

**ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЛОВУШКИ:
НОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ ЛЕВИТИРУЮЩИХ
ОПТОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Рыбин В.В. (ИТМО), Рудый С.С. (ИТМО), Иванов А.В. (ИТМО)
Научный руководитель – к.ф.-м.н., с.н.с. Щербинин Д.П. (ИТМО)**

Введение. Левитирующая оптомеханика открывает новые горизонты для создания сверхчувствительных сенсоров и изучения фундаментальных законов природы [1-3]. Техники левитирующей оптомеханики заключаются в контролируемом удержании одиночных частиц в пространстве за счет оптических, электрических или магнитных полей [2]. В последние годы набирают популярность гибридные оптомеханические системы, обеспечивающие удержание одиночных частиц за счет комбинации оптического и электродинамического потенциалов [4-6]. Формирование удерживающего электродинамического потенциала в существующих платформах требует установки металлических электродов, которые ограничивают оптический доступ к объекту локализации. Кроме того, точность позиционирования электродов критически влияет на геометрию удерживающего потенциала и динамику локализованных частиц [7, 8]. В настоящей работе рассматриваются полностью прозрачные электродинамические ловушки с использованием прозрачных тонкопленочных электродов оксида индия олова (ИТО), напыленных на стеклянные подложки. Геометрия таких электродов хорошо контролируется в процессе роста пленки, а оптическая прозрачность таких электродов позволяет обеспечить высокий оптический доступ к объекту локализации.

Основная часть. В работе были использованы слои ИТО, полученные методом магнетронного распыления мишени, состоящей из сплава индия и олова с 90 и 10 вес. %, соответственно. Мишень распылялась в кислород-аргоновой плазме при суммарном рабочем давлении 0,45 Па. Полученные электроды отжигались при температуре 400 С градусов в течение 30 минут. Полученные слои обладали коэффициентом оптического пропускания не менее 80% в видимом диапазоне и поверхностным сопротивлением по постоянному току не более 300 Ом/квадрат. Полученные тонкопленочные электроды обладают поликристаллической структурой, что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа.

В работе рассматриваются два типа конфигураций полностью прозрачных ловушек – поверхностные и линейные ловушки. Так была подготовлена пятисегментная поверхностная электродинамическая ловушка. При локализации массивных микрочастиц нарушение симметрии эффективного потенциала приводит к формированию двух независимых областей устойчивой локализации. Воздействие на локализованные частицы лазерным излучением, направленным против силы тяжести приводило к формированию единой области локализации. Была разработана полностью прозрачная электродинамическая ловушка с распределением потенциала близким к квадрупольному. Такая конфигурация ловушки позволила проводить локализацию одиночных заряженных частиц, обеспечивая возможность применения высоко апертурной оптики за счет прозрачных в оптической области спектра электродов.

Выводы. Тонкие слои оксида индия олова являются перспективным материалом для создания электродов электродинамических ловушек. Полученные тонкопленочные электроды обладают высокой электрической проводимостью, при этом имея высокий коэффициент оптического пропускания в видимом диапазоне спектра. Представленный в рамках работы уникальный подход к изготовлению электродинамических ловушек обладает высоким потенциалом применения в областях левитирующей оптомеханики.

Список использованных источников:

1. Jin Y. et al. Towards real-world applications of levitated optomechanics //arXiv preprint arXiv:2407.12496. – 2024.
2. Gonzalez-Ballester C. et al. Levitodynamics: Levitation and control of microscopic objects in vacuum //Science. – 2021. – Т. 374. – №. 6564. – С. eabg3027.
3. Geraci A. A., Papp S. B., Kitching J. Short-range force detection using optically cooled levitated microspheres //Physical review letters. – 2010. – Т. 105. – №. 10. – С. 101101.
4. Bonvin E. et al. Hybrid Paul-optical trap with large optical access for levitated optomechanics //Physical Review Research. – 2024. – Т. 6. – №. 4. – С. 043129.
5. Conangla G. P., Rica R. A., Quidant R. Extending vacuum trapping to absorbing objects with hybrid Paul-optical traps //Nano Letters. – 2020. – Т. 20. – №. 8. – С. 6018-6023.
6. Millen J. et al. Cavity cooling a single charged levitated nanosphere //Physical review letters. – 2015. – Т. 114. – №. 12. – С. 123602.
7. Gamage R. W., Austin D. E. The effects of electrode misalignments on the performance of a miniaturized linear wire ion trap mass spectrometer //International Journal of Mass Spectrometry. – 2020. – Т. 453. – С. 116344.
8. Wu Q. et al. Simulations of electrode misalignment effects in two-plate linear ion traps //International Journal of Mass Spectrometry. – 2015. – Т. 393. – С. 52-57.