

# ROTINAS NUMÉRICAS PARA O CÁLCULO DA FUNÇÃO GRADIENTE E LAPLACIANO DA MATRIZ DE DADOS EM IMAGENS ADQUIRIDAS POR MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA. Eric Gil, Renato Guimarães Aquino de Oliveira, José Roberto Ribeiro Bortoleto, e Mônica Alonso Cotta. – Inter-áreas – Engenharia de Controle e Automação – Campus Experimental de Sorocaba

A necessidade de se obter informações sobre a superfície de sólidos na escala nanométrica, fez com que fossem desenvolvidos métodos de obtenção de dados dessa superfície de formas variadas, uma delas é a microscopia de força atômica (AFM). A técnica de AFM é muito versátil podendo ser utilizada para os mais diversos fins, como análise de nanoestruturas semicondutores até materiais biológicos. A aquisição dos dados a partir de AFM é relativamente simples, porém as imagens obtidas geralmente necessitam de um tratamento para que os dados obtidos gerem informações corretas sobre a superfície.

A visualização da imagem obtida geralmente é feita por meio de um software, que na maioria dos casos é vendido juntamente com o microscópio. Esses softwares não disponibilizam ao usuário diversas ferramentas de fundamental importância para a determinação das características da superfície analisada. Em particular, nanoestruturas formadas por materiais semicondutores, possuem formas tridimensionais específicas, podendo apresentar um conjunto de planos conectados um ao outro. Dessa forma, é interessante se investigar a distribuição espacial destas facetas ao longo de um grupo de nanoestruturas. Para tanto, pode-se destacar na imagem topográfica de AFM, os diversos ângulos ou curvaturas presentes nas nanoestruturas analisadas.

Neste trabalho foram desenvolvidas duas rotinas de visualização para imagens de AFM através do pacote de programação Builder C++, a saber: função gradiente e laplaciano. Ambas as funções não são encontradas nos softwares comerciais dedicados à técnica de AFM. Estas funções destacam a inclinação e a curvatura em cada ponto de uma estrutura tridimensional, respectivamente.

Por exemplo, a Fig. 1 mostra uma imagem AFM de uma nanoestrutura semicondutora (ponto quântico de InAs/InGaP). A apresentação é bidimensional e revela a topografia da superfície da amostra. A escala de intensidade indica a altura em cada ponto. Quanto mais claro significa mais alto.

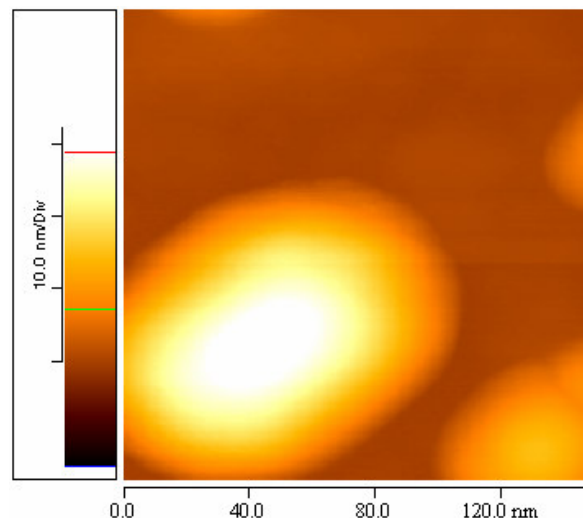


Figura 1- Imagem de AFM (apresentação bidimensional da altura) de uma nanoestrutura semicondutora. A escala de intensidade indica a altura em cada ponto. Quanto mais claro significa mais alto.

Apesar da alta resolução vertical e lateral, imagem topográfica mostrada na Fig. 1, não revela certas características específicas da nanoestrutura semicondutora. Já na Fig. 2, é apresentado na forma bidimensional o cálculo da função gradiente para a imagem de AFM mostrada na Fig. 1. Nesse caso,

quanto mais claro significa um maior ângulo de inclinação com relação a um plano horizontal. Pode se ver claramente que a nanoestrutura apresenta faces anguladas até o ápice da mesma.

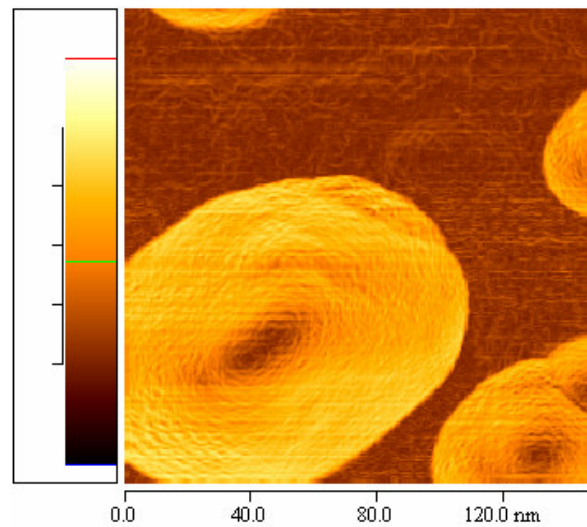


Figura 2 - Imagem de AFM (apresentação bidimensional do gradiente) da mesma nanoestrutura semicondutora da Fig. 1. A escala de intensidade indica a inclinação em cada ponto. Quanto mais claro significa mais inclinado.

A Fig. 3 apresenta na forma bidimensional o cálculo da função laplaciano para a imagem de AFM mostrada na Fig. 1. Nesse caso, quanto mais claro significa um maior a curvatura da superfície em cada ponto. Nota-se que a região de maior curvatura fica na base da nanoestrutura.

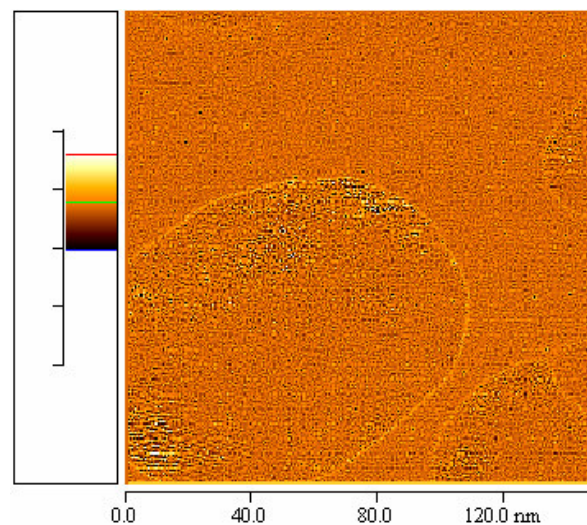


Figura 3 - Imagem de AFM (apresentação bidimensional do laplaciano) da mesma nanoestrutura semicondutora da Fig. 1. A escala de intensidade indica a curvatura em cada ponto. Quanto mais claro significa mais curvado.

As imagens acima mostram que as rotinas do gradiente e laplaciano, de fato, podem ser utilizadas para a análise morfológica de nanoestruturas, quando analisadas por microscopia de força atômica. Não obstante, também podem ser utilizadas para a análise de imagens que não sejam da área de microscopia, como por exemplo, imagens de satélite, entre outros.