

**КРЕМНІЄВИЙ ТРЕКЕР ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ПО ДОСЛІДЖЕННЮ
СТИСНУТОЇ БАРІОННОЇ МАТЕРІЇ**

**М. С. Борисова¹, В. О. Кива¹, А. О. Лиманець^{1,2},
В. М. Міліція¹, О. Ю. Охріменко¹, В. М. Пугач¹, Й. М. Хойзер²**

¹Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

²Центр по дослідженням з важкими іонами (GSI), Дармштадт, Німеччина

Представлено дизайн кремнієвого трекера, а також прототипу модуля кремнієвого мікростріпового детектора для вимірювання імпульсу реєстрованих частинок з роздільною здатністю $\Delta p/p \approx 1\%$. Високе радіаційне навантаження та неоднорідний розподіл треків по відстані від осі пучка іонів приводить до необхідності модульної структури детектора. Планується, що мікростріпові детекторні модулі будуть зчитуватися за допомогою спеціалізованого мікрочіпа CBM-XUTER. Система потребує наявності радіаційно-стійких сенсорів з високою просторовою роздільною здатністю та швидким зчитуванням даних, сумісних з тригерами високого класу. Обговорюються концепція кремнієвого трекера та дослідження, проведені з мікростріповими сенсорами з інтерфейсною електронікою, які пропонуються в якості конструкційних блоків детекторних станцій.

Вступ

Експеримент по дослідженню стиснутої баріонної матерії (CBM – Compressed Baryonic Matter) – це дослідницька програма на базі прискорювача з фіксованою мішенню SIS-300, запланованого на майбутньому обладнанні для антипротонних та іонних досліджень (FAIR) у GSI (Дармштадт, Німеччина) [1], розробляється для досліджень зіткнень важких іонів з фіксованою мішенню при енергіях пучка від 10 до 45 GeV на нуклон. Мета експерименту - дослідити фазову діаграму квантової хромодинаміки в області дуже високих баріонних густин та при середніх температурах. Вважається, що речовина в такій формі існує у нейтронних та наднових зірках. У лабораторії речовина з високою баріонною густиною може бути створена при зіткненні релятивістських важких іонів. Баріонна густина та температура файрбола, що утворюється в таких зіткненнях, залежить від складу системи зіткнення та від енергії пучка. Різні стани та фази сильно-взаємодіючої матерії можна досліджувати за допомогою зіткнень різних ядерних пучків з мішенями та зміни енергії пучка.

Як передбачається транспортними моделями, найвищі повні баріонні густини, що в 10 разів перевищують густину основного стану ядерної речовини, досягаються в області енергій пучка від $10 \cdot A$ GeV до $40 \cdot A$ GeV. Це в три рази вище за ті, що досліджувались раніше при зіткненні важких іонів на прискорювачі SIS-18 в GSI. Експеримент CBM, що планується на синхротроні SIS-300 в GSI, за допомогою детектора другого покоління з фіксованою мішенню має ефективно реєструвати та ідентифікувати частинки, що утворюються в ядерних реакціях при енергії в л.с.к. $(10 - 40) \cdot A$ GeV (відповідна енергія в с.ц.м нуклонної пари 4,5 - 9,3 GeV).

Спостережувані величини

Стратегія експерименту CBM полягає в одночасному вимірюванні величин, чутливих до фазових переходів. Предметом досліджень CBM є:

баріони, що містять дивні кварки, в особливості мультидивні (Λ , Ξ , Ω та їх античастинки);

короткоживучі легкі векторні мезони, що розпадаються на лептон-антилептонні пари (ρ , ω та ϕ мезонів);

мезони та баріони, що містять шарм кварк (D-мезони та чармоній);

колективні потоки всіх частинок, кореляції та флуктуації (подія-від-події) народження різних частинок.

Систематичне та всебічне вивчення цих спостережуваних величин, особливо їх функцій збудження, дозволить отримати інформацію про ривняння стану баріонної речовини при високих густинах, про місцезоположення фазової границі між адронною та партонною речовинами, про відновлення кіральної симетрії при високих повних баріонних густинах.

