

Реализация магнитного резонанса с использованием вертикально-излучающих лазеров с внутрирезонаторными контактами и ромбовидной токовой апертурой для магнитоэнцефалографических систем

Бобров М. А.¹, Блохин С.А.¹, Малеев Н.А.¹, Блохин А.А.², Васильев А.П.², Кузьменков А.Г.², Пазгалев А.С.¹, Петренко М.В.¹, Дмитриев С.П.¹, Вершовский А.К.¹, Устинов В.М.², Новиков И.И.³, Карачинский Л.Я.³

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе

² НТЦ Микроэлектроники РАН

³ ООО «Коннектор Оптикс»

e-mail: largaseal@gmail.com

Традиционные системы магнитоэнцефалографии головного мозга (МЭГ), использующие сверхпроводящие квантовые интерферометры (SQUID), требуют охлаждения до температур жидкого гелия и фиксированной формы шлема для исследований, что ведет к громоздкости и падению пространственного разрешения системы. Недавно продемонстрирован альтернативный вариант МЭГ, не требующий охлаждения и неподвижного положения пациента, в котором используются коммерчески доступные оптически накачиваемые атомные магнитометры (АМ), работающие в режиме, свободном от спинобменного уширения (SERF) и обладающие чувствительностью $10 \text{ фТл}/\sqrt{\text{Гц}}$ в полосе частот $1 - 130 \text{ Гц}$ [1]. Используемые компактные АМ фирмы QuSpin Inc. (USA) реализованы в однолучевой M_z схеме с лазерной накачкой и нагретой до 150°C миниатюрной газовой ячейки ($3 \times 3 \times 3 \text{ мм}^3$) с парами ^{87}Rb . В качестве источника излучения использованы вертикально-излучающие лазеры (ВИЛ). Недостатками АМ в режиме SERF при использовании в МЭГ являются необходимость обеспечения сверхслабого однородного магнитного поля (единицы нТс) и сильное взаимное влияние находящихся рядом датчиков. Недавно была продемонстрирована возможность получения сравнимой чувствительности АМ при использовании эффекта сужения линии магнитного резонанса при высокой мощности оптической накачки и больших концентрациях щелочных атомов в ненулевых магнитных полях в двухлучевой M_x схеме [2]. В экспериментах использовалась накачка лазерами с внешним резонатором и компактной газовой ячейкой (0.5 см^3) с парами ^{133}Cs .

Для реализации АМ необходимы лазерные источники с возможностью прецизионной настройки на используемую спектральную линию длины волны, одномодовым излучением с узким спектром (менее 100 МГц) и фиксированным направлением поляризации. Использование разработанной ранее конструкции ВИЛ с внутрирезонаторными контактами и ромбовидной селективно окисленной токовой апертурой (ВК-ВИЛ) [3] позволило создать ВК-ВИЛ спектрального диапазона 894 нм с выходной оптической мощностью лазера более 1 мВт , частотой эффективной модуляции более 5 ГГц , шириной линии излучения менее 60 МГц в рабочем диапазоне токов при температуре $65-75^\circ\text{C}$ [4]. В настоящей работе исследована возможность использования ВК-ВИЛ для возбуждения магнитного резонанса в нагретой до температуры 85°C кубической ($5 \times 5 \times 5 \text{ мм}^3$) газовой ячейке с парами ^{133}Cs и азота (N_2) под давлением 100 торр . Измерения производились в постоянном магнитном поле 12.0 мкТс . Были получены сигналы магнитного резонанса с характерной шириной $\text{FWHM}=0.58 \text{ кГц}$ и отношением сигнал/шум 5×10^6 , что сравнимо с параметрами, достигнутыми при использовании полупроводниковых лазеров с внешними резонаторами. Разработанные ВК-ВИЛ потенциально пригодны для применения в компактных АМ для МЭГ-систем. Следует отметить, что при использовании разработанных ВК-ВИЛ

в отличие от лазеров с внешними резонаторами, не потребуются распределение излучения накачки по оптическим волокнам с сохранением поляризации, а сниженная по сравнению с компактными АМ на ячейках с парами Rb рабочая температура позволит снизить расстояние от чувствительного элемента до объекта исследований и поднять разрешающую способность системы.

Список литературы

1. Boto E. et al., Moving magnetoencephalography towards real-world applications with a wearable system, *Nature* 555, 657–661, 2018
2. Ossadtschi A.E. et al., Towards magnetoencephalography based on ultrasensitive laser pumped non-zero field magnetic sensor, *Proceedings of 18th International Conference Laser Optics (ICLO) (St. Petersburg, Russia, 4-8 June 2018)* pp. 543
3. Bobrov M.A. et al., Mechanism of the polarization control in intracavity-contacted VCSEL with rhomboidal oxide current aperture, *Journal of Physics: Conference Series* 741(1), 012078, 2016
4. Blokhin S.A. et al., Vertical-cavity surface-emitting lasers with intracavity contacts and a rhomboidal current aperture for compact atomic clocks, *Quantum Electronics* 49(2), 187, 2019

Гибкие мембраны n-/p-GaP нитевидных нанокристаллов в матрице модифицированных силиконов с прозрачным электродом из одностенных углеродных нанотрубок

Кочетков Ф.М.¹, Неплох В.В.¹, Федоров В.В.¹, Большаков А.Д.¹, Цырлин Г.Э.¹, Исламова Р.М.², Мухин И.С.¹

¹СПБАУ РАН

²СПБГУ

e-mail: azemerat@rambler.ru

Привлекательные свойства органических светоизлучающих диодов (OLED), такие как относительно простое и недорогое изготовление, а также достаточно эффективная электролюминесценция (EL) позволили отрасли на основе OLED завоевать рынок. Однако органические материалы отстают от неорганических материалов по стабильности и внешней квантовой эффективности EL в оптическом диапазоне. Технологию тонких пленок неорганических материалов трудно адаптировать для небольших экранов с высоким разрешением из-за необходимости применения сложных постростовых методов или комбинации очень разных кристаллических материалов. Изготовление гибких устройств на основе тонких пленок накладывает еще большие сложности, т. е. сверхтонкую эпитаксию на подложках или высвобождение синтезированного материала с подложек.

В данной работе предложены новые химические и механические материалы и технологии для формирования мембран на основе массивов полупроводниковых A^3B^5 нитевидных нанокристаллов (NW) в матрице силиконовых полимеров и изготовления оптоэлектронных устройств. Синтезированные молекулярно-пучковой эпитаксией n-, p- и i-GaP NW были методом центрифугирования инкапсулированы в модифицированный винильными группами полидиметилсилоксан и отделены от ростовой подложки. К полученным мембранам были созданы электроды из различных материалов, включая одностенные