УДК 530.145 : 620.3

ХОЛОДНАЯ ТРАНСМУТАЦИЯ НИКЕЛЯ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

Неволин В.К.

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: vkn@miee.ru

Показано путем сравнения масс-спектров депозитов на кремниевых подложках, что в магнетронном разряде с никелевой мишенью в смеси водорода с аргоном наблюдается изменение изотопного состава по сравнению с разрядом в атмосфере аргона. Эксперименты поставлены в соответствии с теоретическими представлениями о субатомных состояниях водорода, предсказанных ранее.

Ключевые слова: трансмутация, изотопы никеля, тлеющий разряд, аргон, водород

COLD TRANSMUTATION OF NICKEL IN A GLOW DISCHARGE

Nevolin V.K.

National Research University «MIET», Moscow, e-mail: vkn@miee.ru

It is shown by comparing the mass spectra of deposits on silicon substrates that a magnetron discharge with a nickel target in a mixture of hydrogen and argon exhibits a change in the isotopic composition compared to the discharge in an argon atmosphere. The experiments were set up in accordance with theoretical concepts of subatomic hydrogen states predicted earlier.

Keywords: transmutation, isotopes of nickel, glow discharge, argon, hydrogen

Считается, что холодная трансмутация элементов (холодные ядерные реакции) экспериментально доказаны [1]. На основе этого явления созданы генераторы энергии, в которых наблюдается долговременное выделение тепловой энергии, превышающее затрачиваемую энергию [2]. Из многочисленных экспериментальных исследований следует, что водород в этих реакциях играет существенную роль и в реакционную зону доставляется с помощью различных химических соединений, например, используется алюмогидрат лития $LiAlH_4$. Анализируя продукты ядерных реакций, в работах [3] высказана идея о возможности одновременных многочастичных реакций ядерного синтеза и распада. Однако до сих пор для всех возможных вариантов холодной трансмутации элементов не решен однозначно принципиальный вопрос о преодолении кулоновского барьера ядрами, вступающими в реакцию.

На наш взгляд, такими инициаторами реакций могут являться в ряде конкретных случаев атомы водорода (дейтерия) в неизвестных ранее субатомных состояниях, предсказанных в работе [4], на основе использования фундаментальной идеи Луи де Бройля о связи массы частицы с собственной частотой колебаний [5]. В субатомных состояниях протон находится в электронной «шубе», с меньшими характерными размерами, составляющими 0,75*a*, где *a* – боровский радиус, что способствует меньшей поляризуемости субатомов. Распределение электронной плотности в субатоме водорода сжато по радиусу за счет кулоновского поля протона по сравнению с распределением электронной плотности вероятности для свободного электрона. Угловые распределения плотности вероятности, связанные с движением спина электрона остаются неизменными, как и в свободном электроне. Это распределение существенно отличается от изотропного распределения плотности вероятности в атоме водорода в основном состоянии, что является первопричиной высокой электрической прочности субатомов. В силу этого возможен срыв собственно электрона в сверхсильных статических кулоновских полях с энергией превышающих собственную энергию электрона m_0c^2, когда становится заметным действие поля ядерных сил. Тем не менее, энергия ионизации субатомов в электромагнитном поле составляет всего 4/9 от энергии ионизации атома водорода, что равно $\varepsilon_{is} = 6.02\,eV$. Эта энергия соответствует энергии водородоподобного иона с зарядом *Z*=2 в возбужденном состоянии с главным квантовым числом *n*=3.

Для возникновения субатомов водорода согласно [4] нужны ионы водорода в приповерхностных слоях металла, например, никеля с нулевой поступательной энергией и значительное количество электронов с энергией ε_{is}. При этом желательно, что бы сумма работы выхода электрона из металла и энергия Ферми электронов была меньше потенциала ионизации водорода.

Наиболее подходящими для реализации подобной ситуации являются исследования тлеющих разрядов в атмосфере водорода (дейтерия) с металлическими катодами. Заметные результаты по холодной трансмутации элементов на этом пути получены в работе [6] с палладиевым катодом.