Фазові переходи мають істотний вплив на різноманітні процеси, що відбуваються у відповідних макроумовах, які можуть бути створені на сучасних прискорювачах. На рис. 1 фазова діаграма демонструє наші знання на сьогоднішній день. Точки відповідають певному етапові колективної еволюції гадронної матерії, при якому фіксуються повні числа частинок (хімічний фрізаут) [2 - 4]. Суцільна крива вздовж цих точок представляє розрахунок з постійною баріонною густиною (баріони + антибаріони) $\rho_B = 0,75\rho_0$, $\rho_0 = 0,16 \text{ фм}^{-3}$ [5]. Заштрихована область відповідає речовині у рівноважному стані при високих баріонних густинах. Розрахунки передбачають існування критичної точки при температурі

$T = 160 \pm 3,5$ MeV та баріонному хімічному потенціалі $\mu_B = 725 \pm 35$ MeV ($\rho_B \approx 3\rho_0$) [6]. Критична точка розташована недалеко від точки фріз-ауту AGS (див. рис. 1) і, таким чином, може бути досягнута на майбутньому прискорювачі GSI.

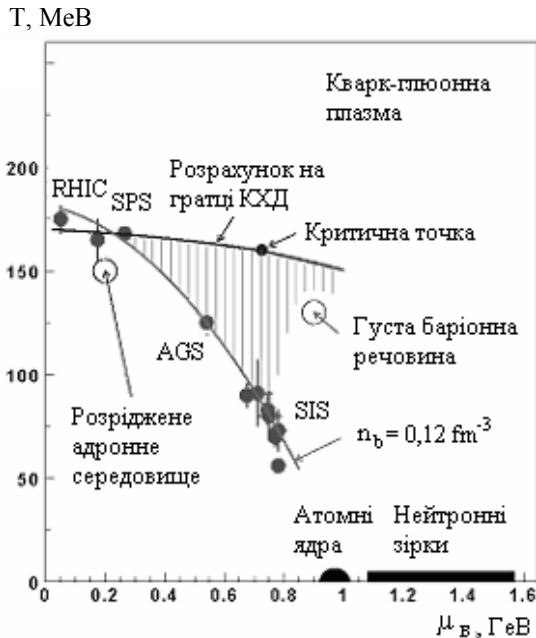


Рис. 1. Фазова діаграма сильновзаємодіючої речовини, зображена у вигляді функції температури та баріонного хімічного потенціалу.

Аналіз сигналів фазових переходів деконфайнменту та порушення кіральної симетрії може бути здійснено на основі гідрокінетичної моделі колективної еволюції кварк-глюон-адронної матерії. Така модель була розвинена для кварк-глюон-адронного фазового переходу у високоенергетичних ядерних зіткненнях [7]. Це дає змогу, використовуючи дані з множинностей частинок, їх імпульсних спектрів, а також бозе-ейнштейнівських кореляцій, знайти температуру, густину енергії та середні фазові густини частинок, що відповідають фазовому переходу. Суттєво, що має місце істотний вплив емісії частинок з граничної поверхні щільної та гарячої системи на спостережувані спектри, зокрема інтерферометричні радіуси [8]. У рамках гідрокінетично мотивованої параметризації таких процесів емісії можна описати піонні та каонні інтерферометричні радіуси і, таким чином, отримати додаткову інформацію про ранні стадії процесів.

Експериментальне обладнання

Спектрометр СВМ (рис. 2) оптимізований для детектування рідкісних продуктів реакцій та продуктів з дуже великою проникливою здатністю

– таких як відкритий шарм та ді-лептонні канали розпаду векторних мезонів з малою масою. Ці спостереження важливі для дослідження початкової стислої фази ядерних зіткнень. Кремнієвий трекер (КТ) [9 - 11] – основа детекторної системи СВМ, що призначена для визначення треків заряджених частинок, вершин розпадів та вимірювання імпульсів частинок з високою роздільною здатністю.

