

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Instituto de Física "*Gleb Wataghin*" - IFGW

F 690A - INICIAÇÃO CIENTÍFICA II

CONSTRUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO
DE UM SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO LINEAR
PARA POSICIONAMENTO DE AMOSTRAS EM SPMs

Relatório Parcial
Segundo Semestre de 2008

Aluna: Renata Bueno Alves
Orientador: Varlei Rodrigues
Coorientador: Bruno V. C. Martins
Coordenador: José J. Lunazzi

1 Resumo do Projeto

O interesse pelos nanossistemas ganhou força nos últimos anos devido aos recentes avanços técnicos e instrumentais. Atualmente tornou-se possível a síntese, caracterização e manipulação de sistemas nanométricos de maneira relativamente bem controlada, além das novas capacidades de tratamento teórico devido aos avanços computacionais. Em particular, técnicas como microscopia de força atômica (*Atomic Force Microscope* - AFM) e microscopia por efeito túnel (*Scanning Tunneling Microscope* - STM) tem atendido largamente as necessidades de caracterização e manipulação de objetos em escala nanométrica. Nestes instrumentos, ditos de microscopia de varredura por sonda (SPM), uma das partes da operação consiste em aproximar a amostra da ponta de prova. O objetivo desta iniciação científica é a construção de um destes sistemas de aproximação inicial, baseado em piezo-atuadores. O projeto propiciará à aluna contato com diversos elementos importantes de desenvolvimento de instrumentos para pesquisa científica e também irá gerar informações necessárias para o desenvolvimento, já em andamento em nosso grupo, de um STM.

2 Introdução

Quando as dimensões de um material são reduzidas a uma escala de nanômetros, suas propriedades físicas e químicas podem ser significativamente diferentes do material macroscópico equivalente. Estas mudanças ocorrem porque o comprimento de onda dos elétrons nestas estruturas torna-se comparável às suas dimensões, originando efeitos de confinamento. Também, a alta razão superfície-volume faz com que muitos átomos do nanossistema estejam num ambiente químico diferente do sólido e que a interação com o meio ou com o substrato modifique substancialmente as suas características. Devido a estas novas propriedades, interessantes e únicas, a pesquisa em sistemas nanométricos tem aumentado exponencialmente nos últimos anos e mostrado seu elevado potencial para gerar novas tecnologias.

A pesquisa dedicada a sistemas nanométricos deve obrigatoriamente levar em conta todo um conjunto de aspectos que incluem a síntese, a caracterização e, finalmente, a manipulação. Nestes dois últimos quesitos, instrumentos tipo SPM como o AFM e o STM têm contribuído de maneira decisiva [1] [2]. O AFM e o STM, junto com outras suas variações, são técnicas genericamente denominadas de microscopias de varredura por ponta (ou por sonda), onde temos uma ponta que varre a superfície da amostra com resoluções que chegam a até décimos do nanômetro, sondando uma propriedade em particular para gerar um perfil de sua variação na superfície em questão [1]. Esta utilização está ligada à necessidade de caracterização. Por outro lado, podemos usar esta ponta para manipular nano-objetos em uma superfície, posicionando os mesmos nos lugares desejados.

Usualmente o dispositivo usado para controlar a ponta de um SPM é um piezo-elemento cujo deslocamento deve ser extremamente bem controlado, permitindo a caracterização e manipulação já citados. Isto também implica que ele não tem um alcance de deslocamento muito grande, ficando restrito usualmente a alguns nanômetros. Neste contexto aparece uma das grandes dificuldades dos sistemas de SPM e nanomanipuladores em geral: sistemas de movimentação que operam na escala entre décimos de milímetro e o nanômetro. No caso dos SPM, estes mecanismos são responsáveis por aproximar a amostra da ponta de prova de maneira suficientemente controlada para que elas não se toquem, mas fiquem afastadas por distâncias compatíveis com o alcance dos tubos piezo-elétricos. Existem várias configurações destes sistemas na literatura [3] e cada um se presta a diferentes graus de controle e condições experimentais. Dentre as possíveis montagens, o sistema tipo *inchworm* proposto por Wolkow [4] é considerado um dos mais versáteis e robustos, além de possuir uma concepção simples. Por isto, o enfoque deste trabalho é a construção e caracterização de um sistema de movimentação linear baseada

naquele descrito por Wolkow para posicionamento de amostras em SPMs.