Для экспериментального доказательства существования холодной трансмутации элементов по мотивам предполагаемой модели был выбран британский магнетронный распылитель Emitech K575X. Мишень была изготовлена из никеля, в качестве подложек использовались кремниевые полированные пластины, используемые в микроэлектронных технологиях (Si КДБ-7,5 (100)). Рабочим газом являлся аргон. Никелевая мишень толщиной 300 μm была выбрана как металл, наиболее используемый в генераторах тепловой энергии [2]. Идея эксперимента заключается в сравнении изотопного состава подложек и мишеней при нанесении никеля в разряде аргона и в разряде аргона с водородом. В смеси концентрация водорода составляла не более 10%. В установке реализуется проточный режим течения газов с контролем давления в разрядной камере. Магнетрон работал с периодическим включением.

В случае нанесения никеля на кремниевую подложку (с подслоем хром для лучшей адгезии никеля) тлеющий разряд в аргоне проводился три минуты и на пятнадцать минут разряд выключался для остывания мишени и разрядной камеры. Проводилось пять циклов нанесения никелевой пленки. Токи разрядов составляли ~125 mA, вакуумные условия во время нанесения пленок составляли ~0,85 Pa.

В случае разрядов в смеси аргона с водородом ситуация несколько изменилась. Наблюдался больший нагрев разрядной камеры. Пауза между разрядами была увеличена до двадцати минут, вакуум при разряде составлял ~0,9 Pa. Ток разряда составлял 125 mA, Изменение тепловыделения можно было бы объяснить возникновением термохимических реакций – образование гидридов никеля. Однако эти соединения неустойчивы, тем более при высоких температурах никелевой мишени. В масс-спектрах обнаруживаются только их следы. Изменение тепловыделения в разряде можно объяснить изменением изотопного состава в пленках никеля.

Действительно, потенциал ионизации водорода меньше потенциала ионизации аргона, поэтому в плазме разряда водород может находиться преимущественно в ионизованном состоянии. Ионы водорода, замедляясь в никелевой мишени на некоторой глубине, будут рекомбинировать. Валентные электроны переводят ионы водорода в обычные состояния. Противостоять этому процессу будет излучение нагретой металлической мишени и плазмы тлеющего разряда с энергией фотонов, в том числе превышающих потенциал ионизации водорода. В связи с этим в стационарном состоянии часть водорода может оставаться ионизованной. Эта часть ионов водорода за счет электронов металла валентной зоны с энергией $\varepsilon_{is} = 6.02\,eV$ может с некоторой вероятностью переходить в субатомные состояния. Изучение фотонов от этих процессов будет возбуждать электронную подсистему металлической мишени. Таким образом, для возникновения субатомов водорода должна существовать пороговая температура мишени, ниже которой возникновение субатомов водорода маловероятно. Ясно, что эта температура не может быть выше температуры пластического течения никеля. В случае тлеющего разряда параметром, определяющим температуру мишени, является ток разряда при заданном напряжении.

Субатомные состояния водорода существуют короткое время – от рождения до времени доставки субатома в область действия ядерных сил. Сравнивая масс-спектры депозитов на кремниевых подложках и мишенях, можно установить наличие изменений изотопного состава.

Масс-спектрометрические измерения проводились на двух разных приборах TOF-SIMS и IMS-4f в двух организациях. Основная проблема, возникшая при анализе изотопного состава, состояла в наличии неконтролируемых «камерных» примесей, находящихся на стенках магнетрона и других деталях, переносимых в плазме разряда на подложки и мишень. После серии разрядов были также обнаружены изотопы натрия, алюминия, калия в локальных областях на поверхности мишени. В связи с этим была сужена область исследования спектра изотопов относительно никелевой мишени.

Для объяснения изменения изотопного состава запишем возможные реакции. Образование субатомов водорода происходит по реакции:

$$^{1}\mathrm{H} + e \leftrightarrow \mathrm{H}^{*} \pm \Delta\varepsilon . \qquad (1)$$

Здесь $^{1}\mathrm{H}^{*}$ – субатом водорода, $\Delta\varepsilon = 6.0\,eV$ – энергия излучения (поглощения) ультрафиолетовых квантов, связанных с переходом в субатомные состояния или распадом их. В поле ядер мишени субатом может распадаться на электрон и протон, и ядерные реакции возможны по двум каналам: захват электрона ядром мишени, туннелирование и захват протона ядром мишени, а также прямое участие субатомов водорода как нейтральных частиц в ядерных реакциях. Ядерные реакции с электронами и протонами приводят к изменению элементного состава. Источником этих частиц могут быть не только субатомы водорода.