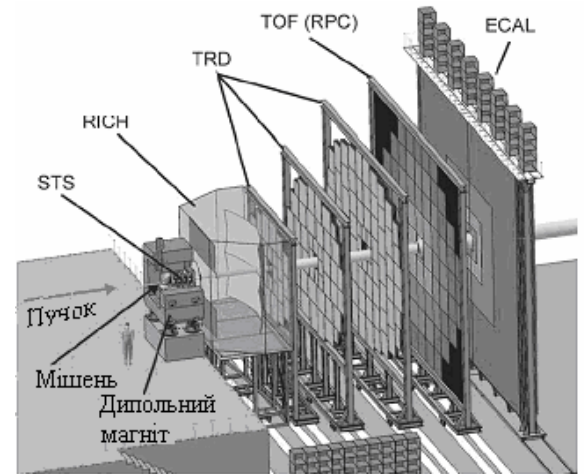


Рис. 2. Схематичне зображення детектора СВМ у конфігурації для електрон-адронних вимірювань.

У полі компактного магнітного диполя, безпосередньо за мішенню, будуть розташовані мікровершинний детектор (MVD, два кремнієвих піксельних шари) та кремнієва трекова система (STS, декілька шарів кремнієвих мікростріпових детекторів), далі за нею знаходяться детектори ідентифікації частинок (RICH, TRD), система для вимірювання часу прольоту (TOF) та електромагнітний калориметр (ECAL). Мюонна ідентифікаційна система та остаточна конфігурація детектора на даний час ще знаходиться у стадії розробки.

Кремнієва трекова система

Масив кремнієвих детекторів КТ повинен реконструювати треки для сотень заряджених частинок, що утворюються в центральних зіткненнях важких іонів, та визначити їх імпульси з роздільною здатністю $\Delta p/p \approx 1\%$ при 1 GeV/c. Така точність є необхідною умовою для визначення мас продуктів з високою роздільною здатністю та вимагає створення дуже тонкої детекторної системи, яка була б спроможна проводити просторово-точкові вимірювання з високою роздільною здатністю та можливістю зчитування даних із частотою до 10 МГц. Важливим спостережуваним об'єктом є D-мезон („відкритий шарм”), реконструкція якого буде здійснюватись за його

адронними розпадами $D^0 = K^- \pi^+$ та $D^\pm = K^\mp \pi^\pm \pi^\pm$, що трапляються на відстані декількох сотень мікрометрів від первинної вершини взаємодії. Ця задача вимагає наявності мікровершинного детектора, розташованого попереду КТ, який би мав високу просторову роздільну здатність при мінімальній масі конструкційних матеріалів та високу радіаційну стійкість ($3 - 5 \times 10^{14}$ МІЧ*/см²).

Один із варіантів геометрії КТ представлено на рис. 3. Детекторні станції з геометричним аксептансом від 50 до 500 мрад установлено в 1-метровому зазорі в полі надпровідного дипольного магніту з магнітною жорсткістю 1 Тм. Таке розташування дозволяє досягти роздільної здатності по імпульсу біля 1 % при 1 ГеВ/с. Перша піксельна станція знаходиться на відстані 5 см до мішені та має площу 25 см², остання станція – на відстані 100 см і покриває 1 м². Уже сам по собі розмір КТ виправдовує застосування мікροстріпової технології для її створення. Дві станції типу LHCb гібридно-піксельних детекторів забезпечують однозначне вимірювання просторових точок траєкторій заряджених частинок. У станціях такого типу піксельні детектори розташовані тільки навколо іонопроводу, де густина треків найвища. Чотири інші трекові станції з активною площею порядку 1,5 м² буде побудовано з тонких двосторонніх мікροстріпових детекторів.

