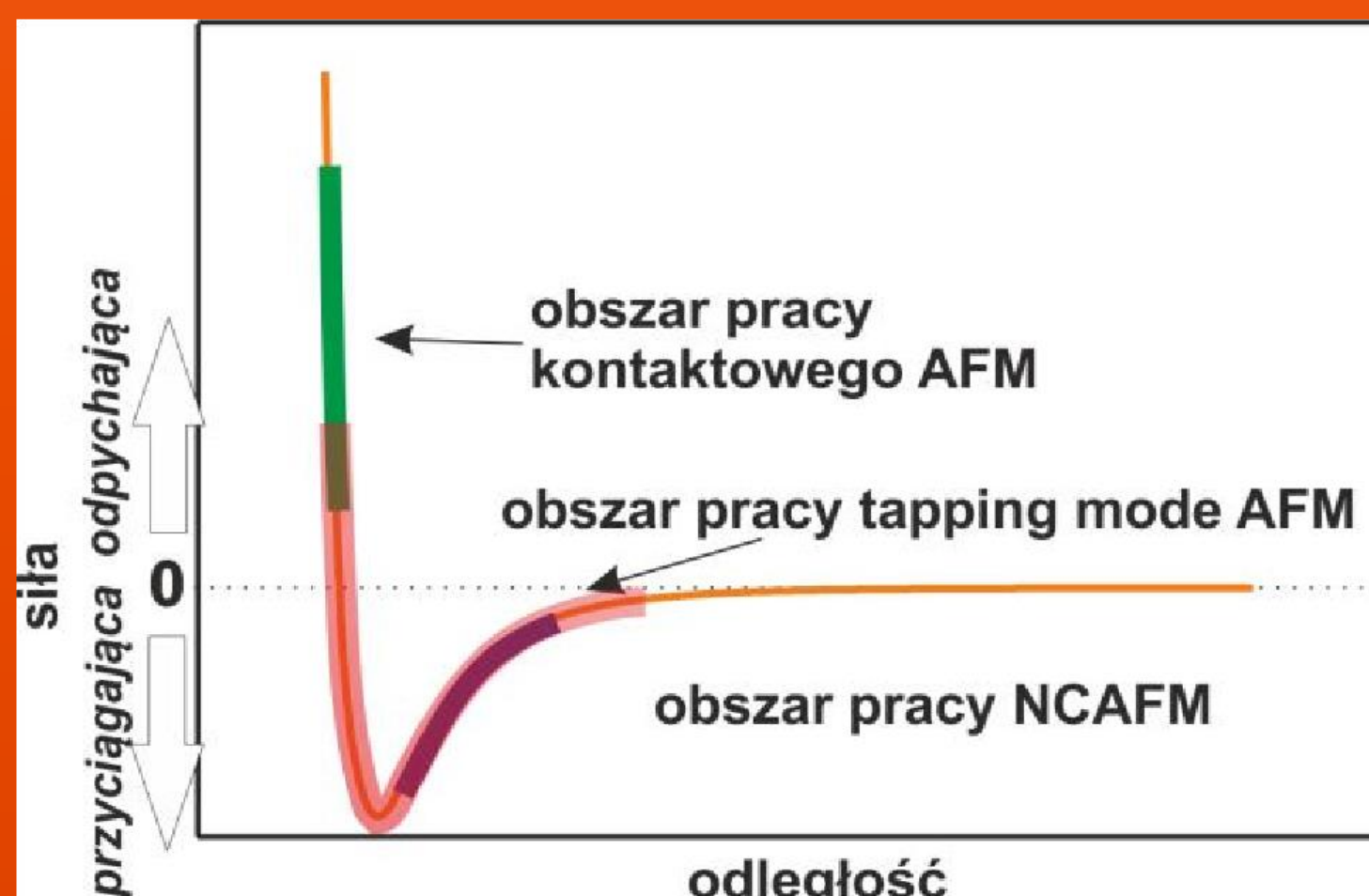
Mikroskopia sił atomowych jest stosowana do badań różnych powierzchni w zależności od zastosowanego trybu pracy. Zaletami trybu kontaktu przerywanego jest niewielka interakcja z powierzchnią, minimalizacja sił skrętnych między sondą a próbką. Metoda ta umożliwia badanie miękkich materiałów. Odpowiednie dostrojenie ustawień gwarantuje wysoką rozdzielczość obrazów i dokładne szacowanie wymiarów próbki.



