

## **Определение размеров коллоидных квантовых точек в полуконтактном режиме атомно-силовой микроскопии.**

*Аратов Никита Владимирович*

*Студент*

*Московский Физико-Технический Институт (Государственный Университет),  
г. Долгопрудный / ФГУП «НИИ Прикладной акустики», г. Дубна, Россия*

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) позволяет определять с высокой точностью размеры нанобъектов, нанесенных на атомарно-ровные подложки. Важными достоинствами этого метода являются простота пробоподготовки и возможность исследования образца в условиях близких к естественным. Полуконтактный режим сканирования имеет преимущество перед контактными режимами благодаря минимальному воздействию на образец, что весьма важно при работе с биологическими объектами (белки, ДНК) и частицами, слабозакрепленными на поверхности подложки. Тем не менее, для получения реальных размеров изучаемых наночастиц или макромолекул исследователям приходится индивидуально подбирать настройки прибора для каждого образца.

В данной работе нами экспериментально показано, что измеряемые методом АСМ латеральные размеры одиночных нанобъектов являются завышенными. Это уширение вызвано не только конечным размером зонда, но и делокализацией взаимодействия между зондом и исследуемым нанобъектом: на зонд дополнительно влияет сила взаимодействия с подложкой и с соседними нанобъектами. Более достоверной величиной является высота и, следовательно, она может быть использована как характеристика размера наночастиц. В качестве объектов исследования были выбраны полистироловые наносферы (калибровочный стандарт, диаметр – 100 нм) и коллоидные квантовые точки (КТ), нанесённые на подложку из слюды.

При сканировании в полуконтактном режиме АСМ латеральные размеры одиночных полистироловых наносфер завышены примерно вдвое по отношению к их реальным размерам. Полистироловые шарики при создании нужной концентрации могут самопроизвольно образовывать монослой на поверхности слюды, при этом расстояние между центрами наночастиц в монослое в пределах погрешности измерений равно реальному диаметру наносферы.

Более сложным объектом являются квантовые точки. Они представляют собой полупроводниковые нанокристаллы (2 - 7 нм) халькогенидов металлов, покрытые слоем амфифильного ПАВ. Латеральные размеры одиночных КТ, полученные с помощью АСМ, также существенно завышены. Показано, что высота КТ на АСМ-изображении может служить более точным ориентиром при определении размеров наночастиц. Тем не менее, получаемая высота существенно зависит от настроек прибора, таких как частота раскачки кантилевера, амплитуда раскачки, уровень взаимодействия (SetPoint). Высота КТ занижается как при уменьшении SetPoint, так и при увеличении амплитуды раскачки кантилевера. Это, вероятно, вызвано тем, что при увеличении силы воздействия зонд микроскопа механически деформирует наночастицы, покрытые мягкой органической оболочкой. Существенную роль в определении размеров наночастиц играет пробоподготовка образца, в частности термообработка, добавление сильного электролита в раствор КТ, предварительная гидрофобизация/гидрофилизация подложки.

Таким образом, в данной работе показано, что, несмотря на относительно высокую точность определения высоты нанобъектов в полуконтактном режиме АСМ, получаемый результат может существенно варьироваться в зависимости от приборных настроек и способа пробоподготовки образца. Это свидетельствует о необходимости более глубокого изучения принципов взаимодействия зонда микроскопа с изучаемым образцом и подложкой.