УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», д.т.н.
_____ Соколов А. В.

«02» сентября 2024 г.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 16
от «27» августа 2024 г.

Расширенного заседания научно-методической комиссии по специальности 2.2.5 – Приборы навигации.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: академик РАН, д.т.н. Пешехонов В.Г., д.т.н. Литманович Ю.А., д.т.н. Евстифеев М.И., д.т.н. Грязин Д.Г., к.т.н. Драницына Е.В., к.т.н. Краснов А.А., к.т.н. Литвиненко Ю.А., к.т.н. Степанов А.П., к.т.н. Падерина Т.В., к.т.н. Розенцвейн В.Г., к.т.н. Скиданов Н.Г., к.т.н.Унтилов А.А., к.т.н. Левин С.Л., к.т.н. Безмен Г.В.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Рассмотрение материалов диссертации Петрова В.И. на тему «Минимизация изотопического сдвига в балансной схеме датчика вращения на магнитном резонансе в ядрах ксенона», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – Приборы и методы экспериментальной физики.

СЛУШАЛИ:

Доклад научного сотрудника лаборатории 080 Петрова В.И. об основных положениях диссертации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОЛОСОВАНИЯ: «за» – 14 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Рекомендовать диссертацию Петрова В.И. к защите в диссертационном совете при ФГБУ «Институт аналитического приборостроения РАН».

2. Принять следующий текст заключения по диссертации Петрова В.И.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

научно-методической комиссии по специальности 2.2.5 и специалистов АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» по диссертации Петрова В.И. «Минимизация изотопического сдвига в балансной схеме датчика вращения на магнитном резонансе в ядрах ксенона»

1. Актуальность темы диссертации и её связь с планом основных научных работ

Создание малогабаритных систем ориентации и навигации, работающих в условиях значительных механических воздействий, сдерживается отсутствием гироскопов, в полной мере удовлетворяющих таким требованиям. Этим обусловлен интерес к квантовым датчикам вращения (КДВ), основанным на явлении ядерного магнитного резонанса (ЯМР), разработка которых активно ведется в разных странах. При создании такого датчика для минимизации дрейфа нуля используется т.н. балансная схема, предусматривающая одновременное измерение частоты прецессии ядерных моментов двух веществ, что позволяет скомпенсировать вклад общих вариаций магнитного поля в показания устройства. В качестве двух веществ в подавляющем большинстве разрабатываемых моделей датчика вращения используются два стабильных нечётных изотопа ксенона.

Условием достижения желаемого эффекта является постоянство соотношения между частотами прецессии ядерных моментов изотопов ксенона, однако, как было установлено в 2013 г., при изменении величины и направления магнитного поля отношение частот ЯМР в этих изотопах изменяется. Этот эффект, получивший название изотопического сдвига (ИС), является одним из основных источников дрейфа балансного датчика вращения.

В известной литературе были сделаны предположения о природе этого эффекта и предложен способ его подавления, который, однако, существенно ограничивает динамический диапазон датчика. Поэтому тема диссертации Петрова В.И., посвященной исследованию механизмов, приводящих к возникновению ИС, а также возможных способов его минимизации и компенсации без ухудшения динамических характеристик, представляется актуальной. Она непосредственно связана с работами по созданию квантового датчика вращения, которые проводились и проводятся в АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» в рамках инициативных проектов организации в развитие результатов, полученных при выполнении проекта «Спин» Фонда Перспективных Исследований.

2. Основные результаты, полученные соискателем

1. Предложено объяснение механизма ИС, заключающегося в неоднородности внутреннего продольного магнитного поля в ячейке вследствие неравномерной поляризации атомов щелочного металла (ЩМ) по длине ячейки.
2. Исследованы параметрические зависимости ИС, построена численная модель и продемонстрировано соответствие её данным эксперимента.
3. Предложен метод подавления ИС в традиционной продольной схеме КДВ, предусматривающий создание внешнего магнитного поля, имеющего линейную и квадратичную составляющие градиента вдоль оси симметрии системы.

3. Степень достоверности результатов и обоснованности научных положений и выводов

Достоверность полученных результатов и обоснованность научных положений и выводов подтверждается корректным применением основных положений ядерной физики, квантовой оптики и магнитометрии применительно к процессу оптической и спин-обменной накачки, использованием стандартного математического аппарата при обработке экспериментальных данных, а также близким совпадением экспериментально полученных результатов и численного моделирования при помощи построенной численной модели релаксации магнитных моментов. Все представленные в работе результаты опубликованы в реферируемых научных журналах и были представлены на российских и международных конференциях.

4. Новизна полученных результатов.

Гипотеза о происхождении эффекта ИС, численная модель генерации и эволюции магнитных моментов действующих веществ газовой ячейки, а также предложенный метод подавления ИС при помощи температуры, линейного и квадратичного градиентов внешнего магнитного поля, являются оригинальными.

5. Практическая ценность научных результатов

Полученные параметрические зависимости ИС позволяют корректно оценить влияние изменения линейных размеров ячейки на метрологические характеристики КДВ.

Использование предложенного метода подавления ИС позволит в рамках традиционной схемы с продольной накачкой существенно снизить нестабильность нуля КДВ, обеспечив расширение динамического диапазона по сравнению с аналогами, основанными на схеме с поперечной накачкой.

6. Публикации по теме диссертации.

1. Вершовский А.К., Пазгалёв А.С., Петров В.И. Природа эффекта рассогласования частот прецессии ядер 129Xe и 131Xe при спин-обменной накачке атомами щелочного металла. Письма в Журнал технической физики. 2018. Т. 44, №7, с. 88-94.
2. Petrov V.I., Pazgalev A.S., Vershovskii A.K. Isotope Shift of Nuclear Magnetic Resonances in 129Xe and 131Xe Caused by Spin-Exchange Pumping by Alkali Metal Atoms. IEEE Sensors Journal. 2020. V. 20, n. 2, p. 760-766.
3. Вершовский А.К., Петров В.И. Моделирование размерных зависимостей изотопического сдвига ЯМР в ксеноне. Гироскопия и навигация. 2020. Т. 28, № 2 (109), с. 11-24.
4. Петров В.И., Вершовский А.К. Метод подавления изотопического сдвига в балансном квантовом датчике вращения на эффекте ядерного магнитного резонанса. Гироскопия и навигация. 2022. Т. 30, № 2 (117), с. 34-42.

Материалы диссертации подробно изложены в приведенных выше работах.

Диссертационная работа Петрова В.И. является законченной научно-квалификационной работой и соответствует специальности 1.3.2 – Приборы и методы экспериментальной физики. Она удовлетворяет требованиям, установленным пунктом 16 Положения «О присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Учитывая актуальность темы, теоретическую обоснованность выводов и заключений, достоверность, новизну и практическую значимость результатов, а также личное участие соискателя ученой степени в получении изложенных в диссертации результатов, диссертация рекомендуется к защите в диссертационном совете на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Председатель НМК _____ д.т.н. Литманович Ю.А.

И.О. секретаря НМК _____ Тарасов С.М.