3 Objetivos e Metas do Projeto

O objetivo deste projeto é formar a estudante Renata Bueno Alves no desenvolvimento de equipamentos científicos, o que envolve elementos como construção mecânica, piezo-atuadores, fontes de alimentação, eletrônica de controle e aquisição de dados. Para isto foi escolhido o desenvolvimento deste sistema de aproximação linear tipo *inchworm* [4]. Ele é parte de um projeto em andamento no grupo de construção de um STM, o que permite à estudante também participar de um projeto maior, interagir com outros estudantes e contextualizar o trabalho que ela está desenvolvendo. Além disso, os tópicos que ela deverá abordar para esta tarefa serão vistos como uma introdução às técnicas de instrumentação. Isto porque a construção deste sistema de aproximação linear envolve somente elementos simples e bem estabelecidos de experimentação científica.

A meta do projeto é construir e caracterizar o sistema de aproximação linear tipo *inchworm*, completamente automatizado e com um sistema de controle de seu deslocamento. O instrumento deverá ser capaz de andar em passos da ordem de alguns nanômetros e aproximar uma amostra da ponta de prova para que esta última possa medir as propriedades de interesse.

O procedimento de deslocamento é ilustrado na figura 1.

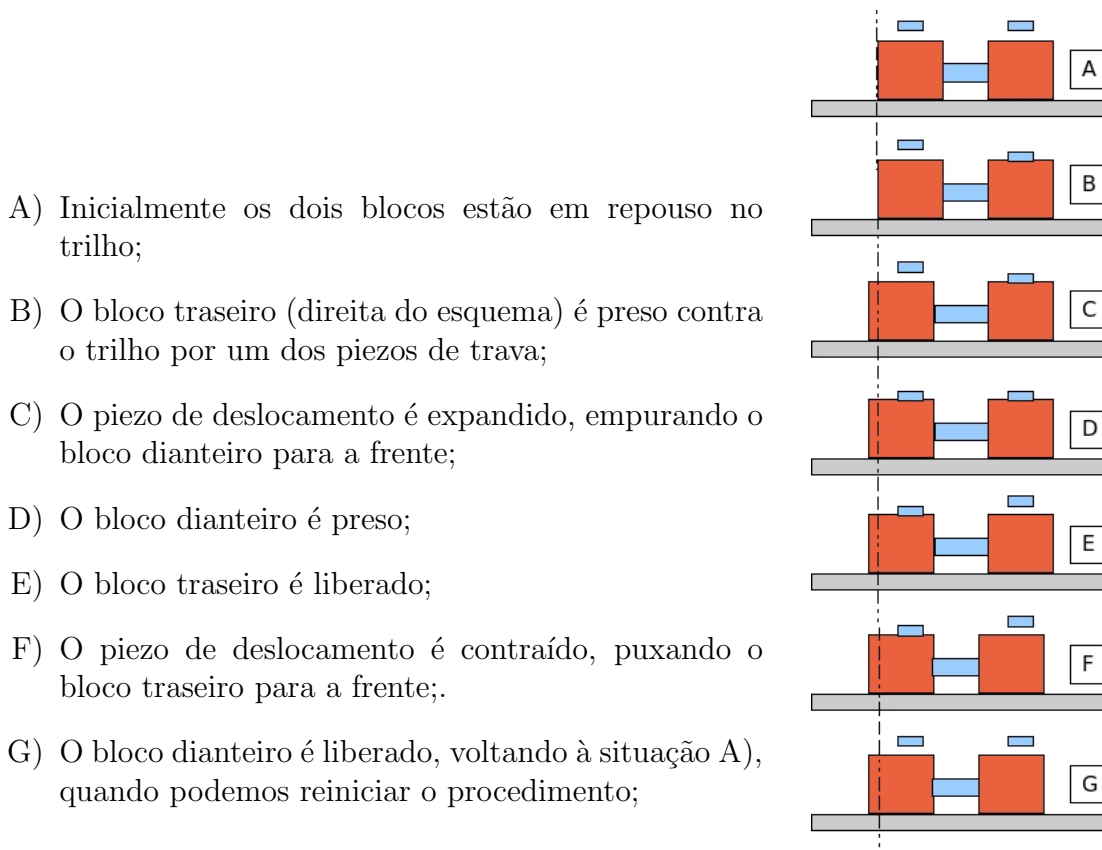


Figura 1: Esquema do procedimento de aproximação.

