

Небо в алмазах

Экспедиции за ценными ресурсами были движущим фактором эпохи Великих географических открытий. Не- что подобное, возможно, ждет нас в будущем. Какие это будут ресурсы? Может быть, гигантские алмазы – основа электронной аппаратуры, способной работать в самых жестких условиях? **Текст: Алексей Левин**

В 1960-х один из ведущих мировых астрофизиков Эдвин Солпитер, изучавший процессы нуклеосинтеза в звездах, выдвинул интересную идею: в углеродно-кислородном ядре белых карликов при некоторых условиях может существовать кристаллическая структура. Разумеется, это было чисто теоретическое построение, но в 1992 году у одного из белых карликов (ВРМ 37093), находящихся примерно в 50 световых годах от Земли, были обнаружены пульсации, которые позволили изучить внутреннюю структуру звезды экспериментально. В начале 2000-х годов группа астрофизиков под руководством Трэвиса Меткалфа из Гарвард-Смитсоновского центра применила для этого метод астросейсмологии.



Согласно их выводам, под водородной оболочкой BPM 37093 действительно скрывается твердое кристаллическое ядро из кислорода и углерода. По разным данным, от 32 до 90% массы звезды находится в кристаллической форме – а это в любом случае не менее 5×10^{29} кг! При том колоссальном давлении, которое царит в недрах этой звезды, углерод может образовать только одну определенную кристаллическую решетку – алмаз, поэтому звезда почти сразу получила имя Люси (в честь известной песни The Beatles – Lucy in the Sky with Diamonds).

РУДНИК ПО СОСЕДСТВУ

Впрочем, вполне возможно, что за алмазами не придется лететь так далеко. В нашей Солнечной системе есть планета Нептун. Подобно Земле, она излучает свое внутреннее тепло в окружающее пространство, однако интенсивность этого излучения на порядок выше теоретических предсказаний. Это означает, что Нептун активно генерирует собственное тепло – но как? В отличие от Земли, Нептун почти целиком состоит из воды, метана и аммиака и практически не содержит радиоактивных изотопов.

Сотрудник Ливерморской лаборатории Марвин Росс в 1981 году высказал гипотезу, что метан в глубинах Нептуна и Урана при существующих там огромных давлениях и температурах разлагается на водород и углерод, причем углерод приобретает структуру алмаза. Избыточное тепловое излучение Нептуна объясняется тем, что алмазы погружаются в глубь жидкой мантии. При этом выделяется гравитационная энергия, которая и нагревает внутренности планеты.

ФАБРИКА АЛМАЗОВ

Несколько лет назад этой проблемой заинтересовался профессор Университета штата Нью-Йорк в Стони-Брук Артем Оганов, автор алгоритма USPEX, Universal Structure Predictor: Evolutionary Xtallography, позволяющего предсказывать структуру кристаллов ("Кристаллы на кончике пера", "ПМ" № 10'2010). "Проект оказался чрезвычайно трудоемким, – вспоминает Артем. – Первые

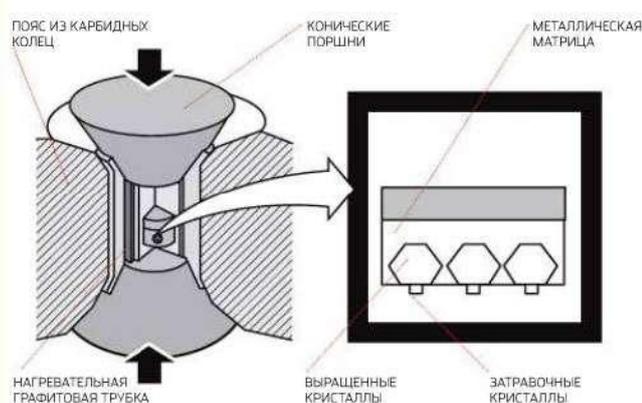
расчеты показали, что при больших давлениях из молекул метана образуются этан и бутан. Не исключено, что таким же путем возникают и более сложные углеводороды, но никак не алмазы. В этих первоначальных вычислениях мы считали температуру равной абсолютному нулю и не брали в расчет движение атомов. Но как только мы решили учесть чисто квантовые нулевые колебания атомов, которые не исчезают и при нулевой температуре, оказалось, что их энергия способствует формированию алмаза! Если же учесть и температуру, которая в глубинах Нептуна достигает 2000°C , новорожденным алмазам для сохранения стабильности хватает давлений, не превышающих двух миллионов атмосфер". Так что, похоже, Марвин Росс оказался прав.

ПРОВЕРКА НА ТВЕРДОСТЬ

Долго считалось, что алмаз – самый твердый из всех известных материалов. Но около 20 лет назад теоретики из Калифорнийского университета в Беркли предположили, что нитрид углерода C_3N_4 должен сильно превосходить алмаз по твердости. Как рассказал "ПМ" Артем Оганов, с тех пор предпринималось множество попыток получить этот материал, но никому ни разу не удалось достоверно продемонстрировать подобный синтез и получить какую-либо информацию о твердости и структуре этого кристалла. "С помощью нашей системы можно решить задачу теоретического моделирования материалов с заранее заданными свойствами, например особо твердых веществ, – объясняет Артем. – Это можно сделать с помощью эволюционных алгоритмов, только вместо отбора по свободной энергии нужно вести селекцию по максимуму твердости. Конечно, для этого следует варьировать не только пространственную структуру кристалла, но и его состав. Так вот, наши расчеты показывают, что нитрид углерода вряд ли будет синтезирован, поскольку он очень неустойчив. Но даже если это произойдет, он окажется много мягче алмаза. Так что алмаз по твердости остается пока вне конкуренции".

ПМ

УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ



ДЕЛО РУК ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ

Первые попытки синтеза алмазов сделали шотландец Джеймс Хэзней в 1879 году и француз Анри Муассан – в 1893-м.

Первые синтетические алмазы были изготовлены в 1953 году в лабораториях шведской электротехнической корпорации ASEA, однако руководство фирмы засекретило эту работу. Лавры достались Трейси Холлу, сотруднику американской компании General Electric, в лабораториях которой алмазы были синтезированы 16 декабря 1954 года. В процессе синтеза использовался твердофазный belt-аппарат сверхвысокого давления, состоящий из двух конических поршней и цилиндрической камеры, окруженной поясом из поддерживающих друг друга колец из карбида вольфрама в кобальтовой матрице и высокопрочной стали. Такая конструкция способна развивать и выдерживать давление до 150 000 атм. В процессе первого синтеза использовалась смесь графита и троилита (FeS), танталовые электроды подводили ток, разогревая смесь в камере, и восстанавливали сульфид до железа, в котором растворялся углерод. При давлении около 100 000 атм и температуре в 1600°C углерод кристаллизовался в виде алмаза.