



О НЕКОТОРЫХ НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЯХ ИНСТИТУТОВ ОФН РАН В 2022 г.

Доклад академика-секретаря ОФН РАН В.В.Кведера

Общее собрание Отделения физических наук РАН, 22 мая 2023 г.

Сначала, немного о текущей ситуации...

Сегодняшняя политическая ситуация и санкции против России привели к:

⇒ осознанию Руководством страны необходимости технологической независимости.

⇒ а для этого требуется повышение эффективности и результативности научных исследований в России, концентрации исследований на наиболее актуальных направлениях, повышение качества образования инженерных кадров, обеспечения притока молодежи в науку и высокотехнологичные производства и т.д.

⇒ помимо простого увеличения финансирования, требуется существенная модернизация системы управления российской наукой, включая систему организации, финансирования и оценки научных исследований.

Эта модернизация сейчас началась и задача РАН в этом активно участвовать!

Роль РАН в организации науки в России в настоящее время

- – разработка предложений в по формированию и реализации государственной научно-технической политики. **Надо повысить роль тематических отделений и научных советов РАН в этом деле.**
- – разработка программы фундаментальных научных исследований (ПФНИ) на долгосрочный период и ее представление в Правительство. **Надо усилить влияние РАН на расстановку приоритетов и финансирования. Сейчас меняется структура секций Координационного совета ПФНИ с целью увеличения когерентности с тематическими отделениями РАН.**
- координация фундаментальных и поисковых научных исследований, проводимых научными организациями в рамках этой программы. **Надо модернизировать Положение о научно-методическом руководстве РАН научными организациями.**
- – экспертиза научно-технических программ, проектов, отчетов и т.д. – **надо повысить влияние экспертных оценок РАН на финансирование и организацию работ**
- - подготовка ежегодного Доклада Президенту РФ и Правительству РФ о реализации ПФНИ и научно-технической политики в области фундаментальных исследований.

Работа Бюро ОФН была в большой мере сконцентрирована на решении перечисленных выше вопросов. Для усиления взаимодействия ОФН с институтами РАН, при Бюро ОФН РАН организован Совет директоров институтов ОФН РАН.

Президент РАН сейчас активно общается с руководством страны всех уровней и вносит предложения, направленные на увеличение роли РАН в управлении и организации науки в России.

Материалы к общему собранию членов РАН

Напомню, что в Среду, 17.05.2023 в 3:25 всем членам ОФН РАН были разосланы материалы, которые будут обсуждаться завтра на ОС РАН:

- 1. Проект Доклада Президенту Российской Федерации и в Правительство Российской Федерации на 206 л.;
- 2. Рекомендации об объеме и видах бюджетных ассигнований, предусматриваемых в федеральном бюджете на 2024 год на финансирование фундаментальных и поисковых научных исследований, проводимых научными и образовательными организациями на 15 л.;
- 3. Доклад о работе президиума РАН за отчетный период на 117 л.

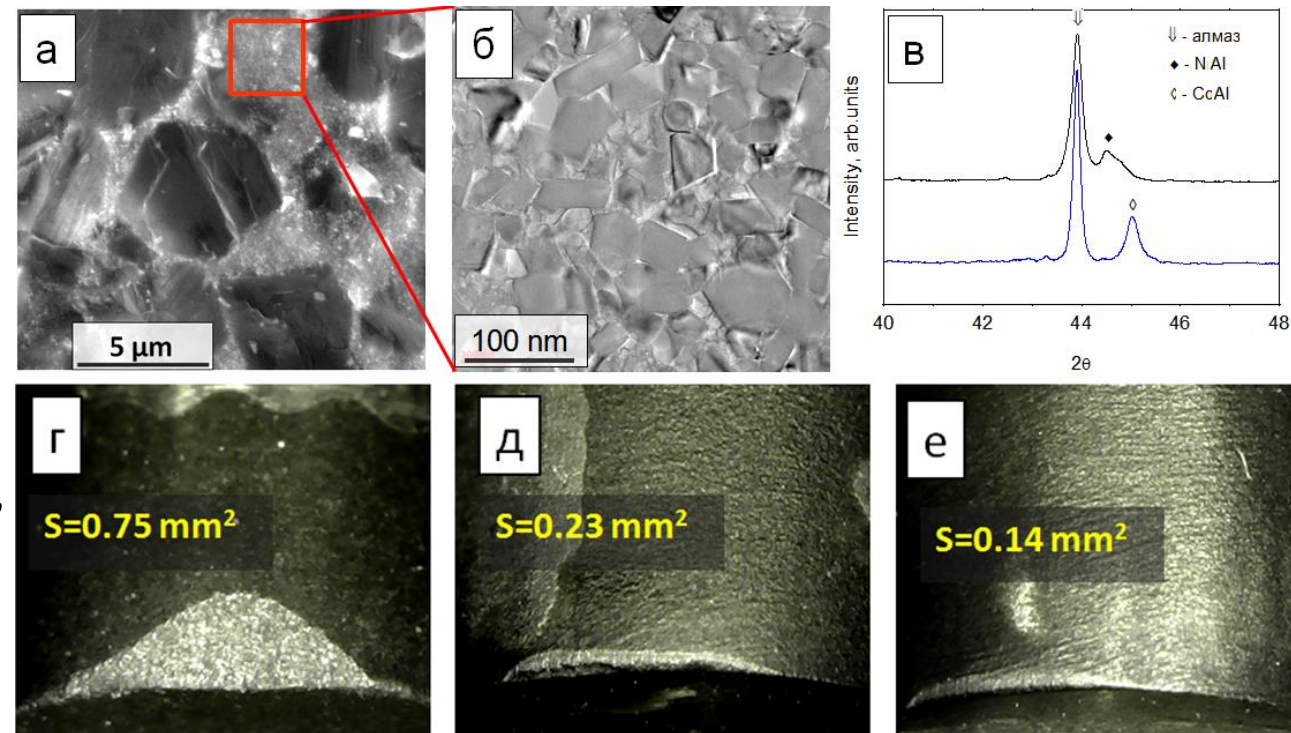
В них подробно описаны предложения РАН о финансировании этих исследований и об их организации и завтра это будет подробно обсуждено.

Позвольте мне теперь кратко проинформировать Вас о некоторых достижениях институтов РАН в 2022г.

Полученные результаты изложены в нескольких сотнях статей, опубликованных сотрудниками институтов ОФН РАН в 2022г. Я упомяну лишь очень маленькую их долю.