4 Considerações

Não é desejado sigilo para os resultados do projeto.

5 Palavras-Chave

- 1) PIEZO: É um material que tem como propriedade característica gerar uma tensão como resposta a uma pressão e/ou vice-versa;
- 2) BIMORFO: Junção de dois materiais, no nosso caso, uma cerâmica piezolétrica e uma chapa de cobre;
- 3) TRIPOD: Sistema composto por três piezos: x, y e z, cada qual se movendo numa dessas direções sustentando a ponta, de modo que ela possa varrer a amostra com grande precisão;
- 4) MOVIMENTAÇÃO GROSSEIRA em instrumentos de microscopia de varredura por sonda: É a característica do sistema que estamos construindo, ele apenas aproximará a amostra do *tripod*, e depois a movimentação dos piezos do *tripod* fará a aproximação fina;
- 5) INCHWORM: Tipo de movimentação parecida com a da lagarta da espécie *Alsophila pometaria*, onde ela estica o corpo na horizontal e depois junta os pés, elevando-se como figura 2.



Figura 2: Lagarta - *Alsophila pometaria*, movimentação *inchworm*. FONTE: <http://flickr.com/photos/89089284@N00/2462714212> - 05/10/08

6 Resultados esperados para o curso de F690

1. Caracterização dos piezo de trava: deslocamento vs tensão;
2. Montagem da fonte de alimentação dos elementos piezo-elétricos;
3. Montagem mecânica do sistema de movimentação.

7 Resultados Atingidos

Iniciamos a realização do projeto com a caracterização dos piezos de trava que serão utilizados, essa caracterização é importante pois com os dados levantados poderemos projetar as fontes de tensão que os alimentarão e as dimensões do instrumento a ser construído.

O objetivo então é medir a deflexão (d) que uma certa tensão (V) gera no bimorfo (cerâmica piezolétrica com chapa de cobre) conforme a figura 3.

Para tanto, como sua deflexão é da ordem de micrômetros, fizemos um esquema no qual poderíamos medir por triangulação este valor. Realizamos uma montagem como se segue: prendemos o piezo na posição vertical com uma haste e miramos um laser na parte de cobre desse bimorfo que foi então refletido para um papel gráfico na parede a uma distância x , como indicado na figura 4.

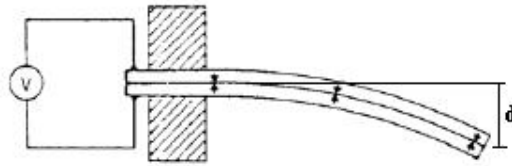


Figura 3: Esquema de deflexão (d) do piezo ao ser aplicada uma tensão (V)

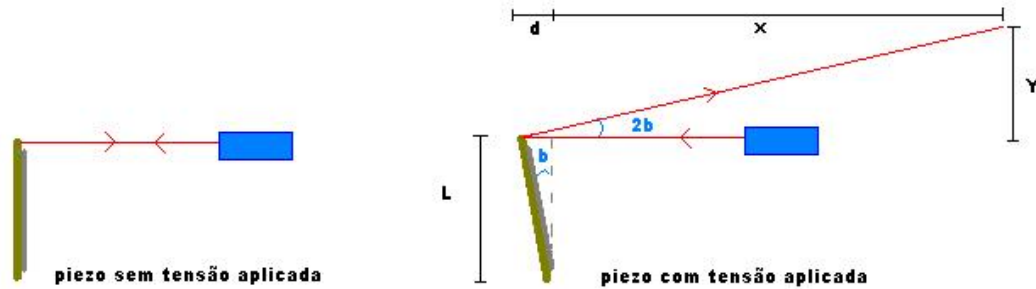


Figura 4: Montagem utilizada para o cálculo da deflexão do piezo de trava

Nesse ponto aplicamos tensões, de 5V em 5V, num intervalo de 0V a -100V tomando nota de y e depois de 0V a 100V da mesma forma, o terra (0V) sempre conectado à parte de cobre da peça e as tensões diferentes na cerâmica. Pudemos então calcular a deflexão (d) pela fórmula abaixo:

