

13,03

Энергетические характеристики электронно-стимулированной десорбции атомов лития из слоев лития на поверхности Li_xAu_y

© Ю.А. Кузнецов, М.Н. Лапушкин

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, Россия

E-mail: lapushkin@ms.ioffe.ru

Поступила в Редакцию 10 февраля 2022 г.

В окончательной редакции 10 февраля 2022 г.

Принята к публикации 16 февраля 2022 г.

Исследовано формирование полупроводниковых 2D-слоев Li_xAu_y на поверхности золота, напыленного на вольфрамовую подложку. Рассмотрены процессы электронно-стимулированной десорбции атомов Li в системе $\text{Li}/\text{Li}_x\text{Au}_y/\text{Au}/\text{W}$. Показано наличие двух пиков в распределении по кинетическим энергиям атомов лития, десорбирующихся с поверхности: высокоэнергетический при энергии 0.29 eV и низкоэнергетический при энергии 0.11 eV. Высокоэнергетический пик связан с десорбцией атомов лития из адсорбированных слоев лития, а низкоэнергетический из интерметаллида Li_xAu_y . Изучено влияние количества напыленных атомов золота и лития на процесс формирования полупроводниковых 2D-слоев Li_xAu_y . Показано, что процессы электронно-стимулированной десорбции происходят в монослое Li и ближайшем к нему слое Li_xAu_y . Предложена модель электронно-стимулированной десорбции атомов Li в системе $\text{Li}/\text{Li}_x\text{Au}_y/\text{Au}/\text{W}$.

Ключевые слова: электронно-стимулированная десорбция, литий, золото, полупроводник, интерметаллид.

DOI: 10.21883/FTT.2022.06.52401.287

1. Введение

Интерметаллиды или интерметаллические соединения — это соединение двух или более разных металлов, имеющих кристаллическую структуру. Классическим интерметаллидом известным с древних времен является бронза: соединение олова и меди. Соединение двух металлов может в результате иметь совершенно иные свойства, чем чистые металлы, из которых оно получено. Отдельно стоит упомянуть интерметаллиды золота с другими металлами, например, пурпурное золото (Al_2Au) [1], которое применяется в ювелирном деле. Также существуют интерметаллиды золота со щелочными металлами. Первые сведения о интерметаллиде золота со щелочным металлом относятся к 1911 г. [2], когда было показано существование интерметаллида NaAu_2 . Первое же сообщение о неметаллической природе интерметаллидов золота со щелочными металлами было опубликовано в 1943 г. [3]. В дальнейшем интерметаллид золота с цезием был детально исследован в [4]. Удивительным фактом оказалось, что CsAu в отличие от металлов Cs и Au оказался широкозонным полупроводником. В интерметаллидах золота со щелочными металлами золото выступает в роли аниона, а не катиона, как в большинстве соединений золота [5]. Также полупроводником, по мнению [4], оказался интерметаллид RbAu , однако более позднее исследование [6] показало, что RbAu является металлом. Интерметаллиды золота с калием (натрием), как показали дальнейшие исследования, оказались металлами [7]. Расчеты электронной структуры интерметаллидов золото-щелочной металл

подтвердили полученные ранее экспериментальные данные [8–12]. Однако переход от массивных образцов к 2D-пленкам показал, что 2D-пленки интерметаллидов K_xAu_y [13] и Na_xAu_y [4], полученным при $T = 300$ K, являются полупроводниками. Отметим, что полученный при $T \sim 1000$ K интерметаллид Na_xAu_y [15] является широкозонным полупроводником с шириной запрещенной зоны 2.7 eV. Также было показано, что полученный при $T \sim 1000$ K интерметаллид K_xAu_y также является полупроводником [16]. В работе [17] было показано образование полупроводниковой 2D-пленки интерметаллидов Li_xAu_y .

Одним из способов получения интерметаллидов золото-щелочной металл является напыление атомов щелочных металлов на золотую пленку. Процесс формирования интерметаллида при комнатных температурах происходит в два этапа. На первом этапе при напылении домонослойного покрытия атомов щелочного металла на золото не происходит диффузия атомов щелочного металла вглубь золотой пленки и формируется адсорбированный слой атомов щелочного металла. На втором этапе при напылении более одного монослоя атомов щелочного металла происходит диффузия атомов щелочного металла в золотую пленку с образованием интерметаллида золото-щелочной металл стехиометрия которого зависит от количества взаимодействующих атомов золота и щелочного металла. Отметим, что ближайший к поверхности вольфрама монослой золота не принимает участия в формировании интерметаллидов золота со щелочным металлом [18]. При высоких температурах образование интерметаллида может происходить сразу.

