

СИНТЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СВЕРХГЛУБОКОМ ПРОНИКНОВЕНИИ ЧАСТИЦ НА ПРИМЕРЕ ПРОНИКАНИЯ КАРБИДА КРЕМНИЯ В АЛЮМИНИЙ

М.П. Кашенко^{1,2}, **Н.М. Кашенко**²

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург

²Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

mpk46@mail.ru

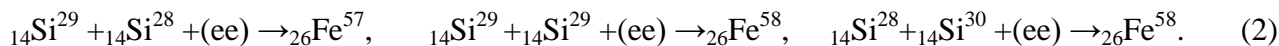
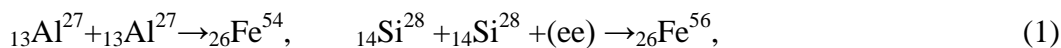
Явление сверхглубокого проникновения (СГП) частиц в металлические преграды при наличии достаточно плотных сгустков частиц, имеющих размеры $d \sim (1-100)$ мкм и летящих со скоростями порядка 1 км/с, получило название эффекта Ушеренко [1]. При этом глубина проникновения h небольшой доли частиц ($\sim 1\%$) достигает $\sim (10^2-10^4)$ d и по порядку величины превышает глубину проникновения частиц h_0 в отсутствие потока ($h_0 \sim 10 d$). Достаточно обширный перечень особенностей проявления эффекта имеется в [2]. Здесь мы акцентируем внимание на то, что в каналах, образующихся вслед за проникающими частицами (и практически схлопнувшихся), наблюдается образование химических элементов, отсутствовавших в составе материалов частицы и преграды. Так, например, согласно [3], при прошивке технически чистого алюминия частицами карбида кремния в каналах идентифицированы железо, медь и галлий в значительном (до 25 %) количестве. Кроме того, установлено выделение энергии, в тысячи раз превышающее начальную кинетическую энергию частиц. В [2] эти яркие результаты предположительно трактуются как следствие термоядерных реакций, условия для которых возникают при схлопывании кавитационных полостей в плазме, окружающей движущуюся частицу.

Цель данной работы – предложить трактовку указанных особенностей на основе концепции низкотемпературных ядерных реакций [4], базирующейся на выводах адронной механики [5]. Напомним, согласно [5], для пары электронов (с противоположными спинами), при сближении электронов до адронных масштабов (10^{-14} – 10^{-15}) м над кулоновским отталкиванием доминирует притяжение, обусловленное контактным непотенциальным взаимодействием. В дальнейшем для таких пар используется обозначение (ee). Существенно, что для сближения до адронных масштабов, как показано в [4, 6], достаточно сравнительно небольшой кинетической энергии относительного движения электронов (порядка 10 эВ).

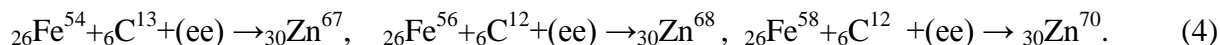
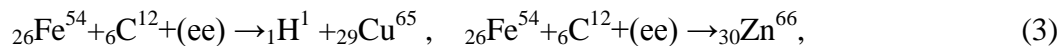
Подчеркнем, что в пользу существования (ee) – пар как реальных физических объектов свидетельствуют эксперименты [7]. Выполненные в [4] оценки показывают, что в зависимости от степени перекрытия волновых пакетов электронов можно ожидать значительных величин для массы m^* (энергии E^*) (ee)-пар в интервале $m^* \sim (0.05-0.5)$ а.е.м., $E^* \sim (50-500)$ МэВ. Наличие подобных массивных компактных пар в межъядерном пространстве снимает проблему преодоления кулоновского барьера не только при синтезе легких, но и массивных ядер (с массовыми и зарядовыми числами больше, чем у железа). Несколько (ee)-пар на круговой орбите образуют КК-активатор (кольцо, катализирующее холодный синтез ядер) [4]). Ясно, что поглощение в ходе синтеза даже одной (ee)-пары способно изменить характер реакции с эндотермического на экзотермический. Массивные (ee)-пары способны инициировать не только синтез, но и распад ядер, располагаясь не только в межъядерных областях, но и на глубоких орбитах вблизи ядер, понижая и сужая кулоновский барьер ядер.