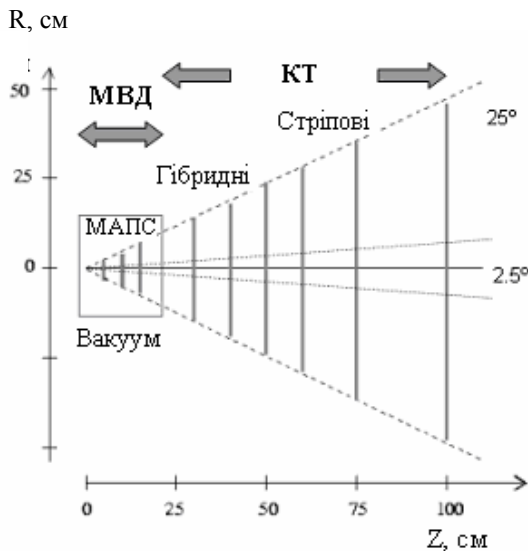


Рис. 3. Схематичне зображення мікровершинного детектора та КТ.

Дві тонкі піксельні станції, що будуть знаходитись безпосередньо за мішенню, у вакуумі (МВД) (див. рис. 3), складаються з монолітних активних піксельних сенсорів (МАПС), забезпе-

чують визначення просторового положення вершин з найкращою роздільною здатністю. Структурні одиниці детекторних станцій: для піксельних станцій – сегменти квадратних пікселей із стороною 50 мкм; для мікροстріпових станцій – стріпові детектори із кроком 50 мкм (головна версія - двосторонні мікροстріпові детектори, маючи на меті створення детектора з мінімальною масою).

Симуляція реконструкції треків

Експлуатаційні характеристики такої детекторної системи було оцінено за допомогою симуляцій FAIRROOT та Virtual Monte Carlo [12], що дає змогу оцінити реальність вивчення запланованих фізичних явищ за допомогою детектора СВМ. Трекінг заряджених частинок та виміри імпульсів реалізуються в КТ. Отримана із симуляції ефективність реконструювання треків для такої КТ, що складається з максимум 8 станцій мікροстріпових детекторів, перевищує 95 %, роздільна здатність по імпульсах порядку 1,5 % для імпульсів частинок, що перевищують 1 ГеВ/с (для центральних Au + Au зіткнень при енергії 25·А ГеВ).

Продукти розпаду різних проміжних станів можна ідентифікувати, використовуючи топологію їх розпаду у кремнієвій трековій системі (КТС). Гарна спроможність КТ реконструювання треків дозволяє зробити, наприклад, майже безфонову реконструкцію треків гіперонів, визначити повну кількість цих частинок та виміряти їх диференціальні розподіли.

Також було зроблено реконструкцію адронних розпадів на нейтральні та заряджені D-мезони. Для центральних Au + Au зіткнень при 25·А ГеВ відношення „сигнал - шум” для D₀-мезонів – 4,4, ефективність реконструкції – 3,25 %. Оскільки середня множинність D-мезонів мала і становить $4 \cdot 10^{-5}$ для центральних Au + Au зіткнень при 25·АГеВ, детектор повинен витримувати великі радіаційні навантаження, щоб зібрати значну кількість даних. Декілька сот тисяч D-мезонів може бути зібрано протягом чотирьох місяців очікуваного часу життя сенсора в радіаційному полі.

Кремнієві мікροстріпові детектори для КТС

Одним із головних завдань, що постають перед колаборацією СВМ у найближчі роки є створення прототипу КТС. Для трекових станцій (рис. 4) розробляються мікροстріпові детекторні модулі – структури із двосторонніх мікροстріпових сенсорів, що розміщуються на підтримуючій драбині та зчитуються на периферії станції.

* МІЧ - мінімум іонізуючі частинки.