Rys. 1 Schemat budowy mikroskopu sił atomowych.

## Tryby pracy

Mikroskop AFM pracuje w trzech różnych trybach pracy: kontaktowy, przerywany, bezkontaktowy. Każdy tryb pracy odpowiada innym oddziaływaniom. Dźwignia wprawiana jest w drgania rezonansowe w trybie bezkontaktowym, zaś w trybie przerywanym w drgania o częstotliwości bliskiej do rezonansowej. Siła oddziaływania zmienia częstotliwość rezonansową, co daje informację o topografii powierzchni. W trybie przerywanym topografia mierzona jest poprzez amplitudę drgań. W trybie kontaktowym beleczka nie jest wprawiana w drgania. Siła oddziaływania zmienia wygięcie belki, co daje informacje o topografii.



Rys. 2 Zależność wielkości badanych sił od odległości pomiędzy ostrzem a powierzchnią dla różnych trybów pracy mikroskopu AFM

## Zasada działania mikroskopu AFM

Mikroskopia sił atomowych jest jednym z rodzajów mikroskopii bliskich oddziaływań (mikroskopia skanującego próbnika – SPM), w których analizowane jest oddziaływanie pomiędzy badającym ostrzem a badaną powierzchnią. Mikroskopia AFM służy do badania topografii powierzchni przewodzących i izolujących. Mikroskop AFM zbudowany jest ze skanera, elastycznej dźwigni/beleczki o znanej stałej sprężystości, do której przymocowane jest ostrze, a także z układu optycznej detekcji. Elementy te sterowane są za pomocą oprogramowania komputerowego. W czasie pomiaru ostrze przesuwane jest nad próbką za pomocą skanera, zbudowanego z elementów piezoelektrycznych. W trybie kontaktowym na skutek oddziaływania z podłożem beleczka wygina się. Wygięcie beleczki badane jest poprzez detekcję pozycji odbitego od niej światła laserowego, a następnie przeliczane jest na różnicę wysokości na badanej powierzchni, dając informacje o jej topografii z bardzo wysoką rozdzielczością.

## Układ pomiarowy

Do badań topografii powierzchni zastosowano mikroskop Nanosurf® z oprogramowaniem komputerowym. Badania prowadzono w trybie przerywanego kontaktu. Używano silikonowego ostrza PPR-FMR-50 o danej stałej sprężystości (0,5 – 9,5) N/m.

Badanym obiektem były płytki kalibracyjne o precyzyjnie określonym periodycznym wzorze w formie kwadratów o boku 10  $\mu\text{m}$ , wysokości 200 nm i okresie powtarzalności wzoru 10  $\mu\text{m}$ .

