

ПРЕОДОЛЕНИЕ ДИФРАКЦИОННОГО ПРЕДЕЛА В ОПТИКЕ

Выполнил: студент группы 261-М2
Черкашин Антон

Введение

- Еще совсем недавно считалось, что предел возможному в оптике ставит фундаментальный рэлеевский критерий разрешения оптических приборов. Он заключается в том, что минимальный размер различимого объекта несколько меньше длины волны используемого света и принципиально ограничен дифракцией излучения. Однако в последнее время появилась и вызывает все больший интерес возможность изучения и формирования оптическими методами различных структур нанометровых размеров, которые во много раз меньше длины световой волны λ

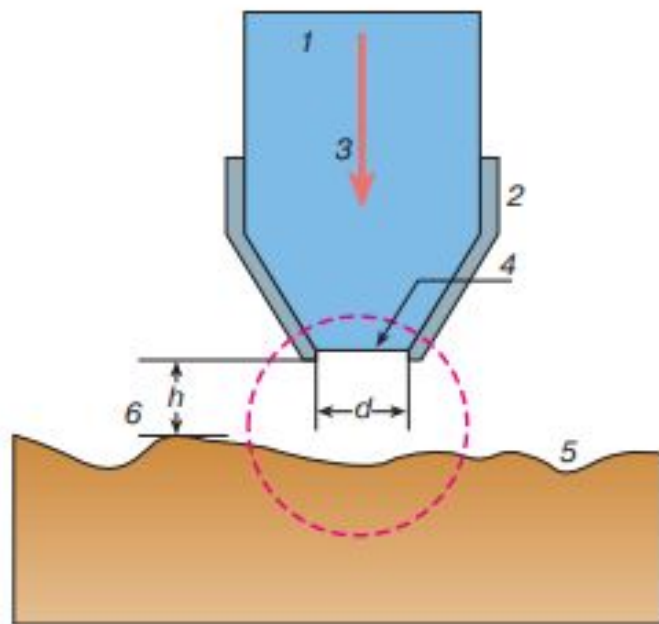


Схема волоконно-оптического ближнепольного зонда: 1 – заостренное оптическое волокно; 2 – металлическое покрытие; 3 – проходящее через зонд излучение; 4 – выходная апертура зонда, $d \ll \lambda$; 5 – поверхность исследуемого образца; 6 – расстояние между исследуемой поверхностью и апертурой зонда, $h \ll \lambda$. Штрихами очерчена область ближнепольного контакта

БЛИЖНЕПОЛЬНЫЙ МИКРОСКОП

- К настоящему времени создано около 20 типов БСОМ, различающихся особенностями оптической схемы и функциональным назначением зонда. В зависимости от наличия или отсутствия диафрагмы на конце зонда их можно разбить на две основные группы: апертурные и безапертурные

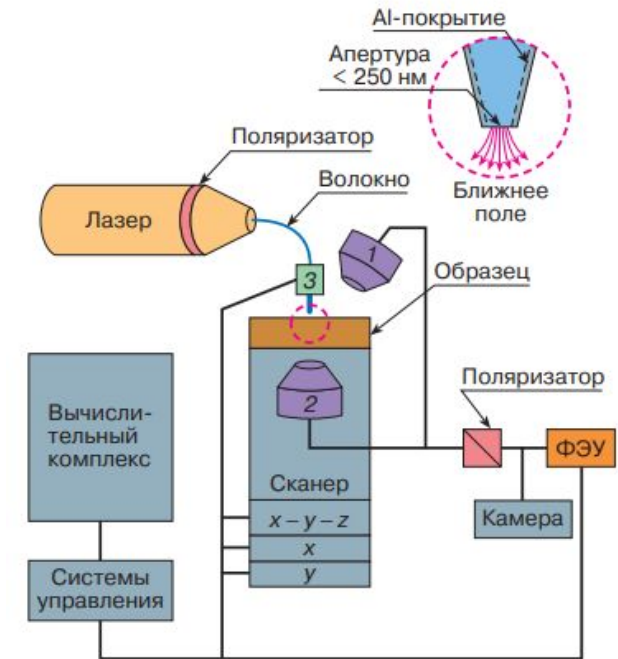


Рис. 2. Блок-схема ближнепольного микроскопа: 1 – микрообъектив, работающий в отраженном свете; 2 – микрообъектив, работающий в проходящем свете; 3 – пьезодвижитель для перемещения зонда. Штрихами очерчена область ближнепольного контакта

- Основной характеристикой БСОМ является пространственное разрешение, которое в сильной степени зависит от условий освещения или в более общем случае – от наблюдения образца, структуры его поверхности и микрогеометрии зонда. Известно, что функция импульсного отклика дифракционно-ограниченной оптической системы описывается распределением Эри. Полуширина главного максимума распределения соответствует разрешению по Рэлею: $\Delta x = 0,61\lambda/\sin\phi$, где ϕ – апертурный угол. В пределе при $\phi \rightarrow \pi/2$ $\Delta x \rightarrow \Delta x_{\min} = 0,61\lambda$. При прохождении света через малую диафрагму из-за рассеяния и геометрических ограничений происходит искажение и расширение Δf спектра переносимых пространственных частот, которое также описывается распределением Эри $\Delta f = 0,61/a$. В результате при $a \rightarrow 0$ волновое поле непосредственно за диафрагмой содержит сколь угодно большие пространственные частоты и как следствие этого $\Delta x_{\min} \rightarrow 0$.

ПРИМЕНЕНИЯ БЛИЖНЕПОЛЬНОЙ ОПТИКИ

- К числу объектов, для которых проблема локальности оптического анализа играет первостепенную роль, относятся гетероструктуры с квантово-размерными свойствами. В них с помощью БСОМ удастся не только локализовать отдельные центры люминесценции, что само по себе представляет значительный интерес, но и разделить их спектры. Такие исследования дают ценную информацию как о структурных особенностях системы, в том числе о шероховатости (на атомном уровне) границ раздела, так и о механизме диффузии и распада квазичастиц типа экситонов.
- Ближнеполевая микроскопия представляет большой интерес для различных биологических исследований.
- БСОМ способен регистрировать единичные молекулы флуорофоров. При этом многократное сканирование поверхности позволяет следить за динамикой процессов, связанных с изменением положения молекул, их ориентацией, прочностью связи с окружающей матрицей и т.д., в том числе при импульсном облучении с нано- и пикосекундным разрешением во времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Преодоление дифракционного предела в оптике или в более широком смысле – в науке о волнах – означает на самом деле более глубокое проникновение в заложенные в электродинамике информативные возможности. Еще раньше были достигнуты значительные успехи в расшифровке дифракционных картин (например, космических объектов), позволяющие определять размер объекта (например, диаметр звезды), даже если он значительно меньше длины волны регистрируемого излучения. Однако для такой расшифровки необходимо заранее знать форму объекта. Принципиально новым моментом, связанным с созданием и развитием ближнепольной оптики, является возможность получить с помощью оптических методов информацию о мельчайших объектах произвольной формы и локально воздействовать на НИХ