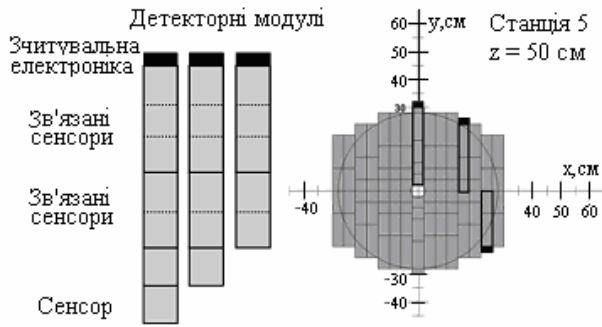


Рис. 4. Збірка кремнієвих мікростріпових сенсорів у модулі різної довжини. Конструкція трекової станції.

Рис. 5 демонструє концепцію таких детекторних модулів. Модуль розділено на декілька секторів різної довжини, які складаються або з одного сенсора з короткими стріпами, або з групи послідовно сполучених сенсорів для досягнення значної довжини стріпів. Ближче до іонопроводу стріпи коротші (1 - 5 см), у той час як на великих відстанях від осі пучка довжина стріпів сягає 50 см. Аналогові сигнали зі стріпа кожного сенсора зчитуються окремо на кожній стороні модуля за допомогою тонких довгих плоских кабелів та передаються до зчитувальної електроніки на периферію детекторних станцій, де буде розташоване допоміжне обладнання та охолоджувальна техніка, і далі – у систему накопичення та обробки даних експерименту СВМ.

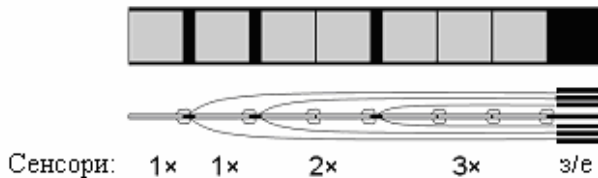


Рис. 5. Схематичне зображення (зверху та збоку) модуля мікростріпового детектора та його зчитувальної схеми.

Перший прототип мікростріпового двостороннього сенсора було створено в 2007 р. Характеристики найбільшого сенсора такі: зовнішні розміри сенсора $53 \times 53 \text{ мм}^2$, товщина кремнію 280 мкм, двостороння сегментація, стріпи з періодом 50,7 мкм, 1024 стріпа на кожній стороні, із стереокутом 15° між стріпами обох сторін. Вибір саме такого значення стереокута є компромісним: досягнення гарної просторової роздільної здатності при невеликій кількості комбінаторних зіткнень, спричинених проекційною топологією сенсора в умовах дуже великої щільності треків. Дуже великі стереокути призводять до помилкового визначення місця проходження частинки через сенсор.

Оскільки в експерименті будуть використовуватись лише тригери високого рівня, зчитувальна електроніка (для кожного 1024 стріпового сенсора

– 8 зчитувальних чіпів на 128 каналів) повинна бути така, що сама запускається та виводить дані. Зчитувальний чіп nXYTER, що відповідає цим характеристикам та іншим СВМ специфікаціям, використовується зараз як прототип для розробки мікростріпових детекторних модулів. 128-канальний СВМ-XYTER чіп, який буде використано в експерименті, проходить зараз тестування в GSI лабораторії. Перший прототип модуля має дизайн, подібний до довгих драбин КТ LHCb, але модифікований для двосторонніх сенсорів.

У рамках проекту СВМ в ІЯД НАН України ведеться розробка прототипу детекторного модуля на основі двосторонніх кремнієвих мікростріпових сенсорів, сполучених за допомогою надтонких мікрокабелів із зчитувальною електронікою. Ця задача включає в себе створення експериментальної тестової установки та ретельну розробку процедури оцінки якості, придатної для характеристики масово виготовлених реальних детекторних модулів.

