

## ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЙ АНАЛИЗ НАНООБЪЕКТОВ

Филиппов М.Н.

*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук,  
119991, Москва, Ленинский проспект 31,  
e-mail: fil@igic.ras.ru*

При электронно-зондовом анализе (ЭЗА) нанобъектов (наночастиц, нанопленок) возникает ряд принципиальных трудностей, обусловленных размерным фактором. Большинство существующих моделей, используемых в количественном ЭЗА, были созданы для объектов, размеры которых существенно больше характерных размеров анализируемого микрообъема (АМ) – области, из которой регистрируют аналитический сигнал. Условия и геометрия эксперимента в традиционном ЭЗА оптимизированы для так называемых массивных объектов, размеры которых существенно больше размеров АМ. В случае ЭЗА нанобъектов многие модели должны быть уточнены.

Рассмотрены возможности развития ЭЗА для анализа нанобъектов. Обсуждаются преимущества и ограничения ЭЗА при низкой энергии электронов зонда. Использование специальной геометрии эксперимента, в частности, скользящего падения электронного зонда, позволяет достигнуть существенного снижения пределов обнаружения. Показано, что само понятие локальности определений при анализе нанобъектов требует уточнения. В случае анализа неподвижным зондом и при элементном картировании локальность оказывается различной, предложены способы оценки этой характеристики в различных условиях.

Обсуждаются проблемы, обусловленные ростом плотности рассеиваемой энергии, прежде всего нагрев АМ, в результате чего может происходить изменение состава АМ в процессе анализа. Представлены существующие математические модели и способы априорной оценки температуры АМ. Дан критический анализ используемых для этой цели подходов. Обсуждаются перспективные способы снижения тепловой нагрузки, в том числе при высокочастотной модуляции электронного зонда.

Рассмотрен вопрос о возможности в ЭЗА достижения локальности на уровне единиц нанометров и пределов обнаружения, соответствующих счетному числу атомов определяемого элемента.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 19-03-00271.*