В качестве метода исследования процесса формирования 2D-пленки интерметаллидов Li_xAu_y была выбрана электронно-стимулированная десорбция атомов. При облучении поверхности электронами с энергией не более 200 eV может наблюдаться десорбция нейтральных атомов с поверхности [19,20]. Отметим, что используемый поток электронов не нагревает поверхность образца. Достоинством метода электронно-стимулированной десорбции является тот факт, что она наблюдается только с поверхности полупроводника или диэлектрика. На металлах она не наблюдается, так как происходит быстрая релаксация возбужденных состояний. А вот на поверхности полупроводника время жизни возбужденных состояний достаточно велико, чтобы прошли Оже-процессы, которые приводят к образованию нейтрально-го атома с последующей его десорбцией [19,20].

В работе была поставлена задача дальнейшего исследования электронно-стимулированной десорбции атомов лития при формировании 2D-пленок интерметаллидов Li_xAu_y , уделив особое внимание изучению распределения по кинетическим энергиям десорбирующихся атомов.

2. Эксперимент

2.1. Материалы

В качестве подложки для исследуемых образцов использовались вольфрамовые ленты. Ленты предварительно прогревали при 1800 K в атмосфере кислорода при давлении $1 \cdot 10^{-6}$ Torr в течение 3 h. Золото напыляли на ленту при 300 K из прямонакальной вольфрамовой трубки, в которую были помещены куски золотой фольги с чистотой 99.99%, литий напылялся на ленту при 300 K из прямонакального испарителя путем термического восстановления окиси лития алюминием. Концентрация атомов лития на поверхности ленты определялась по времени напыления постоянным потоком, интенсивность которого измерялась по току поверхностной ионизации на Ir ленте, и составляла в монослое (MLs) атомов Li $1.0 \cdot 10^{15}$ atom/cm². Концентрация напыленного Au определялась по времени напыления при постоянном потоке Au, который калибровался с помощью термодесорбционной спектроскопии, и составляла в монослое атомов Au $1 \cdot 10^{15}$ atom/cm². Эксперименты были выполнены при 300 K.

2.2. Приготовление образцов

Использовались два способа приготовления образцов. Первый: на чистую вольфрамовую ленту при комнатной температуре напыляли фиксированное количество золота, после чего напыляли необходимое для измерений ЭСД варьируемое количество атомов лития. После проведения измерений поверхность вольфрама очищалась и приготавливалась заново. Второй: на чистую вольфрамовую ленту при комнатной температуре напыляли необ-

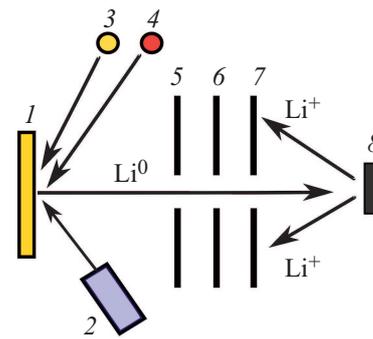


Рис. 1. Схема эксперимента. 1 — образец, 2 — источник электронов, 3 и 4 — Au и Li испарители, 5, 6 — электроды задерживающие ионы, десорбирующихся при электронном облучении образца, 7 — коллектор ионов, 8 — поверхностная ионизационная лента.

ходимое для измерений ЭСД варьируемое количество золота, после чего напыляли фиксированное количество атомов лития. После проведения измерений поверхность вольфрама также очищалась и готовилась заново. Отметим, что ближайший к поверхности вольфрама монослой атомов Au при этих двух способах приготовления образцов не принимает участия в формировании соединения Li_xAu_y .

2.3. Экспериментальная установка

Предлагаемые в настоящей работе исследования проведены в сверхвысоковакуумной установке „Спектрометр ЭСД“, схема эксперимента которого приведена на рис. 1. Давление остаточных газов в установке не превышало $5 \cdot 10^{-10}$ Torr. Эксперименты проводили при $T = 300$ K. Вольфрамовую ленту с нанесенным на нее слоем Li_xAu_y облучали пучком электронов с энергией в диапазоне 0–300 eV. Десорбирующиеся при этом атомы Li ионизировались на нагретой до 2000 K иридиевой ленте. Вероятность поверхностной ионизации атомов Li на иридии при такой температуре равна единице [21].

ЭСД атомов характеризуется величиной выхода ЭСД q , равной отношению плотности десорбирующегося потока атомов к плотности потока возбуждающих ЭСД электронов. Установка „Спектрометр ЭСД“ позволяла регистрировать выход ЭСД атомов цезия (q), измерять зависимость этого выхода q от энергии возбуждающих электронов, измерять распределение по кинетическим энергиям десорбирующихся атомов и количества нанесенного на подложку Li и золота.

3. Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлена зависимость выхода q атомов Li при ЭСД с вольфрама, покрытого двумя монослоями золота, при $T = 300$ K от дозы напыленного адсорбированного лития n_{Li} для энергии бомбардирующих

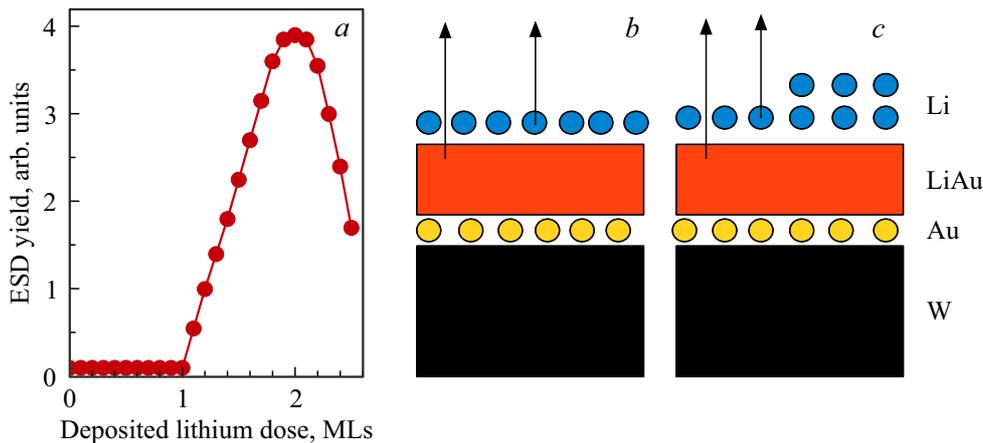


Рис. 2. *a* — выход q атомов Li при ЭСД с вольфрама, покрытого двумя монослоями золота, при $T = 300$ К в зависимости от дозы напыленных атомов лития n_{Li} для энергии бомбардирующих электронов 64 eV. Схема при напылении Li и Au на W: *b* — для 2 монослоев Au и 2 монослоев Li с образованием 2D-слоя LiAu, *c* — для 2 монослоев Au и 2.5 монослоев Li с образованием 2D-слоя LiAu. Стрелками указаны десорбирующиеся атомы Li.

электронов 64 eV. При дозе напыления атомов лития менее одного монослоя не наблюдается ЭСД атомов Li и формируется адсорбированный слой атомов лития на поверхности золота. Такой эффект наблюдался и при напылении других атомов щелочных металлов на поверхность золота [13,14,17,22]. Дальнейшее увеличение дозы напыленного лития приводит к появлению ЭСД атомов Li, что свидетельствует о формировании полупроводникового 2D-слоя Li_xAu_y с $x < y$.

Происходит линейный рост выхода ЭСД атомов Li с увеличением дозы напыления атомов лития. При напылении дозы атомов лития равных двум монослоям достигается максимальное значение выхода ЭСД атомов Li, что свидетельствует о формировании стехиометрического интерметаллического полупроводникового 2D-слоя LiAu (рис. 2, *b*). Отметим, что ближайший к поверхности вольфрама монослой золота не принимает участия в формировании 2D-слоя Li_xAu_y . При дальнейшем напылении атомов лития происходит уменьшение выхода ЭСД атомов Li, что можно объяснить отсутствием диффузии атомов лития вглубь слоя и формировании слоя атомов лития над монослоем адсорбированных атомов лития и препятствию десорбции атомов лития (рис. 2, *c*). Т.е. это свидетельствует о возбуждении процесса ЭСД в интерфейсе поверхность 2D-слоя Li_xAu_y — ближайший к поверхности Li_xAu_y монослой атомов лития.

Если напылить покрытие атомов менее одного монослоя на золотую пленку любой толщины, то ЭСД атомов Li не наблюдается. Также не будет наблюдаться ЭСД атомов Li при напылении любого количества атомов лития на золотую пленку менее одного монослоя. Рассмотрим, какие зависимости выхода ЭСД атомов Li будут наблюдаться при напылении фиксированного количества атомов лития на пленки золота разной толщины, что показано на рис. 3 для двух доз напыленного количества атомов лития: 1.5 MLs и 2.0 MLs. ЭСД атомов Li будет

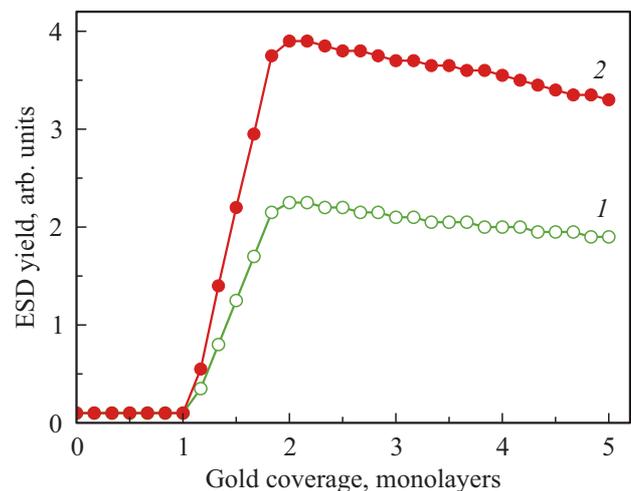


Рис. 3. Выход q атомов Li при ЭСД с вольфрама, покрытого золотом, при $T = 300$ К в зависимости от покрытия золота для двух доз напыления лития n_{Li} : 1 — 1.5 MLs ($1.50 \cdot 10^{15}$ atom/cm²), 2 — 2.0 MLs ($2.0 \cdot 10^{15}$ atom/cm²). Энергия бомбардирующих электронов 64 eV.