Розробка підтримуючої системи для модулів

Для того щоб мінімізувати багатократне кулонівське розсіяння заряджених частинок у детекторі та у підтримуючих конструкціях, необхідне створення КТ з невеликою масою. Перші моделі підтримуючих рамок для сенсорів СВМ01, СВМ01-B1 та СВМ01-B2 кремнієвої трекової системи були виготовлені в 2007 р. фірмою "АЕРОПЛАСТ" (Київ) [13]. Конструкційному матеріалу (вуглецеве волокно), який було використано для створення цих підтримуючих рамок, властива максимальна жорсткість та ідеальна плоскість. Цей матеріал із малим зарядовим числом та з геометричною товщиною менше ніж 2,5 мм має стійкі механічні властивості в області температур від -5 до $+50$ °С. Приблизне співвідношення складових: 65 % вуглець, 35 % - епоксидна смола. Густина цієї речовини в 1,5 рази менша за алюмінієві сплави, модуль пружності такий, як у сталі, коефіцієнт теплового розширення в області температур ± 60 °С близький до нуля. Було виготовлено тришарові рамки, що склалися з двох пластин вуглецевого волокна товщиною 0,25 мм та пінистого шару товщиною 1 мм (густина $0,7 \text{ г/см}^3$) між ними у трьох різних геометричних конфігураціях, відповідних до розмірів прототипів кремнієвих сенсорів.

Система рознесених опорних рамок з охолоджуючими агентами всередині та "виделкою" на кінці (розмір $60 \times 160 \text{ мм}^2$, відносно велика товщина – 3 мм) розробляється в ІЯД НАН України. Такі підтримуючі конструкції, подібно до двосторонніх опорних рамок, що використовувались в експерименті HERA-B, складаються з двох ра-

мок для гібридних структур із зчитувальними чіпами та однієї - для сенсора для запобігання його нагріванню.

Результати вимірювань

Для дослідження якості виготовлення детекторів та модулів КТ в ІЯД НАН України була створена 8-канальна тестова установка на основі дискретної електроніки. Тести було проведено з першими прототипами сенсорів СВМ01-В1 та СВМ01-В2, які були встановлені на підтримуючих рамках та з'єднані за допомогою мікрокабелів з електронікою (рис. 6).

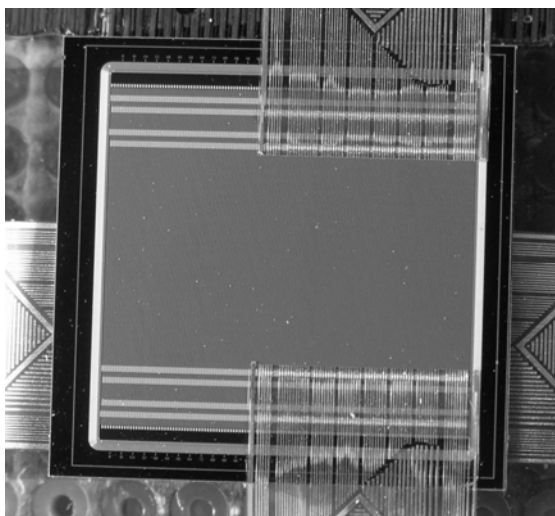


Рис. 6. Двосторонній мікстріповий кремнієвий сенсор СВМ01-В2, з'єднаний з тестувальною електронікою за допомогою мікрокабелів.

Для тестувань було використано лазерне та радіоактивне (^{226}Ra) випромінювання. Приклад для ^{226}Ra наведено на рис. 7, де представлено двовимірний спектр альфа-частинок ^{226}Ra (7,8, 6,1, 5,5 та 5,15 MeV), виміряний на збігах у парі сусідніх стріпів кремнієвого сенсора СВМ01-В2 (міжстріповий проміжок). Міжстріповий проміжок дозволяє встановити функціонування обох стріпів, досліджувати явище розподілу заряду між сусідніми стріпами [14], визначити напругу повного зміщення, моніторувати геометричну однорідність стріпів і т. ін.

Кінцевою метою розроблюваної системи оцінки якості є повна перевірка функціонування усіх детекторних каналів, механічного монтування та електричних з'єднань, а також визначення охолоджуючого потоку, температури, повної напруги зміщення та відношення „сигнал - шум”. Це дасть змогу отримати повну картину роботи функціонуючих каналів трекера СВМ. В основному це завдання планується до вирішення за допомогою лазерного тестувального пристрою, розробка якого завершується.