НОВЫЕ АЛМАЗНЫЕ КОМПОЗИТЫ С СОВЕРШЕННЫМИ МЕЖЗЕРЕННЫМИ ГРАНИЦАМИ, РЕКОРДНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ И ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ МИКРО- И НАНОАЛМАЗОВ

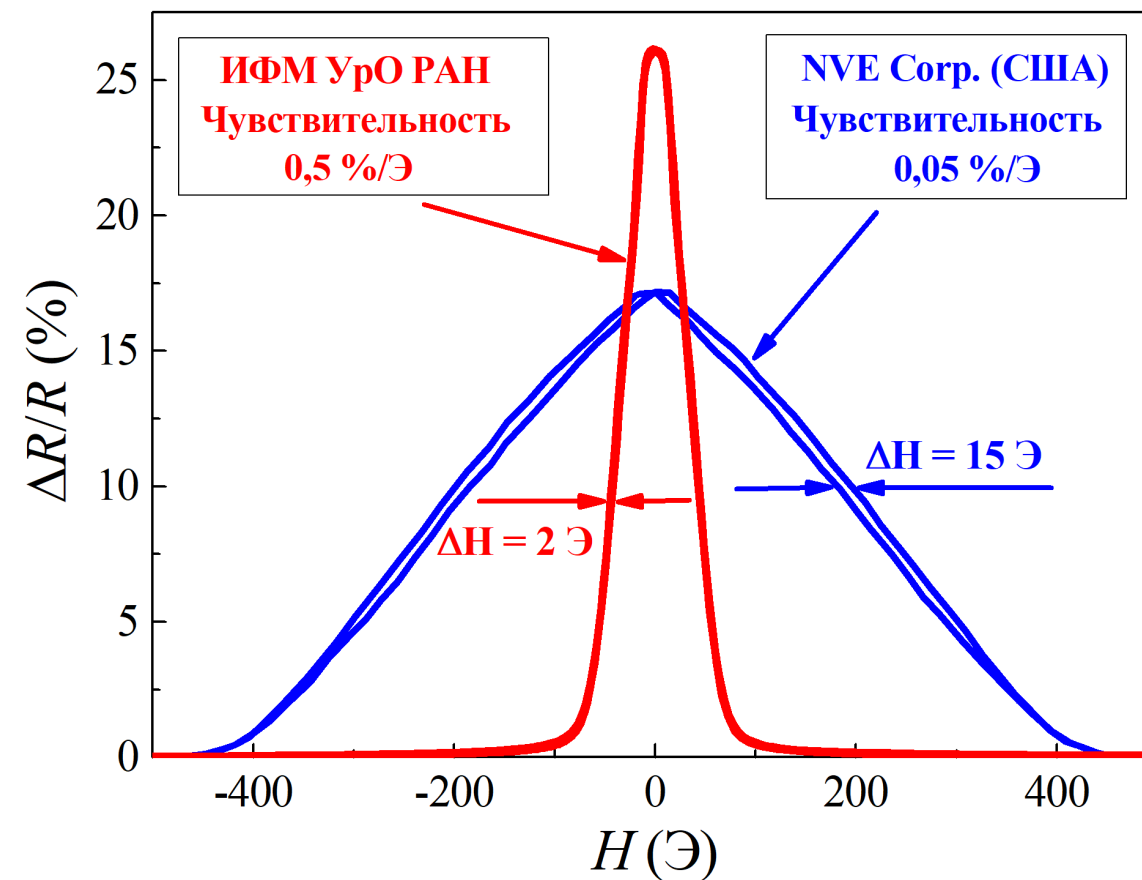
Спекание в условиях высоких давлений и температур **наноалмазов с фторированной поверхностью** позволило разработать новый класс сверхтвердых композитов. Связующая фаза в виде интерметаллидов **Co(Ni)Al** обеспечивает образование прочного алмазного каркаса и увеличение термической устойчивости. Испытания, проведенные в нефтесервисной компании Бейкер Хьюз, показали, что **износостойкость новых композитов при точении гранита в два раза выше**, чем у лучших коммерческих аналогов. Новые композиты могут иметь широкую область промышленного применения, в частности для оснащения ими буровых инструментов нового поколения.



Микроструктура (а,б) и рентгенофазовый анализ (в) экспериментальных композитов. Пятна износа после точения гранита: (г) - коммерческий композит компании US Synthetic, (д) - композит из гомогенной смеси алмаз-2Al-6Co, (е) – композит с дополнительной инфильтрацией никеля.

МАГНИТНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ СПИНТРОНИКИ С РЕКОРДНЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

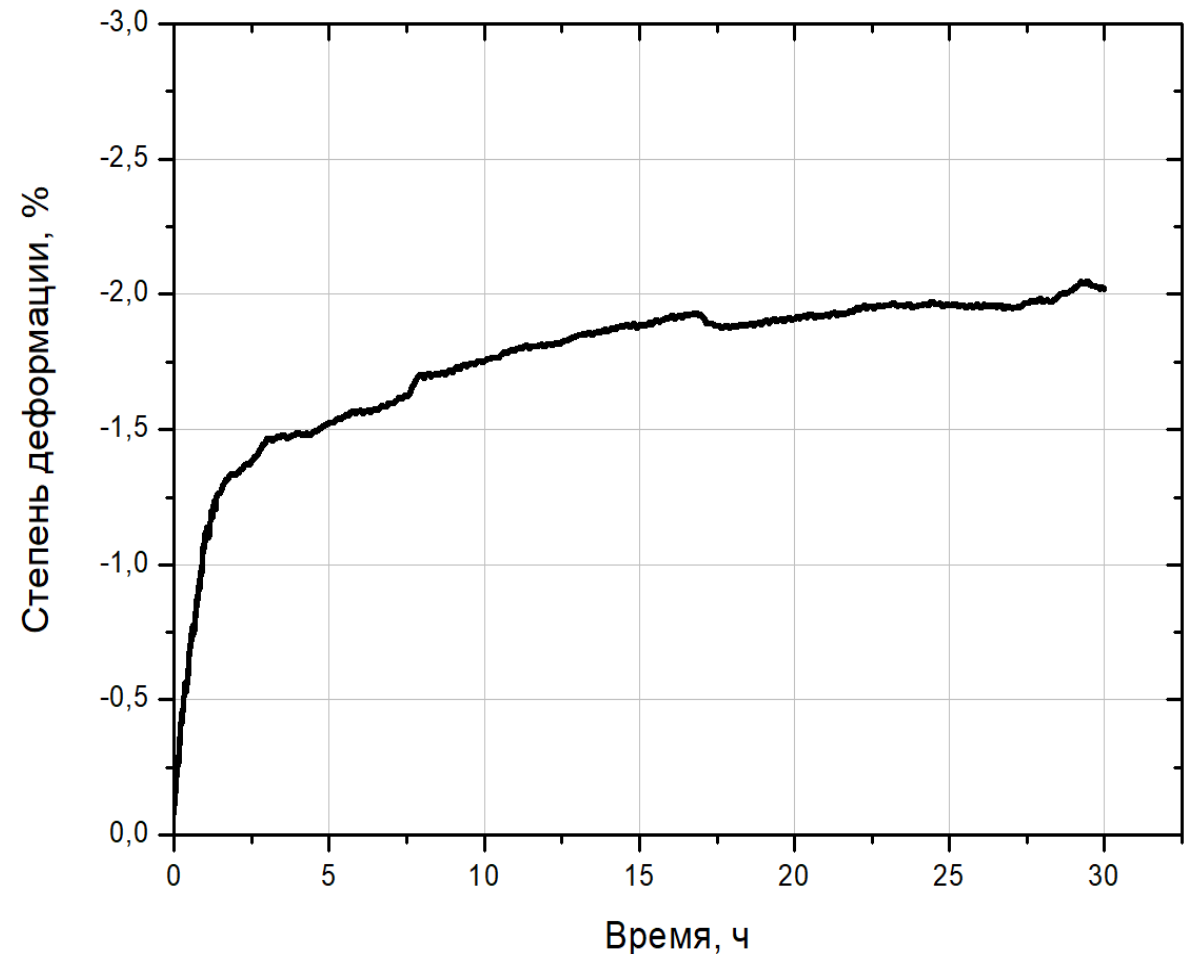
Разработанны и изготовлены методом магнетронного напыления обменно-связанные магнитные металлические сверхрешетки CoFeNi/CuIn , которые по величине магнитосопротивления и минимальности гистерезиса по магнитному полю существенно превышают зарубежные аналоги и являются лучшими в своем классе магниточувствительных наноматериалов. Сверхрешетки устойчивы к воздействию высоких температур вплоть до $T = 300^\circ\text{C}$ и могут использоваться для создания магнитных сенсоров. Нанесенные на кремниевые пластины, они в настоящее время используются на предприятии радиоэлектронной промышленности для создания инновационных изделий.



