

1. Надёжные квантовые вычисления

Для функционирования квантового компьютера потребуются квантовые логические ячейки, у которых вероятность ошибочных операций, обусловленная декогеренцией, не превышает $\sim 10^{-4}$. В этом случае, как показывают расчёты, возможна эффективная работа протоколов исправления ошибок. К.Р. Brown (Национальный институт стандартов и технологий — NIST, США) и его коллеги в своём эксперименте впервые преодолели данный барьер, создав кубит (квантовый бит), состоянием которого можно управлять с вероятностью ошибок $(2,0 \pm 0,2) \times 10^{-5}$. Кубит реализован на радиочастотных переходах между уровнями сверхтонкого расщепления в ионе ${}^9\text{Be}^+$. Использование микроволновых импульсов стало ключевым фактором эффективности данной методики. В аналогичных экспериментах с лазерами присутствуют флуктуации интенсивности луча и нестабильность его фокусировки на ионе, что вызывает декогеренцию состояния иона. Микроволновое радиоизлучение, напротив, легко поддерживать стабильным, и в эксперименте отсутствовали смещения излучающей микроантенны, смонтированной непосредственно внутри ловушки с ионом. Кроме того, ловушка была экранирована от флуктуаций внешнего магнитного поля медными стенками, охлаждёнными до 4,2 К. Состояние иона определялось по его фотолуминесценции. В эксперименте над кубитом было выполнено 1000 серий квантовых вычислений с длинами от 1 до 987 операций каждая. Следующей актуальной задачей является объединение нескольких кубитов в единую вычислительную систему.

Источник: <http://arxiv.org/abs/1104.2552>

2. $\text{Re}(n) < 0$ в обычных металлах

Исследователи из Вюрцбургского и Гёттингенского университетов (Германия) обнаружили, что чистый кобальт Co и сплав Fe/Co в сильном магнитном поле при комнатной температуре имеют отрицательную действительную часть показателя преломления $\text{Re}(n) < 0$ для радиоизлучения миллиметрового диапазона. Вариант с $n < 0$, теоретически исследованный в работах В.Г. Веселаго, может реализоваться, вероятно, только в искусственных метаматериалах, где он уже наблюдался. Однако более слабое условие $\text{Re}(n) < 0$ возможно в обычных металлах, обладающих комплексным показателем преломления (это соответствует затуханию волн в веществе), вблизи ферромагнитного резонанса. В эксперименте, имеющем конфигурацию интерферометра Маха – Цендера, измерялся сдвиг фазы излучения, проходящего через тонкие поликристаллические плёнки Co и Fe/Co на подложке из MgO в зависимости от частоты излучения, температуры и величины внешнего магнитного поля, и была найдена область параметров вблизи ферромагнитного резонанса, в которой $\text{Re}(n) < 0$. Например, для Co при комнатной температуре и частоте 140 ГГц необходимо внешнее магнитное поле $\approx 3,1 - 3,9$ Тл.

Источник: *Europhys. Lett.* **95** 37005 (2011)

<http://dx.doi.org/10.1209/0295-5075/95/37005>

3. Сверхплотный алюминий

Путём микровзрывов, вызванных сфокусированными лазерными импульсами на глубине в несколько микрометров под поверхность кристалла корунда $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, получена новая сверхплотная модификация алюминия. Импульсы длительностью ~ 150 фс создавали энергию ~ 1 МДж см^{-3} в субмикронном объёме. Кристалл в этом объёме испарялся, возникала плазма с температурой $\sim 10^5$ К, и расширяющаяся ударная волна оказывала давление порядка 1 ТПа на внутреннюю поверхность образующейся микрополости. В таких условиях, типичных для недр планет, кристаллическая решётка алюминия приобретала кубическую объёмно-центрированную структуру bcc-Al. В эксперименте, выполненном в университете Сидзуока (Япония), в одном кристалле был создан целый массив микрополостей радиусом ≈ 360 нм путём последовательных микровзрывов во многих точках. Новая форма Al оставалась на внутренних поверхностях микрополостей и могла быть исследована в течение длительного времени после сжатия. Модификация bcc-Al с постоянной решётки $a = 2,866$ Å в этом кристалле была идентифи-