наблюдаться только при напылении атомов лития на золотую пленку толщиной более одного монослоя, что свидетельствует о формировании полупроводникового 2D-слоя Li_xAu_y . С увеличением количества адсорбированного золота происходит линейный рост выхода ЭСД атомов Li. Для золотой пленки толщиной два монослоя достигается максимум выхода ЭСД атомов Li. Можно предположить формирование полупроводниковых 2D-слоев разной стехиометрии Li_xAu_y : LiAu₂ для $n_{\text{Li}} = 1.5$ MLs и LiAu для $n_{\text{Li}} = 2$ MLs. Дальнейшее увеличение толщины золотой адсорбированной пленки приводит к медленному уменьшению выхода ЭСД атомов Li. При напылении атомов лития на золотую пленку

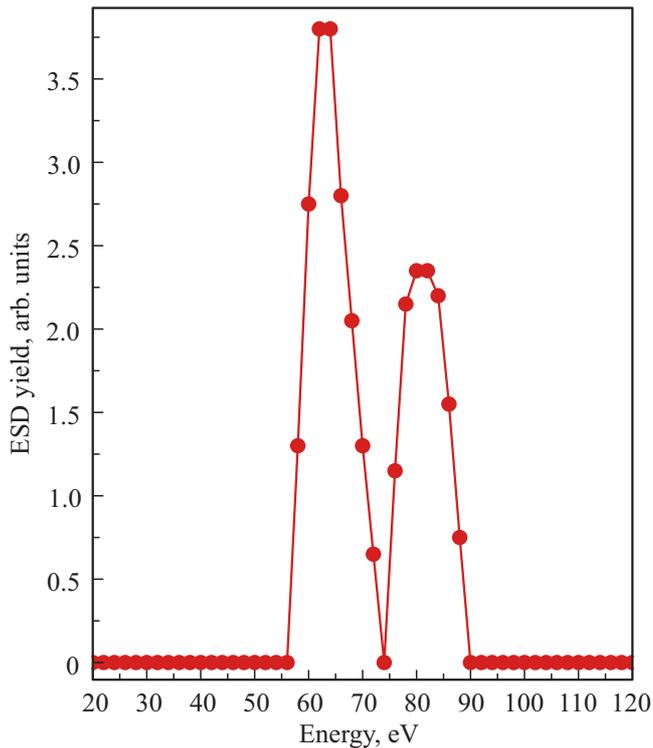


Рис. 4. Выход q атомов Li при ЭСД с поверхности вольфрама, покрытого двумя монослоями золота и дозе напыления два монослоя Li, при $T = 300$ K в зависимости от энергии бомбардирующих электронов E_e .

толщиной 5 монослоев предполагается формирование полупроводниковых 2D-слоев Li_xAu_y с уменьшенным содержанием атомов Li в интерметаллиде: LiAu_8 для $n_{\text{Li}} = 1.5$ MLs и LiAu_4 для $n_{\text{Li}} = 2$ MLs. В случае медленной диффузии атомов лития в золотую пленку через интерметаллид Li_xAu_y может происходить формирование полупроводникового 2D-слоя Li_xAu_y переменной стехиометрии с увеличением содержания золота в соединении с удалением от поверхности.

Металлический характер 2D-слоя Li-Au на Re [23] можно объяснить как различиями формирования 2D-слоя Li-Au на Re и в наших экспериментах: возможно переход полупроводник-металл происходит при напылении атомов Li на золотую пленку толщиной в районе 6 MLs.