Сравнение магниторезистивных кривых для сверхрешетки CoFeNi/CuIn , полученной в ИФМ УрО РАН, и базового ГМС материала, используемого фирмой NVE Corporation (США) для изготовления линейки магниточувствительных сенсоров

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

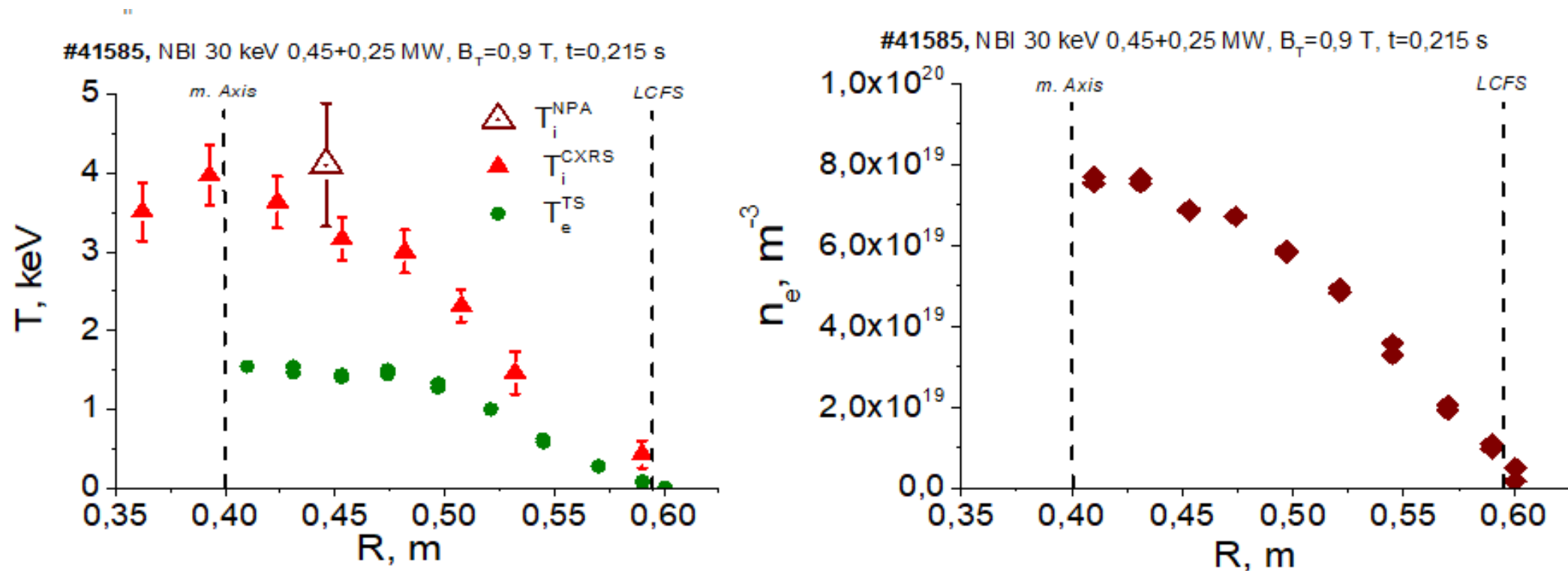
Создана новая группа жаропрочных сплавов на основе молибдена для применения в области температур выше 1200°C. Структурно новые материалы представляют собой естественные композиты, в которых роль матрицы выполняют твердые растворы на основе молибдена, а упрочняющих фаз – тугоплавкие карбиды. Опытные партии новых материалов изготавливаются на экспериментальной технологической базе ИФТТ РАН. Проведенные высокотемпературные механические испытания новых сплавов показали их возможность выдерживать высокие нагрузки при температурах 1200°C и выше в течение нескольких тысяч часов.



Испытание на длительную прочность на сжатие при 1150 °C и нагрузке 600 МПа образца сплава Mo-Ti-C

ДОСТИЖЕНИЕ СУБТЕРМОЯДЕРНЫХ ТЕМПЕРАТУР В КОМПАКТНОМ СФЕРИЧЕСКОМ ТОКАМАКЕ ГЛОБУС М2

На модернизированном недавно сферическом токамаке **Глобус-М2** удалось поднять магнитное поле до 1 Тл и протекающий по плазме ток – до 0.5 МА. При инжекции в токамак двух пучков атомарного водорода высокой энергии, удалось достичь температуру плазмы 45 млн градусов (4 кэВ) при высокой плотности. Это всего вдвое меньше температуры, необходимой для получения энергии из управляемого термоядерного синтеза. Столь высокие параметры получены впервые в России и сравнимые с мировыми достижениями в установках гораздо больших размеров.