цирована методом рентгеновской дифракции в Аргонской национальной лаборатории. Авторы эксперимента предполагают, что благодаря различным скоростям диффузии ионов с различной массой, ионы алюминия и кислорода в горячей плазме пространственно разделяются на среднее расстояние ≈ 18 нм и поэтому выделяется чистый bcc-Al. Было также установлено, что внутренняя поверхность микрополости после микровзрыва остаётся в напряжённом состоянии под давлением $\sim 60 - 100$ ГПа, которое стабилизирует bcc-Al.

Источник: *Nature Commun.* **2** 445 (2011)

<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms1449>

4. Колебательные моды и структурная нестабильность

Исследователи из США и Китая экспериментально подтвердили модель, согласно которой наибольшая деформация гранулированной среды происходит в тех местах, где упругие колебательные моды имеют минимальные частоты. Так как в реальной среде присутствует очень сильное затухание колебаний, частоты должны определяться, когда затухание условно выключено, а другие механические свойства среды и её геометрия остаются прежними. В отличие от сплошной среды, спектр упругих колебаний в гранулированной среде сильно изменяется по пространству. Области с минимальными частотами в теоретических работах назывались "мягкими пятнами" (soft spots), и наибольшие сдвиги среды предсказывались именно в этих участках, поскольку в них взаимодействие между частицами слабее всего и минимален энергетический барьер сдвига. Такие области на практике можно рассматривать как дефекты среды. Эксперимент К. Chen и др. был выполнен для квазидвумерного случая. Коллоидное стекло, представляющее собой водную суспензию упругих гранул из микрогеля, заливалось между двумя стеклянными пластинами, через которые велась микрофотосъёмка расположения и движения гранул. Реструктуризация среды вызывалась её нагревом. Гранулы при нагреве расширялись и смещались в среднем на 1/30 их размера. Как и ожидалось, наибольшие коллективные смещения гранул возникали там, где колебательные частоты их упругого движения, оценённые по начальному расположению, были минимальны, причём смещение происходило в направлении векторов поляризации колебательных мод. Данные исследования могут оказаться полезными в прогнозировании землетрясений, в дефектоскопии и в других приложениях.

Источники: *Phys. Rev. Lett.* **107** 108301, 108302 (2011)

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.107.108301>

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.107.108302>

5. Рентгеновское излучение вблизи горизонта чёрной дыры

По измерениям рентгеновского излучения из центра сейфертовской галактики 1H0707-495, выполненным с использованием телескопов XMM-Newton и Swift, сделан вывод, что это излучение приходит к нам с расстояния менее одного гравитационного радиуса R_g от горизонта центральной сверхмассивной чёрной дыры. В период с декабря 2010 г. по февраль 2011 г. рентгеновское излучение ядра 1H0707-495 ослабло в несколько раз, галактика находилась в относительно спокойном состоянии. Особенности спектра излучения в этот период позволили выполнить моделирование структуры источника. Наилучшее согласие с наблюдениями даёт модель, в которой примерно 80 % регистрируемого излучения является излучением, отражённым от внутренней части аккреционного диска и испытывавшим гравитационное красное смещение. Область отражения расположена на расстоянии $< 1R_g$ от горизонта быстро вращающейся (параметр вращения $a > 0,997$) чёрной дыры, т.е. во внутренней части тонкого аккреционного диска вблизи последней устойчивой орбиты. При этом сам источник излучения, вероятно, представляющий собой сильно замагниченную плазменную структуру, должен находиться не выше $1,5R_g$ над плоскостью аккреционного диска вблизи его оси или с некоторым смещением в сторону.

Источник: <http://arxiv.org/abs/1108.5988>

Подготовил Ю.Н. Ерошенко
(e-mail: erosh@ufn.ru)