Естественно предположить, что воздействие плотных сгустков частиц на металл сопровождается не только модификацией поверхностного слоя металла преграды (за счет роста температуры и давления в ударно-волновом режиме), но и возрастанием количества (ee) - пар, а при достаточном количестве (ee) - пар формированием КК- активаторов. Тогда сверхглубокое проникновение должно быть естественным для частицы, к поверхности хвостовой части которой примыкает активный слой с КК-активаторами. Именно в этом слое (включая поверхность частицы) и происходят ядерные реакции. Ясно, что на первом этапе

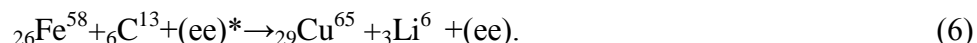
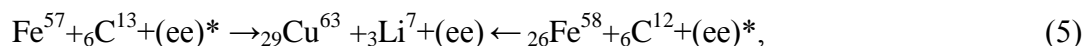
основную роль в синтезе играют ядра алюминия, кремния и углерода. Синтезу изотопов железа сопоставляются реакции:



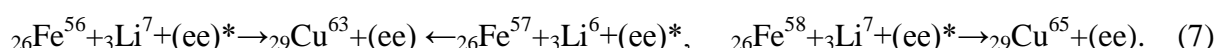
Синтез железа позволяет синтезировать медь и цинк при участии углерода:



Реакции с заимствованием части энергии (ee)-пар приводят к рождению лития и меди:



В свою очередь, литий может принять участие в синтезе меди:



Наличие цинка и протонов (например, вследствие первой реакции в (3)) позволяет синтезировать устойчивые изотопы Ga69 и Ga71 при «эскорте» протонов электронами [4]. Кроме того, протоны могут зарядить частицу. Наличие заряда ведет к локальному разупрочнению алюминия, как перед движущейся частицей, так и на ее боковой поверхности. В результате, частица движется, окруженная специфической (квазижидкой) оболочкой. Таким образом, важные особенности эффекта Ушеренко получают естественную интерпретацию в рамках концепции низкотемпературных ядерных реакций, дополняя принятые представления и свидетельствуя о целесообразности включения (ee) - пар в число значимых объектов фундаментального материаловедения.

Авторы благодарят Министерство науки и высшего образования Российской Федерации за поддержку работы при исполнении программы развития Уральского федерального университета в рамках программы «Приоритет-2030» (проект 4.38).

Литература

1. С.М. Ушеренко. Сверхглубокое проникание частиц в преграды и создание композиционных материалов. Минск: НИИ импульсных процессов. 1998. 210 с.
2. Е. И. Марукович, Ю. С. Ушеренко, С. М. Ушеренко Динамическая модификация металлов. Минск: Беларуская навука. 2021. 153 с.
3. Е. И. Марукович, Ю. С. Ушеренко, С. М. Ушеренко, В. Г. Шарифзянов // Перспективные материалы и технологии. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2015. – С. 285-287.
4. М.П. Кащенко, Н.М. Кащенко. Низкотемпературный ядерный синтез: введение в проблему и ее концептуальное решение. Екатеринбург: УГЛТУ. 2022. 180 с.
5. R.M. Santilli, Foundations of Hadronic Chemistry. With Applications to New Clean Energies and Fuels. Boston-Dordrecht-London: Kluwer Academic Publishers. 2001. 554 p.
6. М.П. Кащенко, Н.М. Кащенко // Письма о материалах 2020. № 10(3). С. 266–271.
7. М.П. Кащенко, М.А. Коваленко, В.И. Печорский, А.И. Купряжкин, Н.М. Кащенко. Регистрация атомов титана с повышенной массой как следствие захвата массивных электронных пар. В кн.: Пархомов А.Г., редактор. Материалы 27 Российской конференции «Проблемы холодной трансмутации ядер химических элементов и шаровой молнии». (3-7 октября 2022 года), г. Москва. Москва: ИНЛИС; 2023. С. 159-165.