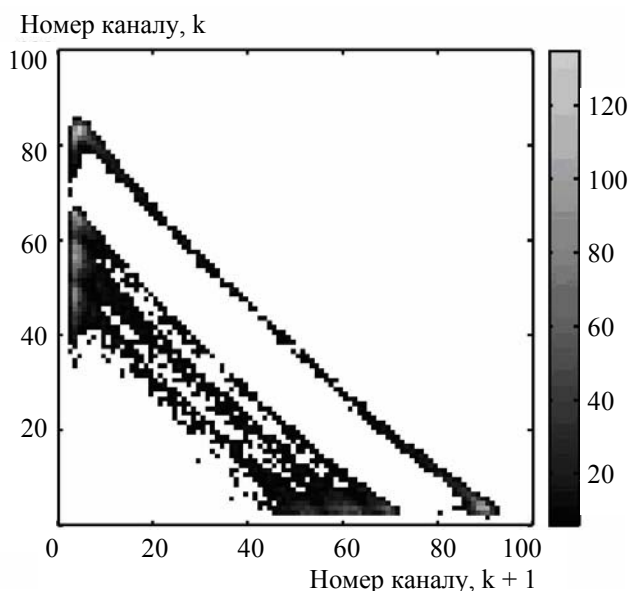


Рис. 7. Двовимірний спектр альфа-частинок ^{226}Ra (7,8, 6,1, 5,5 та 5,15 MeV), виміряний на збігах парою сусідніх стріпів кремнієвого сенсора СВМ01-В2.

Висновки

Експеримент СВМ пропонує дуже цікаві фізичні програми для дослідження фазової діаграми. Унікальні явища очікуються в досліджуваному енергетичному діапазоні - це фазовий перехід першого роду та критична точка. Експеримент СВМ, завдяки новому експериментальному обладнанню 2-го покоління, буде спроможний досліджувати баріони, що містять дивні кварки, розпади короткоживучих легких векторних мезонів та D-мезонів, флуктуації та кореляції усіх частинок. Розробка детектора йде повним ходом. Представлено дизайн прототипу модуля кремнієвого мікстріпового детектора, що може слугувати як конструкційний блок КТ детектора СВМ. Створено прототипи підтримуючих рамок для детекторних модулів та протестовано такі рамки в зборці з СВМ01, -В1, -В2 сенсорами. Досліджено характеристики СВМ01-В1 сенсора за використанням радіоактивних джерел та лазерного випромінювання за допомогою обладнання, створеного в ІЯД НАН України, яке використовує дискретну зчитувальну електроніку. Функціонування В1 сенсора відповідає очікуваній напрузі зміщення. Розроблено опорні системи (з вуглецевого волокна), інфраструктуру охолодження та процедуру моніторингу температури. Необхідно дослідити підтримуючу інфраструктуру, роботу плоских кабелів, довготривалу стабільність. Усі науково-дослідницькі та конструкторські знахідки в розробці детектора буде представлено в Технічній пропозиції СВМ у 2011 р.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Augustin I., Beier T. W., Berghöfer K. et al.* The FAIR Project in 2005 // GSI Report 2006-1. - 2006. - P. 1 - 2.
2. *Deptuch G., Claus G., Colledani C. et al.* Monolithic Active Pixel Sensors with in-pixel double sampling operation and column level discrimination Proceedings of IEEE NSS -MIC 2003, October 19 - 24, Portland (USA) - Vol. 1 - P. 551 - 555.
3. *Dulinski W., Berst J.-D., Besson A. et al.* CMOS Monolithic Active Pixel Sensors for Minimum Ionizing Particle Tracking Using Non-Epitaxial Silicon Substrate // IEEE Transactions on Nuclear Science. - 2004 - Vol. 51 - No. 4. - P. 1613 - 1617.
4. <http://ireswww.in2p3.fr/ires/recherche/capteurs/index.html>
5. ALICE Collaboration, Addendum to ALICE Proposal, CERN/LHCC 99-13, LHCC/P3 Addendum 2. - 1999
6. *Fodor Z., Katz S.D.* Lattice determination of the critical point of QCD at finite T and μ // JHEP. - 2002 - Vol. 0203. -P. 014 - 023, hep-lat/0106002
7. *Sinyukov Yu.M., Akkelin S.V., Hama Y.* Freeze-Out Problem in Hydrokinetic Approach to A + A Collisions // Phys. Rev. Lett. - 2002. - Vol. 89. - P. 052301-4.
8. *Борисова М.С.* Кореляції піонів у високоенергетичних ядро-ядерних зіткненнях: Дис. ... канд. фіз.-мат. наук: 01.04.16. - К., 2005. - 118 с.
9. *Heuser J.M.* A High-Performance Silicon Tracker for the CBM Experiment at FAIR // AIP Conf. Proc. / Ed. by P. D. Barnes et al. (Santa Fe, New Mexico (USA), 23 - 30 Oct. 2005). - Vol. 842 - P. 1073 - 1075.
10. *Heuser J. M., Muller W. F.J., Senger P. et al.* A high-performance silicon tracker for the Compressed Baryonic Matter experiment at FAIR // Czech. J. Phys. - 2005 - Vol. 55 - P. 1649 - 1653.
11. *Heuser J. M., Deveaux M., Müntz C., Stroth J.* Requirements for the Silicon Tracking System of CBM at FAIR // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. - 2006. - Vol. A568 - P. 258 - 262.
12. *The UrQMD Collaboration,* <http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/urqmd/>
13. <http://www.agaeroplast.com>
14. *Rosenfeld A.B., Pavlenko Yu., Vasiliev Yu. et al.* Strip detector for short-range particles // Nucl. Instr. and Meth. - 1993.- Vol. A326. - P. 234 - 238.