На рис. 4 представлена зависимость выхода ЭСД атомов лития от энергии возбуждающих электронов при дозе напыления два монослоя лития и два монослоя золота. Наблюдаются два широких пика с максимумами при 63.5 и 81.4 eV. Эти пики связаны с возбуждением бомбардирующими электронами остовных уровней Au $5p_{3/2}$ и Au $5p_{1/2}$. Полная ширина на полувысоте составляет 8.8 и 9.4 eV соответственно для остовных уровней Au $5p_{3/2}$ и Au $5p_{1/2}$. Отношение площадей пиков составляет величину 0.72, что близко к отношению для спин-орбитального расщепления, равного 2/3. Вклад от

остовного уровня Li $1s$ с энергией связи $E_b = 54.7$ eV не наблюдается, так как его возбуждение должно приводить к уширению пика с максимумом 63.5 eV в сторону меньших энергий и зависимости формы пика от количества напыленного лития. Так как не наблюдается уширения пика с максимумом 81.4 eV в сторону больших энергий, то можно утверждать, что не происходит возбуждения остовных уровней Au $4f_{7/2}$ ($E_b = 84.0$ eV) и Au $4f_{5/2}$ ($E_b = 87.6$ eV).

На рис. 5 приведены нормированные распределения по кинетическим энергиям (E_{kin}) десорбирующихся атомов Li с поверхности W для трех доз напыления лития на золотую пленку толщиной два монослоя: $n_{\text{Li}} = 1.25$ MLs, $n_{\text{Li}} = 1.75$ MLs и $n_{\text{Li}} = 2.25$ MLs. Наблюдается два пика: низкоэнергетический (НЭ), максимум которого расположен при энергии 0.11 eV и высокоэнергетический (ВЭ) в районе 0.29 eV, положение которого зависит от дозы напыленного лития. Увеличение дозы напыленного лития приводит к сдвигу ВЭ пика в сторону меньших энергий. Положение НЭ пика не зависит от дозы напыленного лития. НЭ и ВЭ пики хорошо описываются распределением Гаусса. На рис. 6, а приведено как изменяется положение максимума ВЭ пика с увеличением дозы напыленного лития. Так для дозы напыления лития $n_{\text{Li}} = 1.25$ MLs максимум ВЭ пика расположен при 0.31 eV и по мере увеличения дозы напыленного лития положения максимума ВЭ пика линейно сдвигается в сторону меньших энергий. Для дозы напыления лития $n_{\text{Li}} = 2.25$ MLs максимум ВЭ пика расположен при 0.28 eV. Аналогичное поведение ВЭ пика от дозы напыления щелочного металла на золото было обнаружено, например, при десорбции атомов Cs [22], K [23] и Na [14]. Отметим, что максимум ВЭ пика для Li наблюдается при 0.29 eV. С ростом атомного

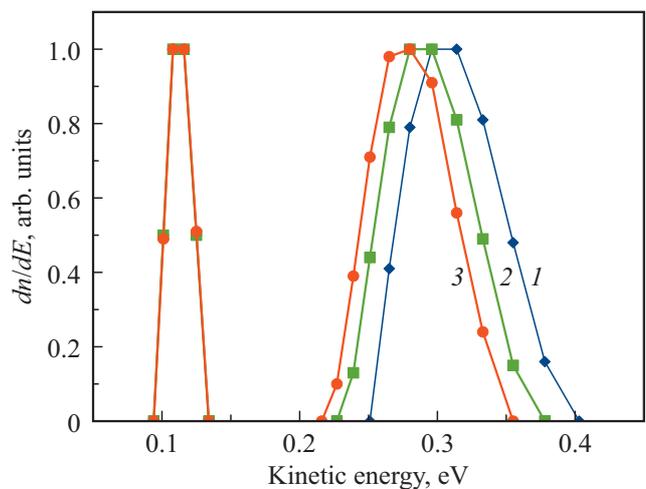


Рис. 5. Нормированные распределения по кинетическим энергиям E_{kin} атомов Li при ЭСД с поверхности W, покрытого двумя монослоями Au, при 300 K для энергии бомбардирующих электронов 64 eV для трех доз напыления Li 1.25 MLs (1), 1.75 MLs (2) и 2.25 MLs (3).

