

## МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ РЕЗОНАНСЫ ВРАЩЕНИЯ В ПОЛЕ ВСТРЕЧНЫХ ВОЛН В ЯЧЕЙКЕ С ПАРАМИ $^{87}\text{Rb}$ \*

✉ А. О. Макаров<sup>1,2</sup>, Д. В. Бражников<sup>1,2</sup>, А. Н. Гончаров<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

✉ werklöre@mail.ru

В настоящий момент разработкой высокочувствительных магнитометров с оптической накачкой занимаются во многих лабораториях мира. Эти квантовые устройства имеют весьма широкую сферу применений: от исследований ядерного магнитного резонанса (ЯМР) до биомедицины. В нашей работе предлагается модификация (рис. 1) стандартной схемы Ханле, используемой в современных миниатюрных квантовых сенсорах магнитного поля (например, от компании QuSpin Inc., США). В отличие от стандартной конфигурации с одной бегущей волной мы применяем две встречные линейно-поляризованные световые волны, резонансные оптическому переходу в  $D_1$ -линии рубидия-87 ( $\lambda \approx 795$  нм).

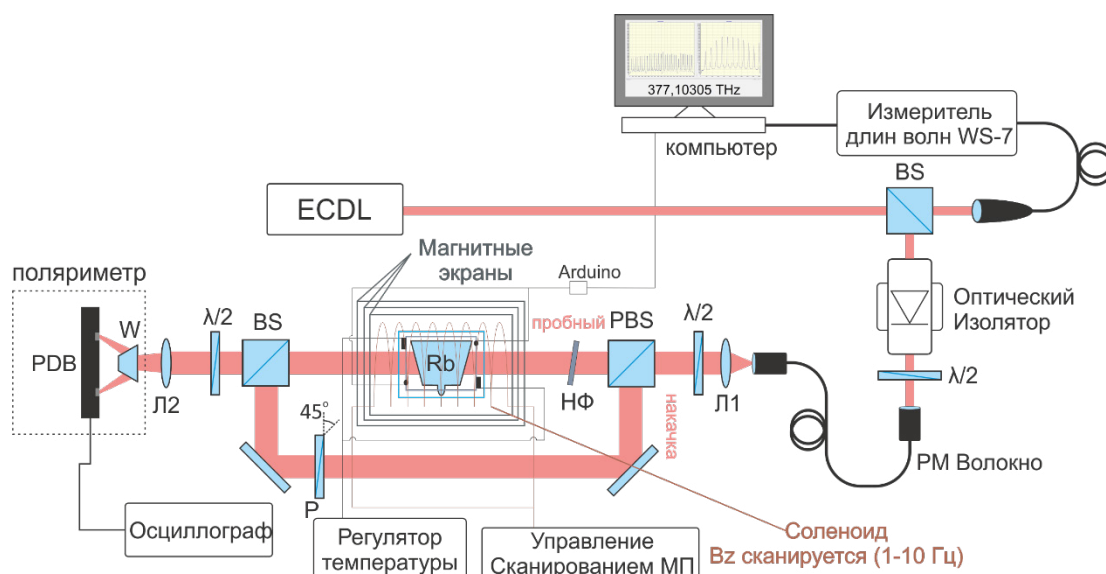


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: ECDL — лазерный диод с внешним резонатором; BS — делитель пучка (50/50); PBS — поляризационный делительный кубик; НФ — нейтральный фильтр; PDB — балансный фотодетектор; Rb — цилиндрическая стеклянная ячейка с парами рубидия-87 и буферным газом (длина ячейки 25 мм, диаметр 20 мм); W — призма Волластона;  $\lambda/2$  — полуволновая пластинка; P — поляризатор. Температура ячейки  $\approx 74$  °С

© А. О. Макаров, Д. В. Бражников, А. Н. Гончаров, 2022

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 20-52-18004) и Министерства науки и высшего образования РФ (тема № АААА-А19-119102890006-5).

