



ЭЛЕКТРОСИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

Подготовил студент группы Э-67 Арзиманова Е.В.

Принял к.т.н., доцент каф. ТМиНА Гусев Е.Ю.

ЭЛЕКТРОСИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

В электросиловой микроскопии для получения информации о свойствах поверхности используется электрическое взаимодействие между проводящим зондом и образцом. В полуконтактном режиме АСМ и в ЭСМ используют изменение движения осциллирующего наконечника для получения изображений. Для того чтобы понять эти режимы визуализации, мы в первую очередь должны рассмотреть движение колеблющегося зонда (рисунок 1).

Целью сканирования электросиловым микроскопом является не изображение рельефа поверхности, а скорее изображение электрических свойств поверхности. Это достигается за счет колеблющегося зонда с

металлическим покрытием на некотором расстоянии от поверхности - вне диапазона ван-дер-ваальсовых взаимодействий, так что остаются только дальнедействующие силы (например, электростатические силы).

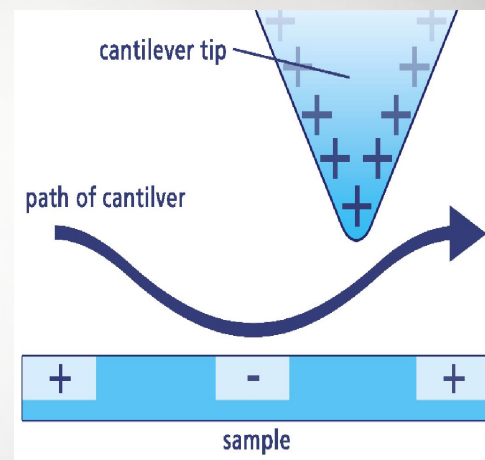


Рисунок 1

В процессе сканирования поверхности, движение зонда зависит от сил между ним и поверхностью ниже. Чтобы понять принцип работы ЭСМ, проще представить зонд и образец как две пластины очень маленькой емкости. Потенциальная энергия U конденсатора с емкостью C и напряжением V определяется по формуле:

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

Сила F - первая производная от потенциала U , в зависимости от позиции z . Сила взаимодействия между зондом и консолью:

$$F = -\frac{dU}{dz} = -\frac{d}{dz} \left(\frac{1}{2} CV^2 \right) = -\frac{1}{2} \frac{dC}{dz} V^2$$

Эта сила зависит как от приложенного напряжения (независимо от расстояния), так и от емкости (в зависимости от расстояния). Это действительно электростатические силы (закон Кулона) в другой форме. Противоположные заряды скапливаются у острия зонда и подложки (как показано на рисунке 2), которые тянут зонд к образцу.

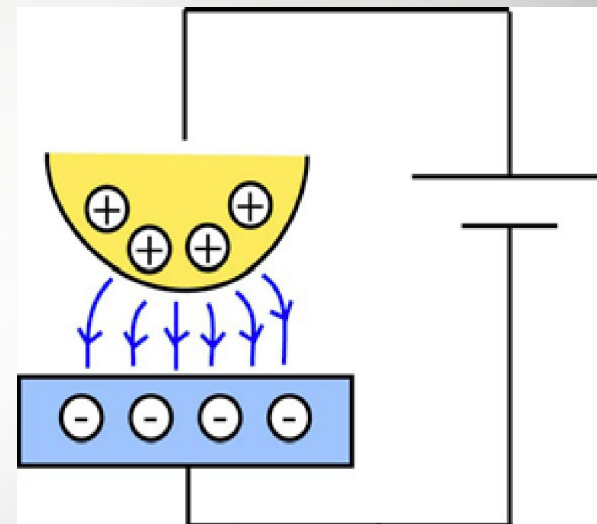


Рисунок 2

Рассмотрим систему, состоящую из зондового датчика, у которого зонд имеет проводящее покрытие, и образца, представляющего собой тонкий слой материала на хорошо проводящей подложке (рисунок 3).

Если тонкий слой на подложке представляет собой полупроводник или диэлектрик, то он может содержать поверхностный заряд, так что на поверхности образца существует распределение потенциала.