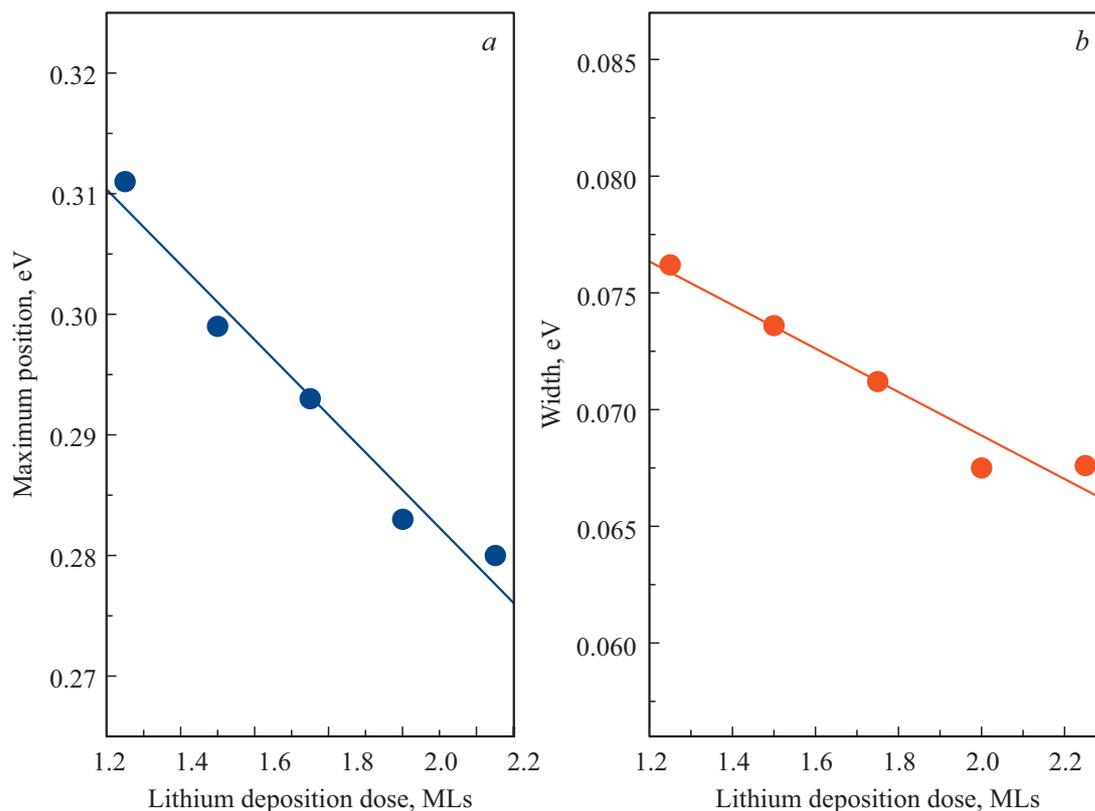


Рис. 6. Положения максимума высокоэнергетического пика нормированного распределения по кинетическим энергиям E_{kin} (а) и полной ширины на полувысоте (b) атомов Li при ЭСД с поверхности W, покрытого двумя монослоями Au, при 300 К для энергии бомбардирующих электронов 64 eV в зависимости от дозы напыленного лития.

номера щелочного металла происходит сдвиг максимума ВЭ пика в сторону больших энергий: он расположен при 0.34, 0.39 и 0.45 eV для Na, K и Cs соответственно. Наличие сдвига максимума ВЭ пика с увеличением дозы напыленного лития можно связать с увеличением расстояния между адсорбированным атомом лития и сформированным слоем интерметаллида Li_xAu_y , что вызвано возрастанием латерального взаимодействия между атомами лития в поверхностном слое.

Видно из рис. 5, что полная ширина НЭ пика на полувысоте не изменяется от дозы напыленного лития и равна 0.11 eV, что в три раза меньше чем ширина ВЭ пика. На рис. 6, b приведена зависимость изменения полной ширины ВЭ пика на полувысоте в зависимости от дозы напыленного лития. Так для дозы напыления лития $n_{\text{Li}} = 1.25$ MLs ширина ВЭ пика равна 0.076 eV и с увеличением количества напыленных атомов лития ширина ВЭ пика линейно уменьшается. Для дозы напыления лития $n_{\text{Li}} = 2.25$ MLs ширина ВЭ пика равна 0.068 eV.

Как и в предыдущих работах [14,22,23] логично предположить, что НЭ пик связан с возбуждением десорбции атомов лития из слоя интерметаллида, а ВЭ пик связан с возбуждением десорбции атомов лития из ближайшего к поверхности интерметаллида монослоя атомов Li. Рассмотрим возможные процессы, протекающие ЭСД атомов лития для дозы напыления $n_{\text{Li}} = 1.25$ MLs на

золотую пленку толщиной 2 монослоя. Так на поверхности под монослоем лития начинает формироваться слой интерметаллида либо со стехиометрией 4:1 либо, например, в виде островков интерметаллида со стехиометрией 1:1. Дальнейшее напыление будет уменьшать стехиометрию интерметаллида, либо увеличивать долю островков интерметаллида со стехиометрией 1:1. При напылении 2 монослоев лития образуется следующая система: монослой атомов лития, который расположен на поверхности монослоя интерметаллида со стехиометрией 1:1. Дальнейшее напыление лития приводит к уменьшению выхода ЭСД, что свидетельствует о формировании второго слоя атомов лития на поверхности интерметаллида со стехиометрией 1:1 и отсутствия диффузии атомов лития вглубь интерметаллида. Рассмотрим, как будет влиять структура слоя интерметаллида на НЭ и ВЭ пики.