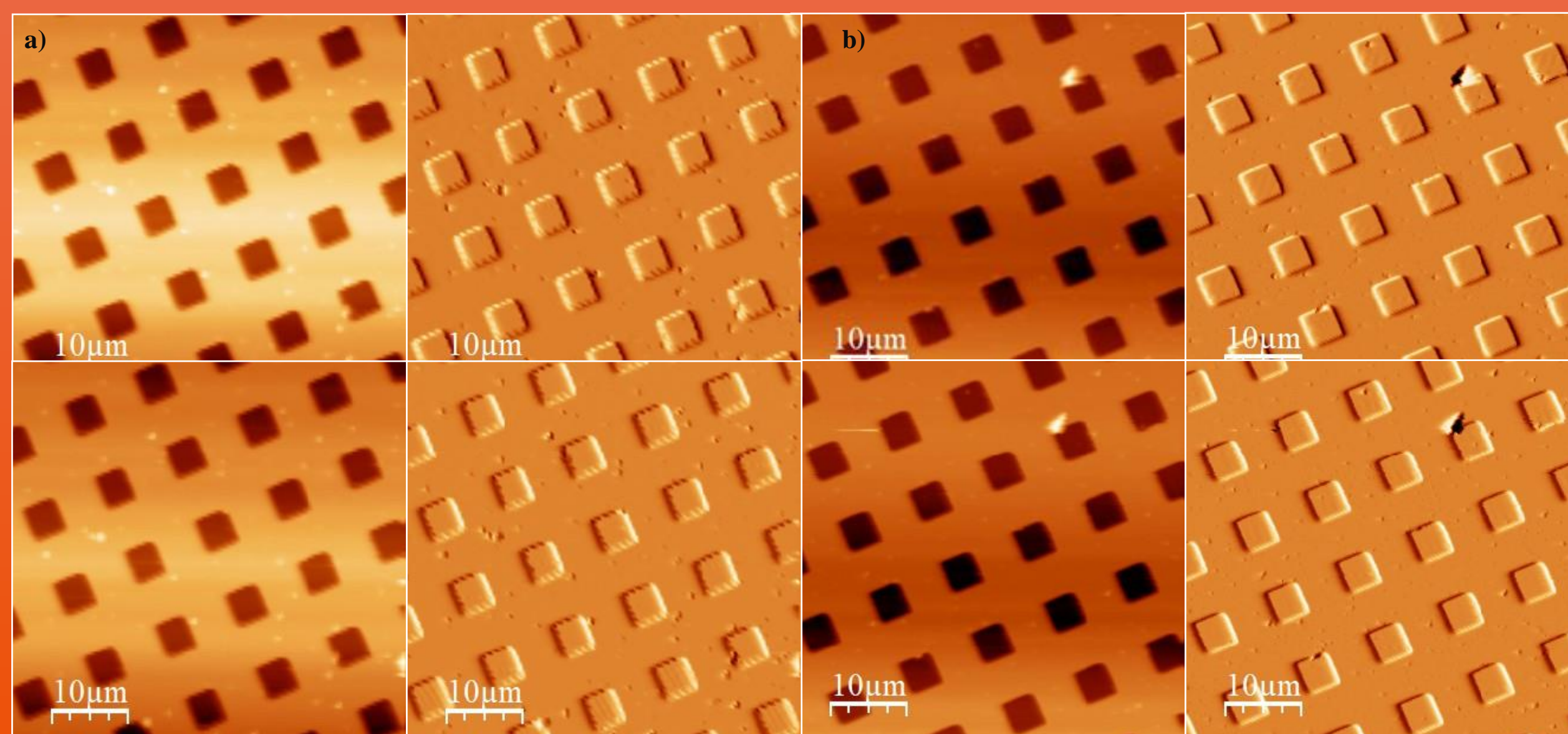


Rys. 3 Parametry płytki kalibracyjnej.



Rys. 4 Urządzenie pomiarowe: mikroskop firmy Nanosurf.

## Obrazy topograficzne i obliczone wymiary wzoru próbki



Rys. 5 Wyniki pomiarów powierzchni próbki kalibracyjnej uzyskana przy: a) najgorszych ustawieniach, b) najlepszych ustawieniach. Obrazy przedstawiają kolejno od lewej: topografie próbki i amplitudę przy skanowaniu w prawą stronę, topografie próbki i amplitudę przy skanowaniu w lewą stronę.

## Podsumowanie wyników

Zapoznano się z działaniem mikroskopu sił atomowych, służącego do badania topografii powierzchni. Wykonano kilka pomiarów próbki o znanych wymiarach w celu optymalizacji parametrów pracy mikroskopu. Za pomocą dedykowanego oprogramowania komputerowego analizowano profil przekroju próbki w celu pomiarów wysokości i okresu obserwowanych struktur topograficznych. Otrzymane wyniki – wysokość **207,96 nm**, okres powtarzalności wzoru **9,79  $\mu\text{m}$**  – są zgodne z danymi podanymi przez producenta, co świadczy o dokładności wykonania ćwiczenia i precyzyjności zastosowanego ostrza. Potwierdza to słuszość stosowania mikroskopii AFM do pomiarów wielkości próbki.

Źródła:

Instrukcja do ćwiczenia <http://www.2pf.if.uj.edu.pl>,

Bartosz Such, *Mikroskop AFM – Instrukcja*, Pracownia Fizyki Materiałów I.

