

Совмещение зондовых и оптических методов для исследования свойств поверхности с нанометровым пространственным разрешением

В.В. Поляков¹, А.В. Шелаев¹, Е.В. Кузнецов¹, С.В. Тимофеев¹, Д.В. Казанцев^{1,2}

¹NT-MDT Spectrum Instruments, 124460, Москва, Зеленоград, Россия
polyakov@ntmdt-si.com

²Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Аликханова, 117218, Москва, Россия

Описаны современные приборы и методы, интегрирующие возможности сканирующей зондовой микроскопии с методами комбинационного рассеяния и инфракрасной (ИК) микро- и спектроскопии. Представлены экспериментальные результаты, показывающие возможность получения пространственного разрешения на уровне 10 нм в режимах ближнепольной оптической микроскопии в видимом и ИК диапазонах.

Combining probe and optical methods to study surface properties with nanometer spatial resolution

V.V. Polyakov¹, A.V. Shelaev¹, E.V. Kuznetsov¹, S.V. Timofeev¹, D.V. Kazantsev^{1,2}

¹NT-MDT Spectrum Instruments, 124460, Moscow, Zelenograd, Russia

²Institute of theoretical and experimental physics named after A.I. Alikhanov, 117218, Moscow, Russia

Modern devices and methods that integrate the capabilities of scanning probe microscopy with Raman and infrared (IR) micro- and spectroscopy methods are described. Experimental results showing the possibility of obtaining spatial resolution at the level of 10 nm in the near-field optical microscopy in the visible and infrared ranges are presented.

С момента появления, методы СЗМ получили широкое распространение как методы исследования рельефа и различных физических свойств (электрических, магнитных, механических и др.) поверхности с нанометровым пространственным разрешением. Однако, зондовые методы позволяют получать лишь косвенную информацию о химическом составе образцов. Оптические методы (конфокальная микроскопия комбинационного рассеяния, ИК микро- и спектроскопия), с другой стороны, позволяют анализировать химический состав поверхности, но с ограниченным значением используемой длины волны пространственным разрешением. Совмещение их с зондовыми методами позволяет повысить пространственное разрешение оптических методов до уровня, определяемого, как правило, радиусом закругления используемого зонда.

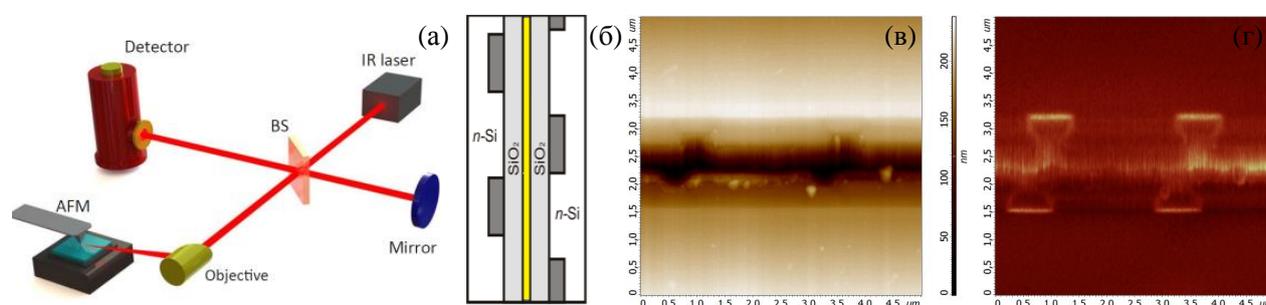


Рисунок 1. (а) – принципиальная схема экспериментальной установки,

(б) – схематическое изображение исследуемого образца,

(в) – рельеф образца,

(г) – оптическая фаза ближнепольного сигнала.

В данной работе представлены результаты (Рис. 1), полученные с помощью сканирующего ближнепольного оптического микроскопа «Интегра Нано ИК», в котором СЗМ интегрирован с оптическим устройством, состоящим из инфракрасного лазерного источника (СО₂-лазер с длиной волны $\lambda = 10,6$ мкм), интерферометра Майкельсона и болометра (Рис. 1). В этой системе, помимо рельефа образца, измеряются контрасты амплитуды и фазы рассеянного иголкой ИК излучения, соответствующие действительной и мнимой частям комплексной диэлектрической проницаемости образца.

Благодаря использованию приемов оптического гомодинамирования и синхронного детектирования на удвоенной (либо утроенной) резонансной частоте зондового датчика, удается выделить локализованную зондом составляющую рассеянного излучения. Тем самым, достигается пространственное разрешение, определяемое радиусом закругления зонда, составляющим около 10 нм.