Рассмотрим первый вариант, когда происходит формирование интерметаллидов переменной стехиометрии. На поверхности будет находиться монослой атомов лития вплоть до напыления 2 монослоев атомов лития (рис. 2, b). В случае НЭ пика десорбция атомов лития будет происходить из соединений интерметаллидов с разной стехиометрией и атомам лития надо будет проделать путь сквозь адсорбированный слой атомов лития, но расположенной на разных расстояниях от

интерметаллида. Тогда логично ожидать неизменность НЭ пика от дозы напыленного лития и не должно быть влияние изменения расстояния между адсорбированным слоем атомов Li и интерметаллидом на форму и положение НЭ пика. Судя по всему, не играет роли, из какой стехиометрии интерметаллида, десорбируется атом лития. Для ВЭ пика, который связывается с выходом из адсорбированного слоя лития можно ожидать изменения расстояния интерметаллид-адслой лития в сторону увеличения и, следовательно, уменьшения кинетической энергии. Напыление же более двух монослоев атомов лития приводит к формированию второго слоя атомов Li и создает барьер для десорбции атомов лития (рис. 2, с). Десорбирующимся атомам Li из интерметаллида (НЭ пик) придется преодолеть уже два монослоя атомов лития, что увеличивает путь и, следовательно, приводит к исчезновению десорбции. Десорбирующимся атомам Li из адсорбированного слоя Li (ВЭ пик) также создается дополнительный барьер и увеличивается расстояние адсорбированный слой лития-интерметаллид. Следовательно, ВЭ пик будет сдвигаться в сторону меньших энергий. Во втором варианте при формировании островков интерметаллида со стехиометрией 1:1, по мере напыления атомов лития увеличивается только площадь занимаемая интерметаллидом под монослоем атомов лития и остается постоянным расстояние адсорбированный слой Li-интерметаллид. Для десорбирующихся атомов лития из адсорбированного слоя Li (ВЭ пик) условия будут фиксированы, если пренебречь нанощероховатостями, создаваемые островками LiAu, что приводит к неизменности положения ВЭ пика. Следовательно, мы можем предположить формирование при адсорбции атомов Li на Au интерметаллидов переменной стехиометрии.

Для объяснения процесса ЭСД атомов Li в системе Li/Li_xAu_y/Au/W воспользуемся идеями, предложенными ранее [13]. Рассмотрим схему процессов на примере возбуждения бомбардирующими электронами уровня Au 5p_{3/2} (рис. 7) на примере ВЭ пика ЭСД атомов лития. Электроны с энергией более 55 eV бомбардируют поверхность образца, что приводит к возбуждению уровня Au 5p_{3/2} с образованием дырки на этом уровне с захватом электрона в зону локальных состояний вблизи уровня Ферми (1). Так как 2D-слой Li_xAu_y является полупроводником, то время жизни дырки на уровне Au 5p_{3/2} велико, приводя к различным оже-процессам [19,20]. Далее происходит нейтрализация дырки за счет перехода электрона из валентной зоны (2) с выбросом электрона в вакуум (3). Электрон в локальном состоянии E_L расположен вблизи дна зоны проводимости E_{СВМ} (для системы Cs/CsAu он расположен ниже на 50 meV [24]) и может быть легко захвачен в зону проводимости (4). Электрон в зоне проводимости может легко быть захваченным на свободные состояния в монослое атомов лития (5), что приводит к образованию нейтрального атома лития и, соответственно, к увеличению размера атома Li с последующим выталкиванием

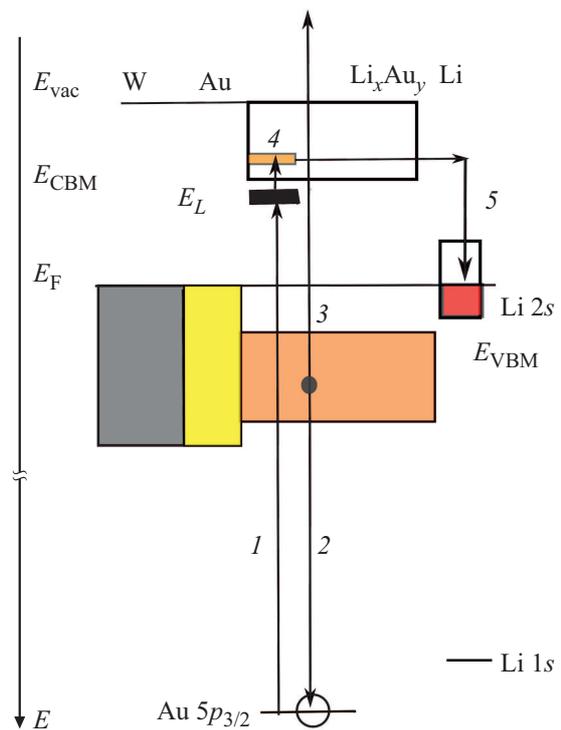


Рис. 7. Схема процессов ЭСД в системе монослой Li/слой Li_xAu_y/монослой Au/подложка W. E_{VBM} — энергия, соответствующая максимуму валентной зоны.

