

УДК 531.383

## ГАЗОВАЯ ЯЧЕЙКА С АНТИРЕЛАКСАЦИОННЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ КОМПАКТНОГО МАГНИТОМЕТРА ДЛЯ ЗАДАЧ БИОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Власова М.А.** (Национальный исследовательский университет ИТМО), **Шевченко А.Н.** (АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

**Научный руководитель – к.т.н. Безмен Г.В.**  
(АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

**Аннотация.** Предложен и экспериментально опробован метод нанесения антирелаксационного покрытия на стенки газовой ячейки, разработанной для ядерного магнитного гироскопа. Данное покрытие должно позволить использовать указанные ячейки для компактного сверхпрецизионного магнитометра для биомагнитных исследований.

**Введение.** Биомагнитные исследования – мощный неинвазивный метод регистрации магнитных полей, вызванных электрической активностью живых организмов. Наибольшее распространение получили установки на основе сверхпроводящих квантовых интерферометров (СКВИД) для магнитоэнцефалографии, магнитокардиографии и магнитомиографии. Недостатком СКВИД магнитометров является необходимость поддержания низких температур для реализации эффекта сверхпроводимости. В настоящее время магнитометры с оптической накачкой паров щелочного металла имеют чувствительность, достаточную для биомагнитных исследований, и благодаря лучшим эксплуатационным характеристикам имеют шанс прийти на смену СКВИД магнитометрам. Оптическая магнитометрия активно развивается и находит все новые применения. Например, в ядерном магнитном гироскопе фактически реализован магнитометр с оптической накачкой, позволяющий детектировать скорость прецессии магнитного момента ядерных парамагнетиков. В представленной работе исследуется возможность применения газовых ячеек, разработанных для ядерного магнитного гироскопа, для создания компактного высокочувствительного магнитометра с оптической накачкой для биомагнитных исследований.

Чувствительность магнитометра с оптической накачкой определяется длительностью сохранения поляризации рабочим веществом – парами щелочного металла (цезия или рубидия). При столкновении со стенками газовой ячейки атомы релаксируют, т.е. теряют свою поляризацию. Для снижения этого эффекта в ячейках ядерного магнитного гироскопа используются буферный газ, сокращающий длину свободного пробега атомов щелочного металла и уменьшающий таким образом количество их столкновений со стенками. Однако применение буферного газа снижает чувствительность магнитометра за счет релаксации атомов щелочного металла при столкновении с атомами буферного газа. Альтернативным методом увеличения длительности сохранения поляризации является нанесения антирелаксационных покрытий на внутренние стенки ячейки.

**Основная часть.** В работе предложено использовать в качестве антирелаксационного покрытия поли-пара-ксилилен, который обладает высокой химической стойкостью к кислотам и щелочам. Нанесение покрытия производится с использованием вакуумной установки, спроектированной для нанесения защитных покрытий на электронные печатные платы. Подобран режим работы установки, позволяющий получить равномерное покрытие внутренних стенок кубической ячейки с длинной стороны 4 мм через технологической отверстие диаметром 0,1 мм в одной из стенок ячейки. Покрытие из поли-пара-ксилилена является оптически прозрачным, поэтому для визуализации равномерности нанесения покрытия тестовые ячейки подверглись отжигу при 400 °С. После отжига покрытие становится контрастным и позволяет оценить не только равномерность его нанесения на стенки ячейки, но и качество соединительных швов. Поскольку для эксперимента были использованы ячейки,

имеющие брак и не обеспечивающие требуемый уровень герметичности, после отжига стали видны имеющиеся дефекты пайки прозрачных элементов их конструкции.

**Выводы.** Предложен метод нанесения антирелаксационного покрытия, значительно расширяющий область применения газовых ячеек, разработанных для ядерного магнитного гироскопа. В ходе экспериментальной проверки метода было нанесено покрытие из полипара-ксилилена на две газовые ячейки с их последующим отжигом для визуального контроля равномерности нанесения. В дальнейшем планируется изготовить партию заполненных газовых ячеек с антирелаксационным покрытием для исследования возможности их применения в магнитометрах с оптической накачкой для биомагнитных исследований.