Результаты экспериментов на установке "Сферический токамак Глобус-М2"

ТРАНСПОРТИРУЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЧАСЫ НА ОДИНОЧНОМ ИОНЕ ИТТЕРБИЯ

В рамках проекта «ИБИС», который начался в октябре 2017 года, консорциумом ФИАН, ИЛФ РАН, Скольех, ООО «Авест»а и АО «Российские космические системы» созданы первые в России компактные транспортируемые оптические часы на одиночном ионе иттербия.

Часы имеют массу около 300 кг и объем менее 1м³, включая модуль преобразования оптического сигнала в радиодиапазон и электронику, что делает представленную систему одной из наиболее компактных на сегодняшний день.

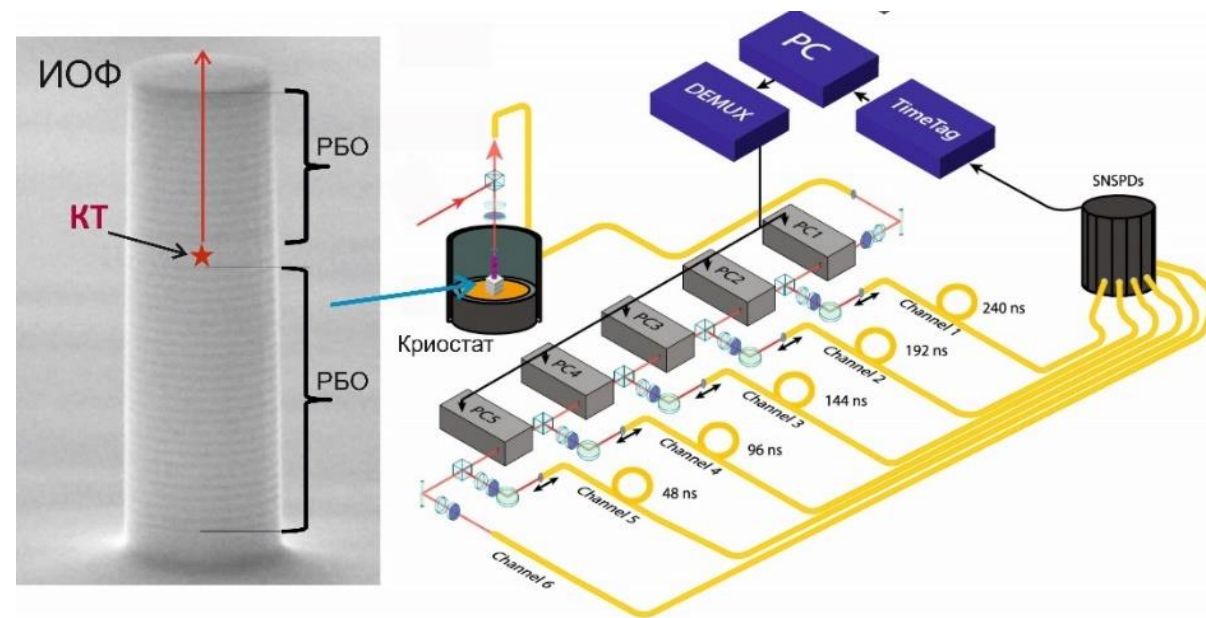
Часы достигают уровня относительной нестабильности частоты менее 5×10^{-16} на времени усреднения около 3 часов.



Транспортируемые оптические часы на одиночном ионе иттербия

ИСТОЧНИК ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ С ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫМ ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ КВАНТОВОЙ ТОЧКИ В МИКРОРЕЗОНАТОРЕ

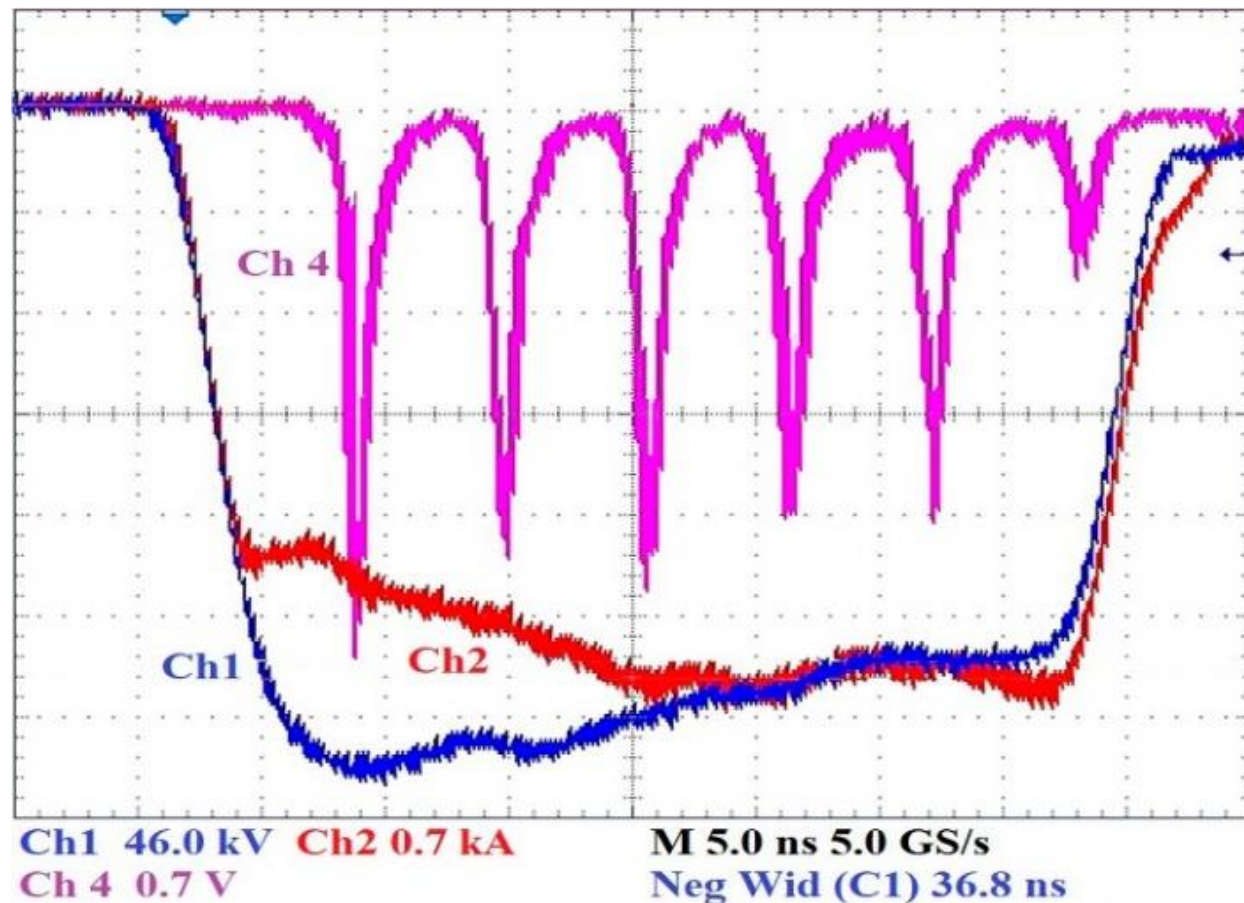
Создан источник одиночных фотонов (ИОФ) с длиной волны 920 нм на полупроводниковой квантовой точке InAs/GaAs помещенной в столбчатый микрорезонатор. Оптимизация дизайна позволила получить однофотонное излучение с чистотой $1-g^{(2)}(0)$ более 98% и степенью неразличимости 91% для последовательно испущенных с интервалом 242 нс одиночных фотонов, что находится на уровне лучших мировых результатов.



