



Лазерное «пробуждение» серебряных подложек для сенсорики

Преимуществом подложек является простота их интеграции в микрофлюидные чипы, изготовленные фотолитографическими методами, и в одноразовые картриджные системы.

Поверхностно усиленная рамановская спектроскопия (SERS) в последние годы зарекомендовала себя как высокочувствительный метод, находящий применение в биомедицине, контроле безопасности пищевых продуктов и экологическом мониторинге. Однако практическое использование SERS-систем, особенно на основе серебряных подложек, существенно ограничено их временной нестабильностью, вызванной загрязнением и окислением поверхности. Совсем недавно российские исследователи [M. S. Shestopalova et al. ACS Sensors. 2026:11; 589] предложили оригинальный метод изготовления и концепцию работы SERS-подложек, которые активируются непосредственно перед экспериментом, что открывает дополнительные возможности их интеграции в автоматизированные микрофлюидные системы.

Суть предложенного подхода заключается в следующем: на стеклянную подложку, служащую основой спектральной регистрационной камеры микрофлюидного чипа, наносят сплошной плоский слой серебра толщиной около 200 нм. Такая подложка может храниться длительное время без потери функциональности. Непосредственно перед использованием с помощью лазерного гравера в серебряном слое создается упорядоченный массив SERS-активных точек. Лазерная гравировка частично разрушает сплошной слой серебра, создавая плазмонную структуру, состоящую из наноразмерных металлических зерен. Авторы детально исследовали

морфологию полученных структур методами атомно-силовой микроскопии (АСМ), Кельвин-зондовой силовой микроскопии (КЗСМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Оказалось, что в зависимости от режима гравировки формируются два различных типа плазмонных наноструктур: агломераты наночастиц на стекле (тип I, при высокой мощности лазера) и наночастицы на металлическом слое (тип II, при меньшей мощности). Для описания усиления локального электрического поля в таких структурах исследователи применили теоретическую модель Сарычева, разработанную для перколяционных материалов. Расчеты показали, что наноструктуры типа I обеспечивают в среднем на порядок большее усиление поля по сравнению с типом II, что хорошо согласуется с экспериментальными данными. Чувствительность изготовленных подложек авторы оценивали с помощью конфокальной рамановской микроспектроскопии, используя в качестве модельного аналита фенилаланин.

Было установлено, что SERS-активные точки типа II демонстрируют более однородное и гомогенное распространение плазмонных наноструктур, что делает их предпочтительными для практического применения. Предел обнаружения для таких систем составил примерно 0,15 мкМ по концентрации фенилаланина, что достаточно для анализа следовых количеств веществ. Эффективность разработанных

SERS-подложек была продемонстрирована на примере детектирования внеклеточных везикул, выделенных из клеточной линии HEK293T. Для однозначной идентификации отдельных везикул на фоне плазмонных наночастиц исследователи разработали метод совместного использования АСМ и КЗСМ, позволяющий различать объекты по их электрическим свойствам. Прецизионное совмещение конфокального микроспектрометра и зонда сканирующего зондового микроскопа позволило получить SERS-спектры достоверно идентифицированных отдельных везикул и провести их компонентный анализ.

Важным преимуществом предложенных подложек является простота их интеграции как в микрофлюидные чипы, изготовленные фотолитографическими методами, так и в одноразовые картриджные системы, развитие которых в последние годы идет особенно активно. При этом упорядоченное расположение SERS-активных точек с четко определенными координатами открывает возможность автоматизированного сбора спектров, что повышает статистическую достоверность и надежность получаемых данных. Сочетание высокочувствительного SERS-детектирования биомолекул, простоты изготовления подложек и современных достижений в технологиях lab-on-a-chip открывает широкие возможности для внедрения предложенных SERS-подложек в разработку автоматизированных диагностических систем нового поколения.

М. Маслов

(Публикуется с разрешения Информбюллетеня Перс Т. 2026: 33(1-2):12.



**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА»
ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:**



В.С. Верба, В.И. Меркулов

Теоретические основы авиационных систем радиопередачи

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2025. – 320 с.
ISBN 978-5-94836-720-0

Цена 1960 руб.

Книга посвящена рассмотрению теоретических основ построения, показателям совершенства и основам разработки и применения радиоэлектронных систем управления самолетами и ракетами различного назначения. Разобраны вопросы оптимизации радиосистем на основе математического аппарата статистической теории оптимального управления при представлении процессов и систем в многомерном пространстве состояния. Изложены конкретные методики оптимизации на примере синтеза методов самонаведения, рассмотрены традиционные методы самонаведения и их более совершенные модификации с приведением результатов их исследования.

Содержание книги направлено на повышение уровня теоретической подготовки сотрудников НИИ, инженеров-разработчиков, а также студентов, аспирантов и преподавателей вузов в области синтеза, анализа и разработки радиоэлектронных систем управления нового поколения.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosfera.ru
sales@technosfera.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosfera.ru



ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

**100% ГАРАНТИЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ВСЕХ НОМЕРОВ**



Стоимость 2200 р. за номер
Периодичность: 10 номеров в год
www.electronics.ru



Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.photonics.ru



Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 6 номеров в год
www.j-analytics.ru

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

www.technosfera.ru



Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.lastmile.ru



Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.nanoindustry.ru



Стоимость 1800 р. за номер
Периодичность: 4 номера в год
www.stankoinstrument.ru