

ПЛАЗМОННЫЙ РЕЗОНАНС (Plasmon Resonance)

*Ты волна моя морская,
Своенравная волна,
Как, покоясь иль играя,
Чудной жизни ты полна!*
Ф.И. Тютчев



Коллективный прыжок «электронов»

Помните старый детский анекдот про китайцев: ученые подсчитали, что если все население Китая одновременно подпрыгнет вверх на один метр, то Земля сойдет с орбиты и упадет на Солнце? Не менее необычное явление произойдет с отраженным светом, если электроны на поверхности отражающего материала (металла) одновременно «подпрыгнут». В условиях полного внутреннего отражения (когда весь свет, падающий на поверхность, отражается от нее) интенсивность отраженного света резко уменьшится при определенном угле падения и длине волны падающего света, а электроны при этом совершат «коллективный прыжок» за счет поглощенной энергии (рис. 1). Коллективные колебания («прыжки») электронов относительно ионов металлов на поверхности называют поверхност-

ными плазмонами, а описанное выше явление специфического поглощения света – поверхностным плазмонным резонансом.

Явление поверхностного плазмонного резонанса круглосуточно могут наблюдать жители и гости нашей столицы, любящая рубиновой окраской звезд Кремля. Немногие знают, что «рубиновое» стекло звезд на самом деле является «золотым» и представляет собой наночастицы золота, растворенные в высококачественном стекле (см. *Наностекло*). Так что отчетливо различимый красноватый цвет кремлевских звезд при освещении их изнутри мощными лампами накаливания обусловлен плазмонным резонансом на поверхности наночастиц золота. Максимум поглощения для плазмонного резонанса наночастиц золота находится вблизи 520 нм (зеленый цвет), а прошедший от ламп накаливания свет, после «вычитания» зеленого, имеет красноватую окраску. Таким образом, изменив размер золотых наночастиц, можно было бы поменять цвет Кремлевских звезд (рис. 2).

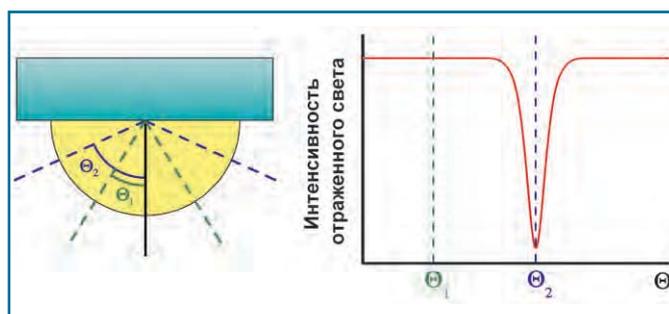


Рис. 1. Уменьшение интенсивности падающего света при поверхностном плазмонном резонансе