Источник одиночных фотонов на основе InAs/GaAs КТ с РБО и его использование в схеме пространственно-временного демультиплексирования. Channel (1-6) – оптические каналы с линиями задержки на основе оптоволокон, ячеек Поккельса и платы синхронизации DEMUX. Блок SNSPD детектирует входящие фотоны, и зарегистрированные данные обрабатываются модулем TimeTag.

ГЕНЕРАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ГИГАВАТТНЫХ УЛЬТРАКОРОТКИХ СВЧ-ИМПУЛЬСОВ С НАНОСЕКУНДНЫМ ПЕРИОДОМ СЛЕДОВАНИЯ

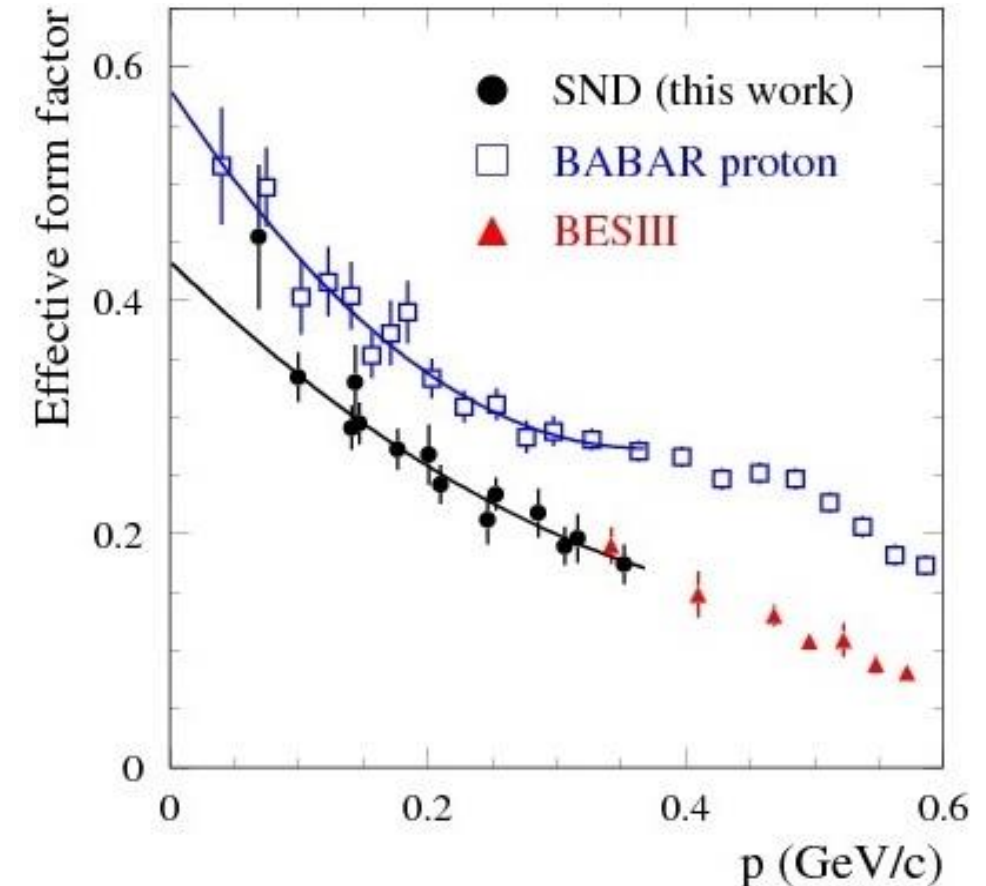
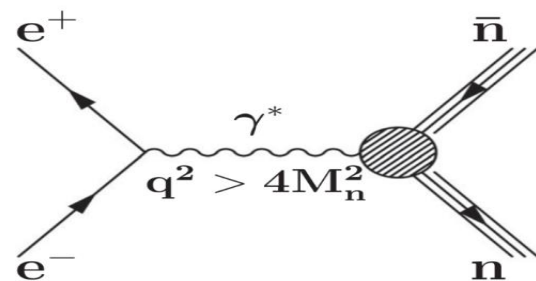
В эксперименте с релятивистской лампой обратной волны получена генерация периодической последовательности ультракоротких (≈ 1 нс) СВЧ-импульсов с пиковой мощностью ≈ 1 ГВт. Центральная частота каждого пакета импульсов 10 ГГц. Период следования импульсов задавался временем электронно-волновой обратной связи и составил 5.9 нс, т.е. частоте повторения 170 МГц. Коэффициенты конверсии, определяемые как отношение пиковой мощности СВЧ-импульса к мощности электронного пучка, составили $0.7 \div 1.2$ (амплитуда напряжения на катоде -280 кВ, ток пучка 3.9 кА).



Ch1—ускоряющее напряжение, Ch2—ток электронного пучка, Ch4—продетектированный СВЧ-сигнал