Система зонд – поверхность обладает некоторой электрической емкостью, а детектирование амплитуды колебаний зондового датчика на определенной частоте позволяет исследовать распределение вдоль поверхности величины C – производной от емкости по координате z (так называемая емкостная микроскопия). С помощью этого метода можно изучать локальные диэлектрические свойства приповерхностных слоев образцов.

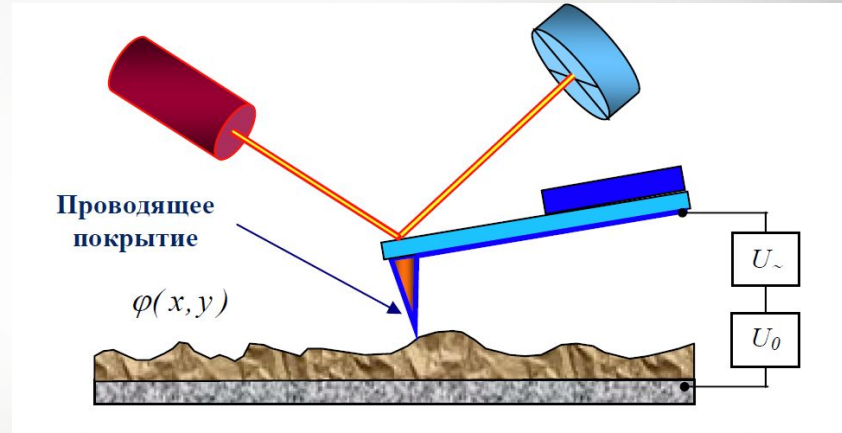


Рисунок 3

Для исследования диэлектрических свойств микросхем может применяться двухпроходная методика (рисунок 4). На первом проходе с помощью пьезовибратора возбуждаются колебания зондового датчика на частоте, близкой к резонансной частоте, и снимается АСМ изображение рельефа в полуконтактном режиме. Затем зондовый датчик отводится от поверхности на расстояние z_0 , между зондом и микросхемой подается переменное напряжение, и осуществляется повторное сканирование.

На втором проходе датчик движется над поверхностью по траектории, повторяющей рельеф поверхности микросхемы. Поскольку в процессе сканирования локальное расстояние между зондовым датчиком и поверхностью в каждой точке постоянно, изменения амплитуды колебаний зондового датчика будут связаны с изменением емкости системы зонд-микросхема вследствие изменения диэлектрических свойств поверхности. Таким образом, итоговый ЭСМ кадр представляет собой двумерную функцию, характеризующую локальные диэлектрические свойства поверхности.

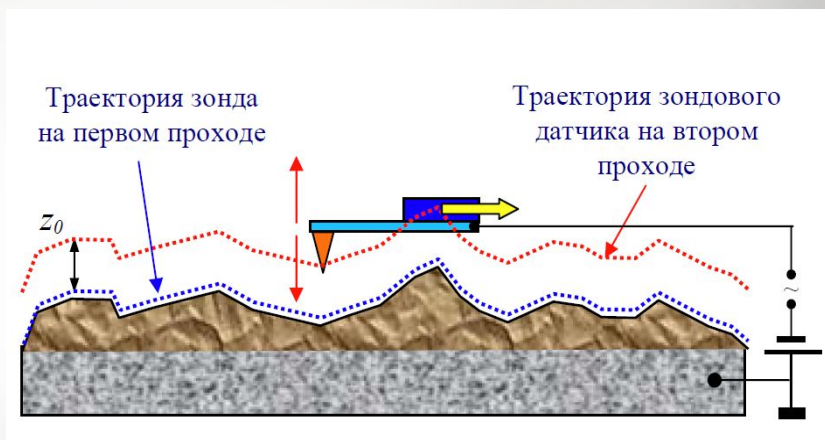


Рисунок 4

ВЫВОДЫ

Электросиловая микроскопия позволяет исследовать диэлектрические свойства образцов, изучать распределение поверхностного потенциала и исследовать логические состояния ячеек памяти интегральных микросхем, анализировать информацию, хранящуюся в микросхеме, даже без нарушения ее работоспособности. Но из-за большой трудоемкости и временных затрат эти методы не приемлемы.