Da figura 4 podemos ver que:

$$\operatorname{tg}(2\beta) = \frac{y}{x} \text{ e que } \operatorname{tg}(\beta) = \frac{d}{L}$$

Logo teremos: $d = \operatorname{tg}\left[\frac{1}{2}\operatorname{arctg}\left(\frac{y}{x}\right)\right] * L$

E plotamos os gráficos 5 e 6 'Deflexão (mm) x Tensão (V)' para cada uma das situações.

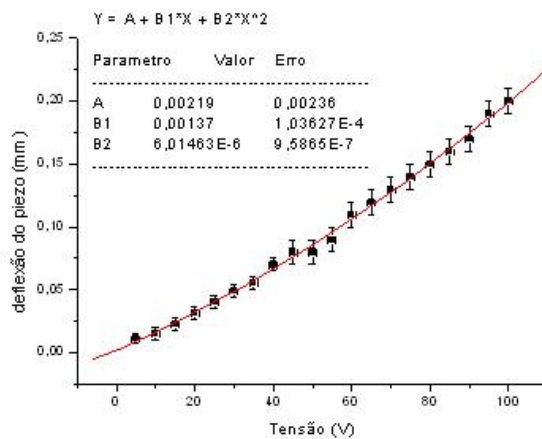
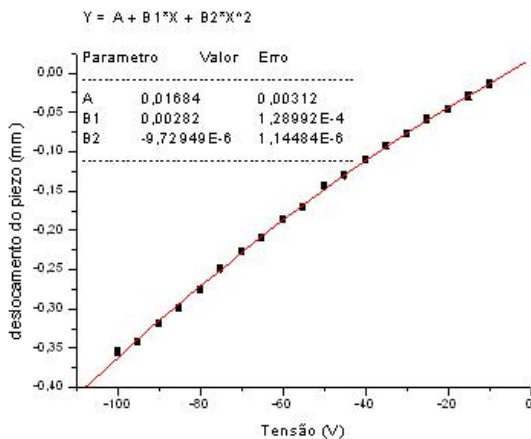


Figura 5: Deflexão (mm) x Tensão (V) (0V a -100V) Figura 6: Deflexão (mm) x Tensão (V) (0V a 100V)

Para esses gráficos fizemos uma análise quadrática que se ajustou devidamente bem aos pontos no intervalo de tensão caracterizado, obtemos pois as relações e os valores calculados para 100V (todos os valores em milímetros):

Gráfico 1:

$$d = (169 \pm 1)10^{-4} + (28 \pm 1)10^{-4}x - (7,2 \pm 1)10^{-6}x^2$$

$$\text{e } d = (20 \pm 1)10^{-2}$$

e do Gráfico 2:

$$d = (2 \pm 2)10^{-3} + (13 \pm 1)10^{-4}x - (6 \pm 1)10^{-6}x^2$$

$$\text{e } d = -(36 \pm 2)10^{-2}$$

Observamos que a deflexão é significativamente maior para tensões negativas com o terra no cobre do que para tensões positivas na mesma situação. Essa divergência pode ser explicada pela própria característica de o bimorfo ser constituído por dois materiais diferentes. No projeto utilizaremos portanto uma alimentação negativa para os piezos de trava (verdade é que se poderia utilizar uma fonte positiva com o terra conectado à cerâmica piezelétrica ao invés do que propomos aqui, mas isso dificultaria o isolamento da chapa de cobre do resto do sistema que também será feito de metal).