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ В ПАРУ НЕЙТРОН-АНТИНЕЙТРОН НА КОЛЛАЙДЕРЕ ВЭПП-2000

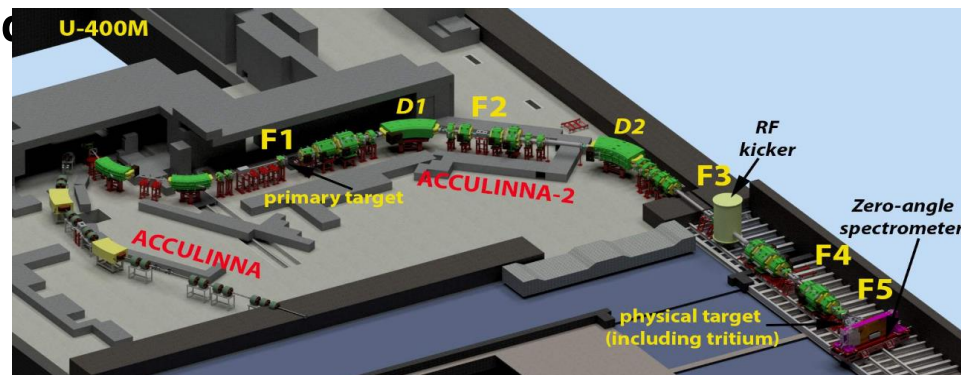
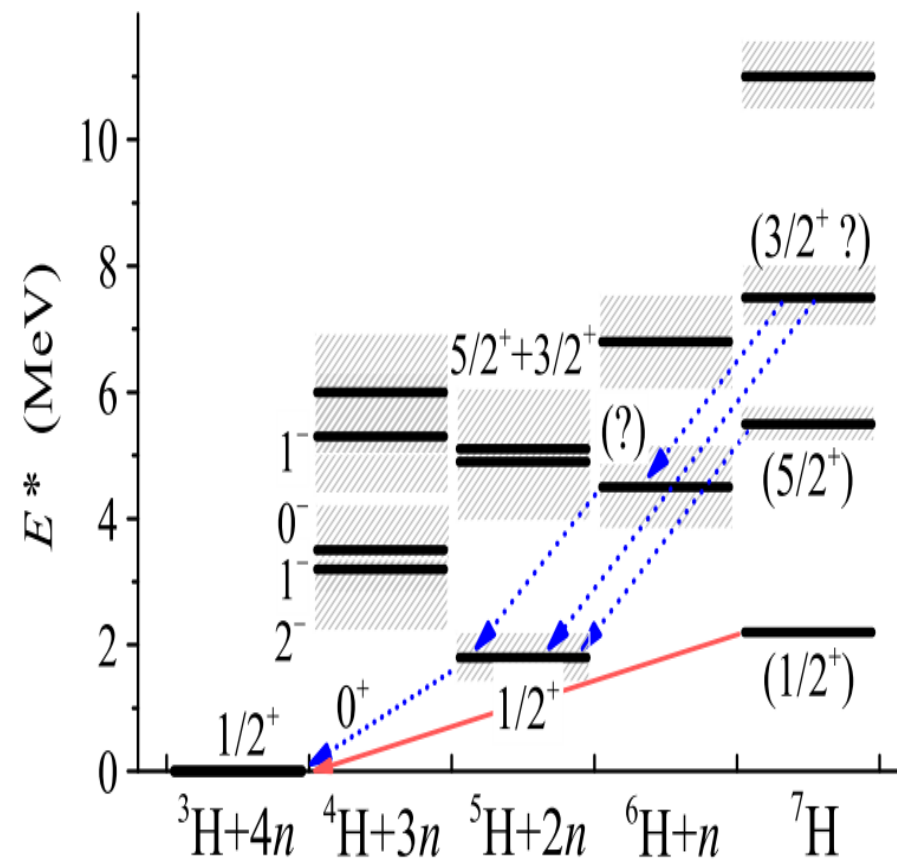
На электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 завершена многолетняя работа по изучению процесса рождения пары нейтрон-антинейтрон в электрон-позитронной аннигиляции в области энергии вблизи порога, от 1884 до 2000 МэВ в системе центра масс. Зарегистрировано >2000 пар нейтрон-антинейтрон и измерено сечение процесса (0.3-0.5 нб), впервые вблизи порога измерены эффективный времениподобный электромагнитный формфактор нейтрона и отношение электрического и магнитного формфакторов нейтрона. Это впервые позволило количественно описать структуру сильного взаимодействия нейтрона и его античастицы вблизи порога рождения. Результаты стыкуются с измерениями китайского детектора BESIII при большей энергии.



Измеренный на детекторе СНД формфактор нейтрона (кружки) в сравнении с результатами BESIII (треугольники) и измеренным в эксперименте BaBar формфактором протона (квадраты).

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ВОДОРОДОВ ${}^7\text{H}$, ${}^6\text{H}$ И ОБНАРУЖЕНИЕ НОВОЙ МОДЫ СПОНТАННОГО РАСПАДА С ИСПУСКАНИЕМ 4 НЕЙТРОНОВ НА ФРАГМЕНТ-СЕПАРАТОРЕ ACCULINNA-2

По итогам первой серии экспериментов по поиску сверхтяжелых изотопов водорода ${}^6\text{H}$ и ${}^7\text{H}$ на запущенном в 2018г. сепараторе ACCULINNA-2 на ускорителе тяжелых ионов U-400M, получены спектры ${}^7\text{H}$ позволяющие разрешить низколежащие состояния этого изотопа. Полученная энергия основного состояния ${}^6\text{H}$ требует пересмотра существующих воззрений и является экспериментальным обоснованием того, что **основное состояние ядра ${}^7\text{H}$ распадается по уникальному «истинно 5-частичному» каналу** (с одновременным испусканием четырех нейтронов и тритона ${}^7\text{H} \rightarrow {}^3\text{H} + 4n$). Это первый доказанный случай существования данной новой моды