В связи с эти нас далее интересует изменение изотопного состава никеля, которое может происходить за счет ядерных реакций с субатомами водорода.

Поскольку в природных металлах никеля отсутствуют изотопы ^{59}Ni и ^{63}Ni, рассмотрим вариант трансмутации по цепочке элементов: ^{60}Ni через ^{61}Ni в ^{62}Ni с помощью субатомов водорода за счет парных столкновений:

$$^{60}\mathrm{Ni} + \mathrm{H}^* \rightarrow {}^{61}\mathrm{Ni}({}^{60}\mathrm{NiH}^*) + \mathrm{H}^* \rightarrow {}^{62}\mathrm{Ni} + \Delta\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_2 \quad (2)$$

Здесь энерговыделение за счет первой реакции составляет: $\Delta\varepsilon_1 \sim 67.5 keV$, за счет второй $\Delta\varepsilon_2 \sim 94 keV$. Заметим, что следы образования $^{60}\mathrm{NiH}^*$ наблюдаются в масс-спектрах. Энергетический выход этих реакций не превышает 100 *keV*, что согласуется с оценками работ [3]. Реакции (2) с водородом приводят к увеличению значения пика ^{62}Ni по сравнению с пиком ^{60}Ni относительно такого же соотношения в контрольной пленке, сформированной без водорода. Для сравнения масс-спектров нужно учесть, что абсолютные значения пиков изотопов элементов в разных экспериментах разные. В процессе плазменного распыления, так и в процессе анализа происходит масс-фракционирование, что может искажать изотопное соотношение. Действительно отношение величин пиков изотопов мишени к соответствующим величинам пиков пленки, полученной а атмосфере аргона, различаются. Прямая, соединяющая величины пиков изотопов ^{62}Ni и ^{60}Ni, должна изменять наклон за счет уменьшения пика изотопа ^{60}Ni и увеличения пика изотопа ^{62}Ni. Имеем для разряда в 10% смеси аргона с водородом:

$$({}^{62}\mathrm{Ni} - {}^{60}\mathrm{Ni})_{\mathrm{ArH}} / ({}^{62}\mathrm{Ni} - {}^{60}\mathrm{Ni})_{\mathrm{Ar}} = \\ = -182332.98 - 190811.36 = 0.95. \quad (3)$$

Это равенство показывает изменение соотношения изотопов в пленке никеля, полученной в атмосфере водорода. В тепловом генераторе Росси, проработавшим более года, обнаружено значительное увеличение изотопа ^{62}Ni за счет снижения доли других изотопов [2]. Как следует из (3) реакционная способность водорода в 10% смеси с аргоном не велика. Для повышения эффективности тепловых генераторов необходимо увеличить реакционную способность водорода путем оптимизации процессов и поиска новых возможных материалов.

Автор благодарен за помощь в проведении экспериментов и обработку результатов А.В. Волковой и В.В. Сарайкину.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение о субсидии №14.578.21.0113 от 27.10.2015, идентификатор ID RFMEFI57815X0113).

Список литературы

1. Царев В.А. Низкотемпературный ядерный синтез. УФН. – 1990. – Т.160, №11. – С.1–53. – 1992. – Т.162, №10. – С.63–91.

2. Пархомов А.Г. Длительные испытания никель-водородных теплогенераторов в проточном калориметре. International Journal of Unconventional Science. – 2016. – N12–13 (4). – С.74–79. http://www.unconv-science.org/n12/parkhomov.

3. Рухадзе А.А., Уруцкоев Л.И., Филиппов Д.В. LENR. Методические заметки. http://lenr.seplm.ru/seminary/opublikovany-doklady-na-seminare-v-rudn-31032016.

4. Nevolin V.K. Hydrogen Atoms based on the Hypothesis of Louis de Broglie. – 2016. – IJAER – V.11. – N. 12. – P.7875–7877.

5. Луи де Бройль Избранные труды. Т.4. – М.: ПРИНТАТЕЛЬЕ. – 2014. – С.112.

6. Savvatimova I.B. Transmutation of Elements in Lov-energy Glow Discharge and the Associated Processes // J. Condensed Matter Nucl. Sci. – 2011. – N.8. – P.1–19.