Волна накачки наводит в резонансной среде линейный дихроизм. Пробная волна, линейная поляризация которой находится под углом  $45^\circ$  относительно волны накачки, имеет компоненту поляризации, параллельную волне накачки ( $E_{\parallel}$ ) и компоненту поляризации, ортогональную ей ( $E_{\perp}$ ). При этом компонента  $E_{\parallel}$  практически не поглощается в среде из-за явления когерентного пленения населенностей (КПН), тогда как  $E_{\perp}$  испытывает сильное поглощение (более подробное в [1]). Таким образом, происходит вращение линейной поляризации (рис. 2) пробной волны при распространении через ячейку. Магнитооптический резонанс регистрировался в разностном канале балансного фотодетектора (PDB на рис. 1) и имел полную ширину на полувысоте около 1 мГс (100 нТл) и величину поворота угла поляризации  $\approx 23^\circ$ .

Результаты наших экспериментов сопоставимы с результатами других работ (например, [2–4]). На основе предложенной схемы наблюдения магнитооптических резонансов может быть разработан высокочувствительный магнитометр. В схеме на основе нелинейного фарадеевского вращения температура атомов, как правило, выше  $100^\circ\text{C}$  (см., например, [5]), в предложенной нами схеме нагрев ячейки осуществляется до температур  $70\text{--}80^\circ\text{C}$ . На частоте 60 Гц, при которой планируется осуществлять сканирование магнитного поля, значение сигнал/шум в полосе 1 Гц равно порядка  $10^5$ , что дает оценку чувствительности измерений магнитного поля на уровне  $1\text{ пТл/Гц}^{1/2}$ .

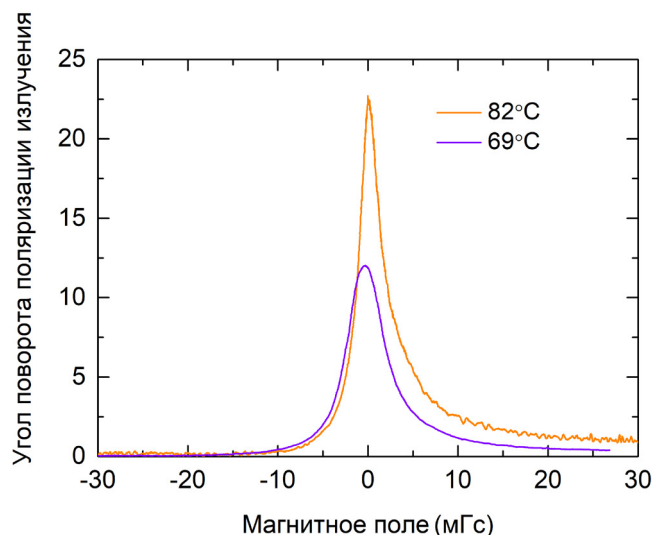


Рис. 2. Резонансы вращения при разных температурах исследуемой ячейки

### Список литературы

1. Brazhnikov D.V., Ignatovich S.M., Novokreshchenov A. S., Skvortsov M.N. Ultra-high-quality electromagnetically induced absorption resonances in a cesium vapor cell // J. Phys. B: At. Mol. Opt. 2019. Vol. 52. P. 215002.
2. Budker D., Kimball D. F., Rochester S. M. et al. Sensitive magnetometry based on nonlinear magneto-optical rotation // Phys. Rev. A. 2000. Vol. 62. P. 043403.
3. Wilson N., Light P., Luiten A., Perrella C. Ultrastable Optical Magnetometry // Phys. Rev. Applied. 2019. Vol. 11. P. 044034.
4. Zhu C. J., Guan J., Zhou F. et al. Giant magneto-optical rotation effect in rubidium vapor measured with a low-cost detection system // OSA Continuum. 2021. Vol. 4. P. 2527.
5. Shah V., Knappe S., Schwindt P. D. D., Kitching J. Subpicotesla atomic magnetometry with a microfabricated vapour cell // Nature Photonics. 2007. Vol. 1. P. 649.