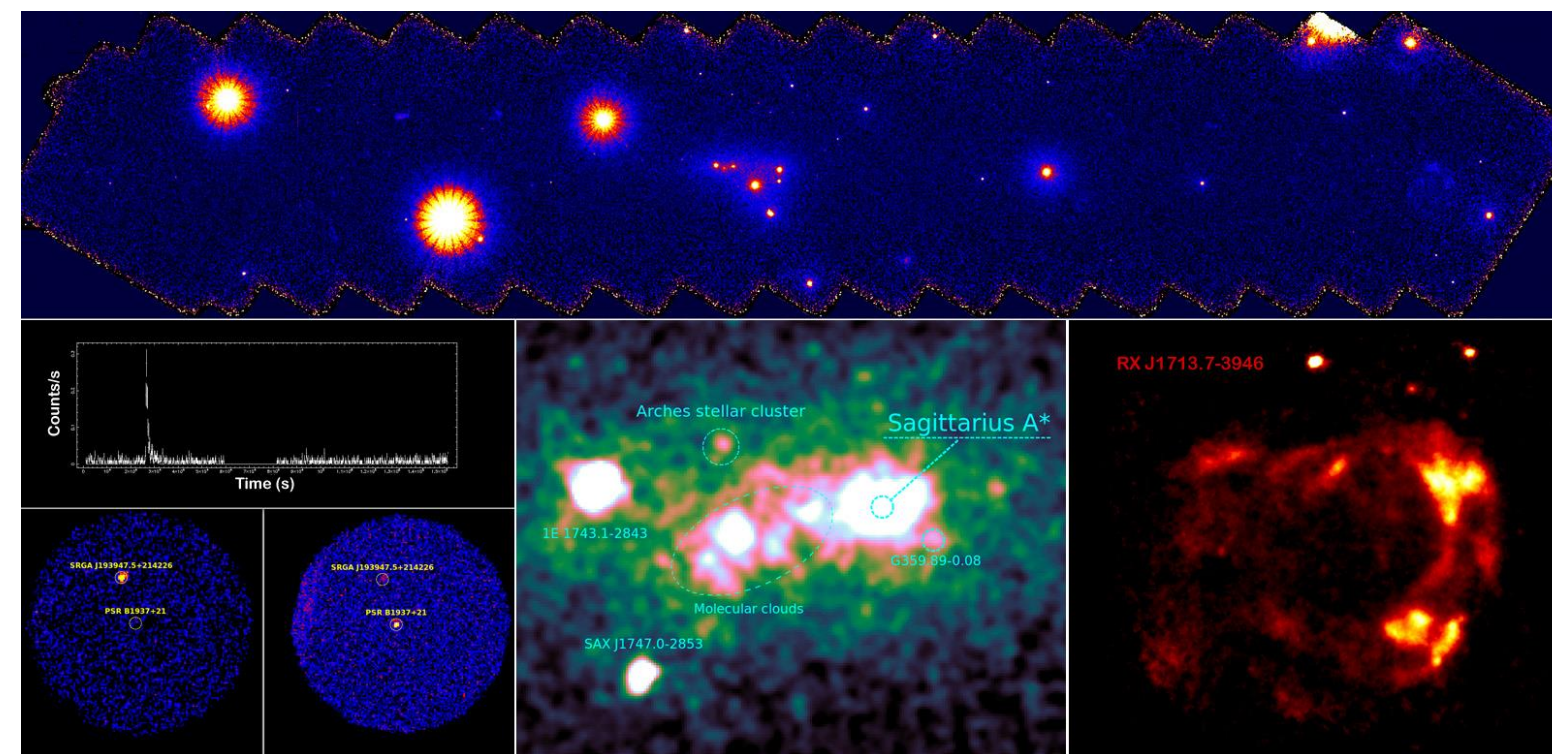


Фрагмент сепаратора ACCULINNA-2 – лучшего в своем классе

Новая схема уровней сверхтяжелых изотопов водорода, полученных в экспериментах ОИЯИ На протяжении 40 лет (с начала 80-х) поиск ${}^6\text{H}$ и ${}^7\text{H}$ был безуспешным!

ГАЛАКТИКА И МЕТАГАЛАКТИКА В ЖЕСТКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ – ОБЗОР НЕБА С ПОМОЩЬЮ ТЕЛЕСКОПА ART-ХС ОРБИТАЛЬНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ СРГ

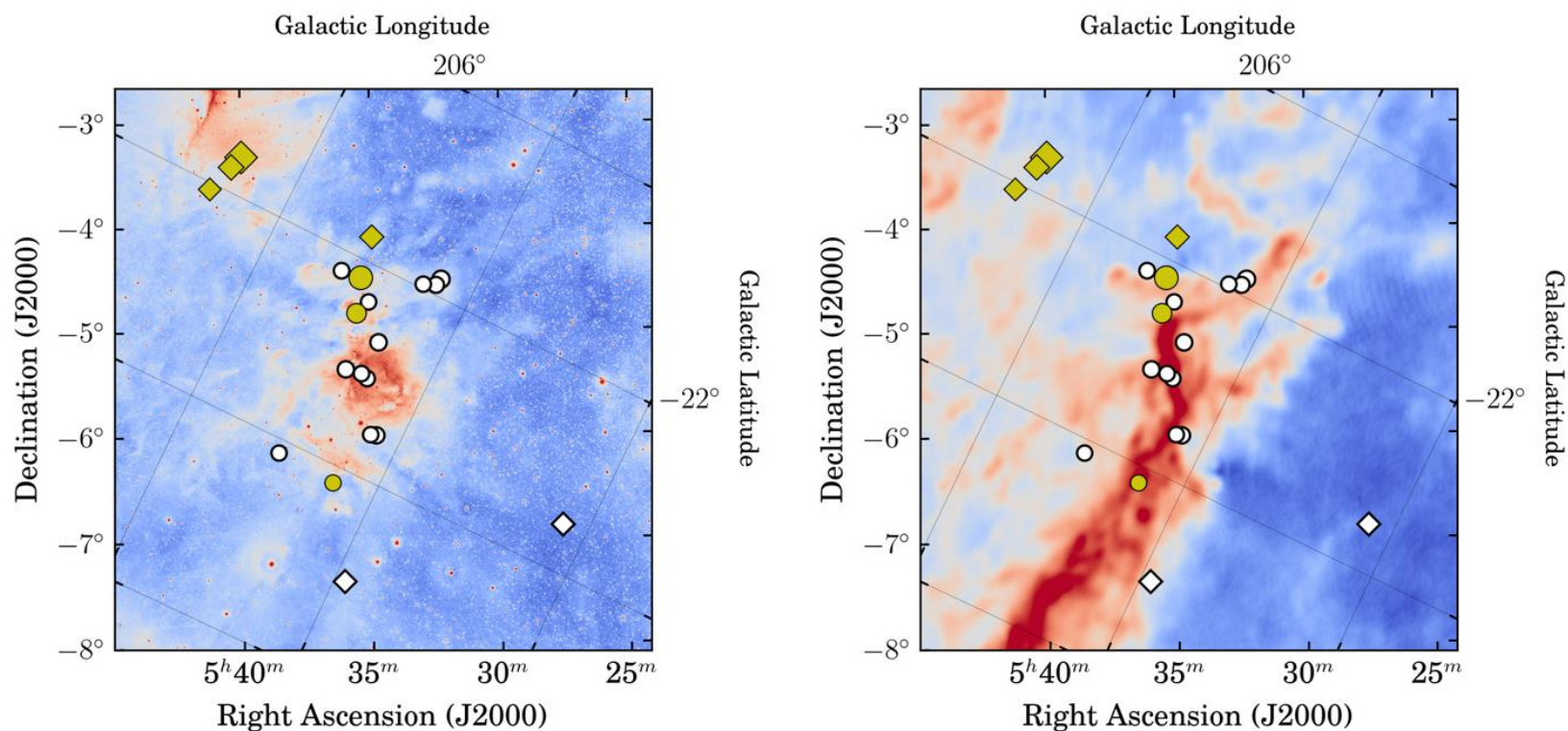
Выпущен каталог источников, зарегистрированных в жестких рентгеновских лучах с помощью телескопа ART-ХС обсерватории Спектр-РГ по данным первого года обзора всего неба. Определена природа новых объектов, обнаруженных в ходе этого обзора. Открыто несколько десятков ранее неизвестных аккрецирующих белых карликов и нейтронных звезд в нашей Галактике, а также активно растущих сверхмассивных черных дыр в ядрах других галактик. Обнаружены транзитные события разной природы – мощные вспышки на звездах, необычные объекты в Галактике, гамма-всплески; построены детальные карты остатков вспышек сверхновых в жестких рентгеновских лучах.