**КРЕМНИЕВЫЙ ТРЕКЕР ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ
СЖАТОЙ БАРИОННОЙ МАТЕРИИ**

**М. С. Борисова, В. О. Кива, А. О. Лиманец,
В. М. Милиция, А. Ю. Охрименко, В. М. Пугач, Й. М. Хойзер**

Представлен дизайн кремниевого трекера, а также прототип модуля кремниевого микрострипового детектора для измерений импульсов регистрируемых частиц с разрешением $\Delta p/p \approx 1\%$. Большая радиационная нагрузка и неоднородное распределение треков с расстоянием от оси пучка ионов приводит к необходимости модульной структуры детектора. Планируется, что микростриповые детекторные модули будут считываться с помощью специализированного микрочипа CBM-XYTER. Система требует наличия радиационно-стойких сенсоров с высоким пространственным разрешением и быстрым считыванием данных, совместимых с триггерами высокого класса. Обсуждаются концепция кремниевого трекера и исследования, проведенные с микростриповыми сенсорами с интерфейсной электроникой, которые предлагаются в качестве конструкционных блоков детекторных станций.

SILICON TRACKER FOR THE COMPRESSED BARYONIC MATTER EXPERIMENT

**M. S Borysova, V. O. Kyva, A. O. Lymanets,
V. M. Militsiya, O. Y. Okhrimenko, V. M. Pugatch, J. M. Heuser**

Design of STS and module prototype of silicon micro-strip detector for particle momenta measurements with a resolution of around $\Delta p/p \approx 1\%$ are presented. Very high radiation level and inhomogeneous track distribution result in modular construction of the detector stations. The micro-strip detectors are planned to be read out with the help of CBM-XYTER chip. The system requirements include radiation tolerant sensors with high spatial resolution and a fast readout compatible with high-level-only triggers. Concept of the silicon detection system and the R&D on micro-strip sensors as well as front-end electronics for the building blocks of the detector stations are discussed.

Надійшла до редакції 30.07.08,
після доопрацювання - 12.12.08.