Com base nos valores de L (comprimento do bimorfo) e d (sua deflexão) fizemos o desenho seguinte (figura 8) para a parte mecânica do sistema, seguindo o esquema (figura 7):

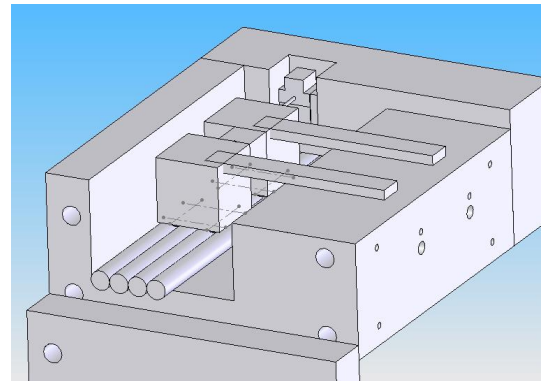
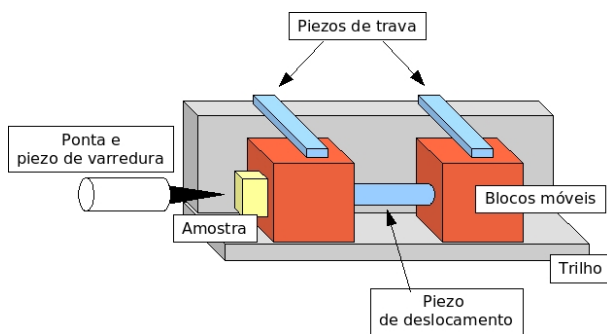


Figura 7: Esquema do sistema de aproximação inicial

Figura 8: Desenho do sistema de aproximação inicial

O sistema será composto das seguintes partes:

- 1) Base central;
- 2) Fecho simples;
- 3) Fecho com fosso para o *tripod*;
- 4) Trilho;
- 5) Blocos móveis;
- 6) Piezo de deslocamento;
- 7) Piezos de trava;

A função de cada parte do instrumento é descrito com detalhes como se segue. A base central consiste em um “U” metálico com dupla função. Primeiramente, ele sustentará quatro hastes cilíndricas tangentes umas às outras em cima das quais as esferas sob os blocos deslizarão, como trilhos guia para os dois blocos se manterem em linha reta. A base central também fixará os dois piezos de trava do lado mais exposto do “U”, os quais pressionarão/liberarão os blocos contra o trilho durante a operação de deslocamento.

O fecho simples apenas terá um chanfro onde serão encaixadas as hastes, de forma a mantê-las na mesma posição. Do outro lado da parte central haverá um outro fecho, este segundo tem o mesmo chanfro e contém também um fosso para sustentar o *tripod*.

Os desenhos do sistema de movimentação foram mandados para a oficina, onde estão sendo construídos. Para o término do projeto e para as próximas semanas, focaremos o trabalho na construção das fontes de tensão, na montagem completa do sistema e então, na caracterização do movimento.

8 Parecer do Orientador

A aluna Renata tem trabalhado com bastante independência no projeto proposto. Como ele envolve partes que requerem conhecimentos técnicos específicos, a aluna tem adquirido experiência em áreas além daquelas oferecidas pelo curso convencional de física. Esta formação é imprescindível para quem pretende se dedicar à experimentação científica. Considero que a aluna tem se dedicado bastante à esta dupla tarefa de estudo e implementação do instrumento, fato que pode ser notado pelos avanços obtidos.

Referências

- [1] G. Binnig and H. Rohrer. Scanning tunneling microscopy. *IBM J. Res. Develop.*, 44(1/2):279–294, 2000.
- [2] G. Binnig and H. Rohrer. Scanning tunneling microscopy - from birth to adolescence. *Review of Modern Physics*, 59(3):615–630, 1987.
- [3] Y. Kuk and J.P. Silverman. Scanning tunneling microscope instrumentation. *Rev. Sci. Instrum.*, 60(2):165–181, 1989.
- [4] R. Wolkow. A variable temperature scanning tunneling microscope for use in ultrahigh vacuum. *Rev. Sci. Instrum.*, 63(9):4049–4053, 1992.