Для проведения более полной «переписи» рентгеновских источников в Галактике начиная с марта 2022 года телескоп ART-ХС проводит глубокое сканирование Млечного Пути. Это позволяет отыскивать слабые источники жесткого рентгеновского излучения даже на дальнем крае Галактики, заглянув туда сквозь толщу пыли и газа.

ПОЛУЧЕНИЕ ПРЯМЫХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ РЕЛИКТОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫХ ЗВЕЗД

Завершен спектрополяриметрический обзор на телескопе БТА 56 химически необычных (пекулярных, CP) молодых звезд в ассоциации молодых звезд Orion OB1. Обнаружено снижение с возрастом доли CP звезд в целом и доли магнитных CP звезд в частности по отношению к нормальным звездам того же класса. У звезд моложе 1 млн. лет магнитного поля нет, затем далее происходит перестройка структуры звезды и магнитное поле достигает максимума в возрасте 2-3 млн. лет, потом падает в 3 раза за 10 млн. лет. Это говорит о реликтовом происхождении магнитных полей звезд ранних спектральных классов.



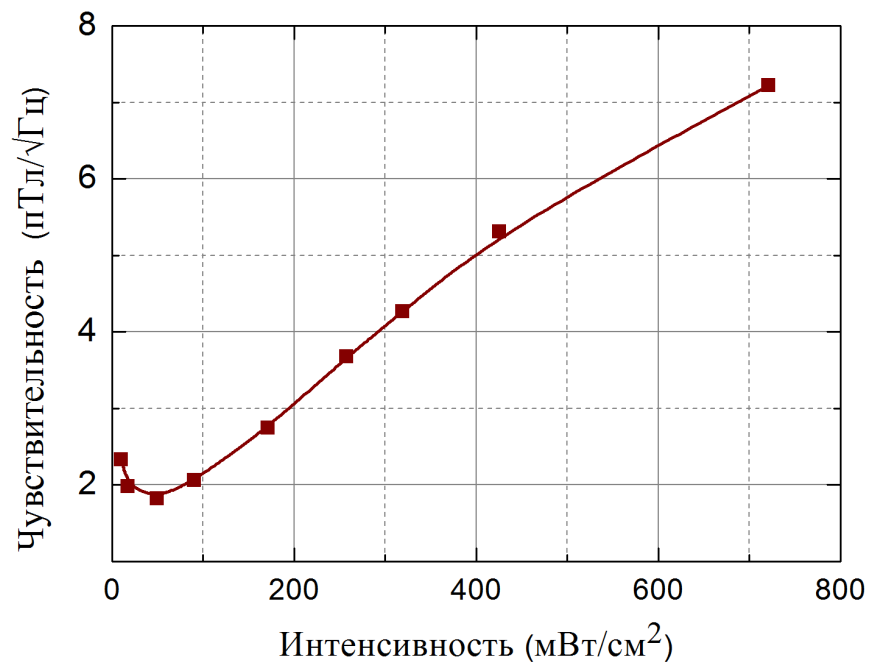
Распределение химически пекулярных звезд в области туманности Ориона. Закрашенные символы - звезды с магнитным полем. Кружки - звезды, входящие в состав туманности. Слева — вид в видимом диапазоне (псевдоцветовая палитра). Справа та же область неба на частотах 353, 545 и 857 ГГц в данных миссии Planck.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

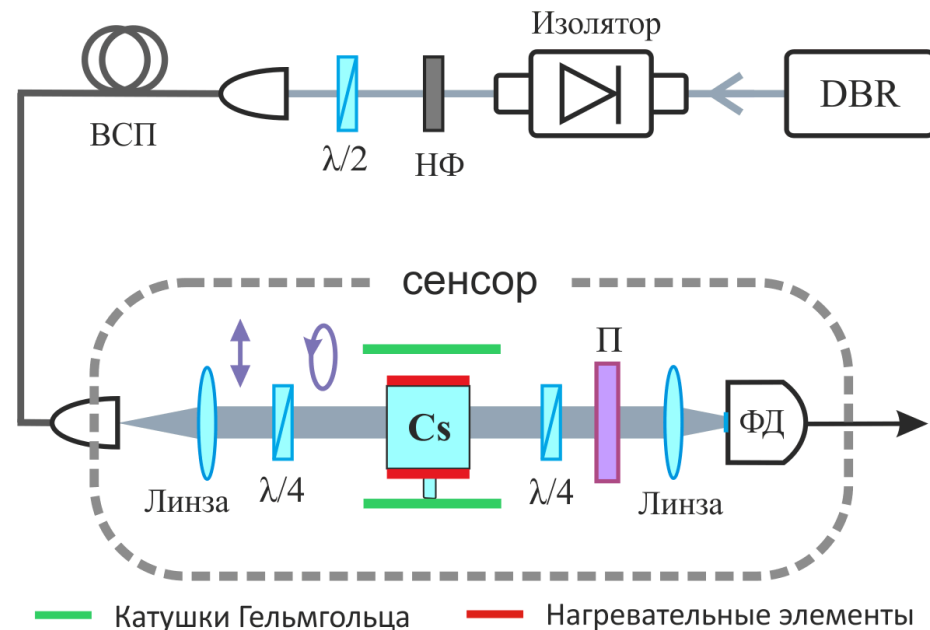


ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАГНИТОМЕТРИЯ В БЕГУЩЕЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННОЙ СВЕТОВОЙ ВОЛНЕ

Разработана и исследована конфигурация атомного магнитометра, позволяющая использовать рабочие температуры не выше 60°C в миниатюрных газовых ячейках ($V \ll 1\text{см}^3$). Чувствительность сенсора - на уровне $2\text{ пТл}/\sqrt{\text{Гц}}$, а в пределе дробового шума на уровне $50\text{ фТл}/\sqrt{\text{Гц}}$. Предложенная схема перспективна для разработки нового поколения АМ для приложений в области медицины и биологии.



Чувствительность сенсора в зависимости от интенсивности лазерного пучка



Оптическая часть экспериментальной установки: DBR – диодный лазер с распределённым брэгговским отражателем, НФ – нейтральный фильтр, ВСП – волокно с сохранением поляризации, Cs – стеклянная ячейка с атомами цезия, П – поляризатор, ФД – фотодетектор, $\pi/2$ и $\pi/4$ – фазовые пластинки.