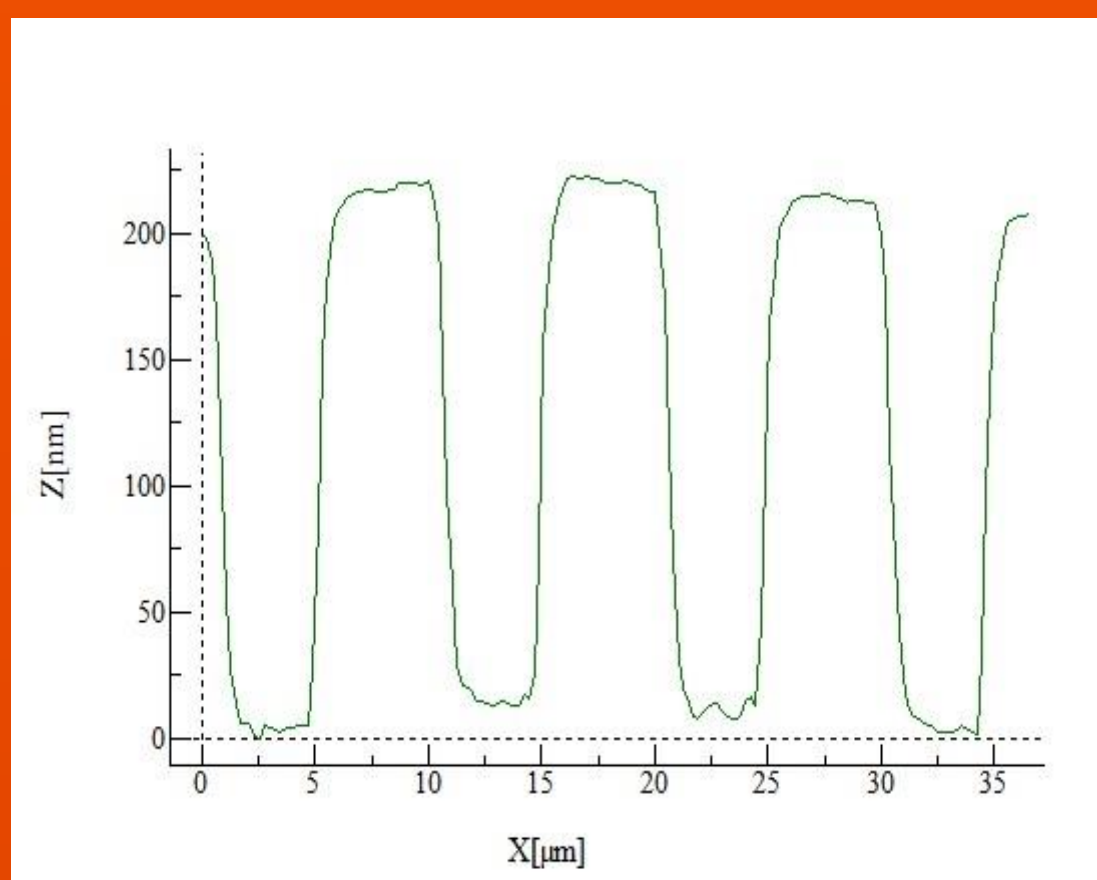
<https://www.nanosurf.com/en/>

<http://home.agh.edu.pl/~kmr/instrukcje/afm.pdf>

Badano wpływ parametrów pracy na jakość uzyskanych obrazów. Parametry te pozwalają na ustalenie rozmiarów i rozdzielczości otrzymywanego obrazu (Image size), szybkości skanowania (Time/line i Points/line), siły oddziaływania (Set point) oraz parametrów sprzężenia zwrotnego (P-gain, I-gain, D-gain).

Najlepszą jakość obrazów otrzymano przy parametrach skanowania próbki: Image size – 50; Time/line – 0,8; Points/Line – 256 oraz ustawieniach kontroli wysokości: Set point – 50%; P-gain – 1800; I-gain – 1000; D-gain – 0. Najgorszą jakość obrazów otrzymano przy parametrach skanowania próbki: Image size – 50; Time/line – 1; Points/Line – 128 oraz ustawieniach kontroli wysokości: Set point – 50%; P-gain – 1800; I-gain – 1000; D-gain – 0.

W celu wyznaczenia rozmiarów, wysokości i okresu wzoru analizowano przekrój poprzeczny obrazu AFM w programie WSxM, otrzymane wyniki przedstawiono w formie tabeli.



Rys. 6 Przekrój próbki wzdłuż osi X dla pomiaru o najlepszych ustawieniach.

	Okres powtarzalności wzoru [ $\mu\text{m}$ ]	Wysokość [nm]
Obliczone wymiary próbki	9,79±0,32	207,96±1,01
Wymiary podane przez producenta	10	200