

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ МОДЕЛЬ ГИГАНТСКОГО КОМБИНАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛ В СФЕРИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

Иванов А.В. \*, Сарычев А.К.

Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН, г. Москва

\*E-mail: av.ivanov@physics.msu.ru DOI 10.24412/2308-6920-2023-6-115-115

Разработана электродинамическая модель излучения молекул, помещенных в металлическую оболочку. Модель качественно описывает усиление сигнала гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) от глобул белков, покрытых тонкой серебряной пленкой. Теория позволяет рассчитать изменение сигнала ГКР в зависимости от толщины нанослоя металла поверх глобулы белка. Излучающий молекулярный диполь взаимодействует с металлической оболочкой и возбуждает поверхностные плазмоны. Плазмонные колебания достигают максимума, когда частота диполя близка к плазмонному резонансу металлической оболочки, а сам диполь находится вблизи плазмонной оболочки. Эффективный диполь коллективного электронного колебания может быть намного больше молекулярного диполя, который усиливается сам по себе из-за классического эффекта ГКР. Поэтому усиление излучения за счет металлической оболочки умножается на коэффициент усиления ГКР, который обусловлен прямым взаимодействием молекулярного диполя с поверхностью металла. Таким образом излучение значительно усиливается. В расчетах излучающий диполь находится на поверхности диэлектрической полусферы с показателем преломления 1.4, расположенной на гладком оптически непрозрачном слое серебра и покрытой тонким слоем серебра. Расстояние от диполя до серебряной оболочки выбрано минимальным 1 нм. Рассчитаны зависимости коэффициента усиления излучения диполя в серебряной оболочке от толщины оболочки на длине волны 852 нм, что соответствуют наиболее характерным спектральным линиям аминокислот со Стоксовым сдвигом  $1000 \text{ см}^{-1}$  (Рис.1) (предполагается, что длина волны накачки 785 нм).

Показано, что для различных радиусов полусфер существуют толщины серебряной оболочки, позволяющие возбудить дипольные, квадрупольные, октупольные и др. резонансы. При резонансной толщине моды электрического поля распространяются, как по внутренней, так и по внешней границе серебряной оболочки, что может быть использовано для усиления ГКР. Показано, что для глобул субмикронных размеров, резонансное усиление излучения приходится на толщины серебряного покрытия в десятки нанометров, что соответствует толщине непрерывных пленок. Разработанная простая модель качественно описывает усиление ГКР от спайкового белка RBD, покрытого тонкой серебряной пленкой [1].

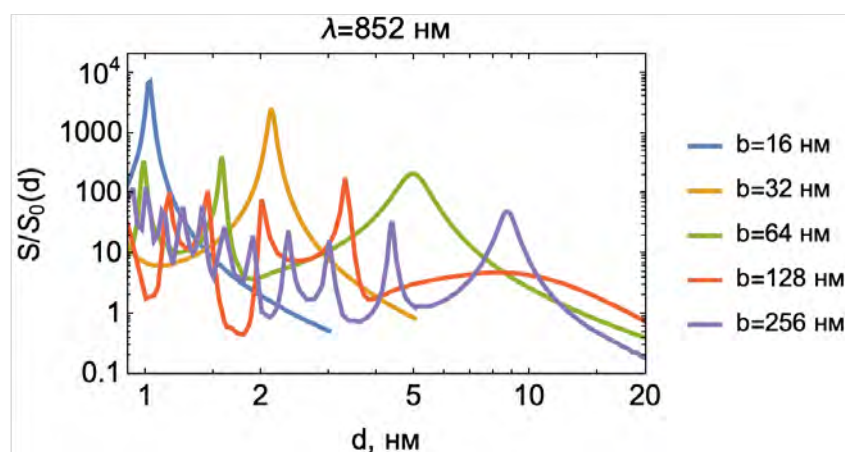


Рис. 1. Усиление излучения  $S/S_0$  диполя, расположенного вблизи серебряной оболочки на расстоянии 1 нм в зависимости от толщины серебряной оболочки  $d$  для различных радиусов полусферы  $b$

Данная работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 23-19-00788"

## Литература

1. Sarychev A.K., et al, *Biosensors* 300, 1-20 (2022)