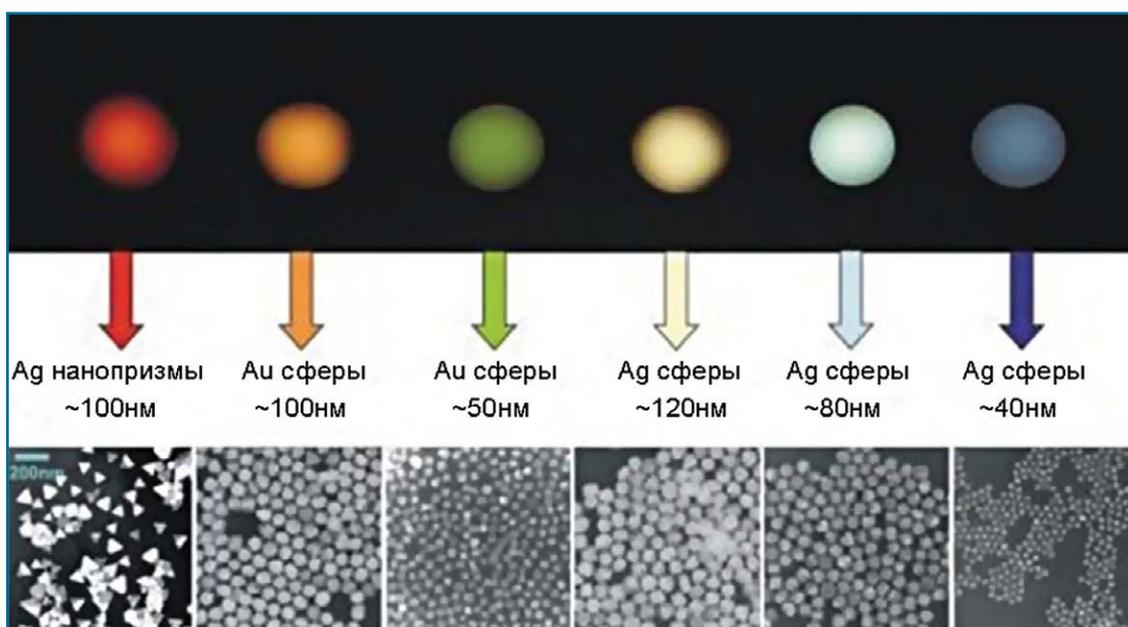


Рис. 2. Влияние природы, размера и формы нанокристаллов золота на их оптические (рэлеевское рассеяние света) свойства. Масштаб на всех снимках одинаков.

Условия резонансного возбуждения поверхностных плазмонов зависят не только от свойств металлической поверхности, на которой они возбуждаются, но и от диэлектрических свойств среды (воздух, адсорбированная пленка), с которой эта поверхность граничит. Любая тонкая пленка на поверхности металла сразу изменяет условия резонансного возбуждения в этом месте поверхностных плазмонов. Иначе говоря, резонансное поглощение будет наблюдаться при другом угле падения или другой длине волны падающего света.

Описанная выше зависимость лежит в основе конструкции поверхностно-плазмонного микроскопа, позволяющего с помощью видимого света наблюдать объекты ангстремной толщины! Если настроить микроскоп на угол, соответствующий оптимальному возбуждению поверхностных плазмонов для чистой металлической пленки, то в тех местах, где находится измеряемый объект, интенсивность отраженного света будет тем больше, чем толще этот фрагмент (рис. 3).

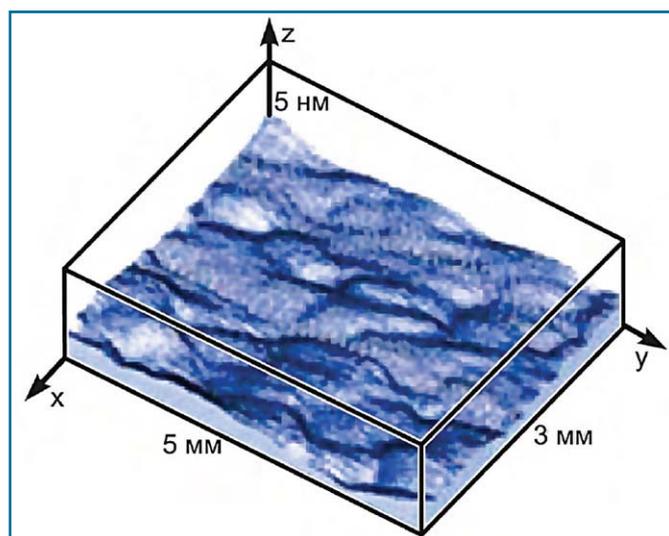


Рис. 3. Изображение диэлектрической пленки на поверхности серебряной пленки, полученной с помощью ППМ после компьютерной обработки сигнала с фотоматрицы

Следует отметить, что интенсивность «свечения» материала, связанная с плазмонным резонансом, достигает существенных величин только в случае наночастиц и не играет заметной роли для объемных тел.

Литература:

1. Валянский С.И. Соросовский образовательный журнал. 1999. № 8. С. 76–82.
2. Surface Plasmon Resonance Pages: <http://www.sprpages.nl/index.html>