его с поверхности. В случае же НЭ пика ЭСД атомов лития электрон захватывается в зону проводимости, которая в основном образована состояниями лития. Так как в интерметаллидах золото-щелочной металл атомы щелочных металлов имеют заряд близкий к 1+ [9,11], то при этом захвате образуется нейтральный атом лития с увеличением размера и с выталкиванием его с поверхности. Следует отметить, что процесс ЭСД атомов Li связан с электронными переходами в области интерфейса: монослой атомов Li и ближайший к нему слой Li_xAu_y. В нейтрализации дырки Au 5p⁺ может принять участие также электрон с основного уровня Li 1s, но так как эти уровни расположены достаточно близко, то требуется дополнительная нейтрализация образующейся дырки Li 1s⁺. Вероятность же двухэлектронного процесса существенно ниже, чем одноэлектронного.

4. Заключение

Исследована электронно-стимулированная десорбция атомов Li в системе Li/Li_xAu_y/Au/W. Показано, что после адсорбции атомов лития на поверхности золотого слоя в интерфейсе адсорбированный слой атомов лития — слой золота формируется полупроводниковый 2D-слой Li_xAu_y. При напылении двух монослоев лития на поверхность слоя из двух монослоев золота и формируется LiAu. При напылении двух монослоев

лития на слои золота толщиной более двух монослоев формируется 2D-слои с различной стехиометрией Li_xAu_y с дефицитом атомов лития. Наблюдается резонансная зависимость выхода ЭСД атомов Li от энергии возбуждающих электронов, связанная с возбуждением остовных уровней Au $5p_{3/2}$ и Au $5p_{1/2}$. Исследовано распределение по кинетическим энергиям атомов лития, десорбирующихся с поверхности, в котором наблюдается два пика: низкоэнергетический при энергии 0.11 eV и связанный с десорбцией из 2D-слоя Li_xAu_y и высокоэнергетический при энергии в районе 0.29 eV, связанный с десорбцией из ближайшего к поверхности интерметаллида Li_xAu_y монослоя атомов лития. Положение низкоэнергетического пика не зависит от количества напыленного атомов лития, а положение высокоэнергетического пика смещается в сторону меньших энергий с увеличением дозы напыленного лития, что вызвано увеличением расстояния поверхность 2D-слоя Li_xAu_y — адсорбированный слой атомов лития, что связано с увеличением латерального взаимодействия атомов лития в адсорбированном слое. Предложена модель процессов, происходящих в системе Li/ Li_xAu_y /Au/W. Процесс ЭСД захватывает атомы, расположенные в адсорбированном слое атомов Li и ближайшем к нему слое Li_xAu_y .

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] C. Cretu, E. van der Lingen. *Gold. Bull.* **32**, 4, 115 (1999).
- [2] C.H. Mathewson. *Int. Z. Metallographie* **1**, 81 (1911).
- [3] A.N. Sommer. *Nature* **152**, 3851, 215 (1943).
- [4] W.E. Spicer, A.N. Sommer, J.G. White. *Phys. Rev.* **115**, 1, 57 (1959).
- [5] M. Jansen. *Chem. Soc. Rev.* **37**, 9, 1826 (2008).
- [6] C. Wallden, L. Norris. *Phys. Status Solidi A* **381**, 2 (1970).
- [7] K.-J. Range, F. Rau, U. Klement. *Acta Crystallographica C* **44**, 8, 1485(1988).
- [8] N.E. Christensen, J. Kollar. *Solid Status. Commun.* **46**, 72 (1983).
- [9] G.H. Grosch, K.-J. Range. *J. Alloys Comp.* **233**, 1–2, 30 (1996).
- [10] R. Sarmiento-Perez, T.F.T. Cerqueira, I. Valencia-Jaime, M. Amsler, S. Goedecker, S. Botti, M.A.L. Marques, A.H. Romero. *New J. Phys.* **15**, 11, 115007 (2013).
- [11] G.H. Grosch, K.-J. Range. *J. Alloys Comp.* **233**, 1–2, 39 (1996).
- [12] G. Yang, Y. Wang, F. Peng, A. Bergara, Y. Ma. *J. Am. Chem. Soc.* **138**, 12, 4046 (2016).
- [13] Ю.А. Кузнецов, М.Н. Лапушкин. *ФТТ* **62**, 11, 1949 (2020).
- [14] В.Н. Агеев, Ю.А. Кузнецов. *ФТТ* **50**, 2, 365 (2008).
- [15] М.В. Кнатько, М.Н. Лапушкин, В.И. Палеев. *ЖТФ* **68**, 10, 108 (1998).
- [16] M.V. Knat'ko, M.L. Lapushkin, V.I. Paleev. *Phys. Low-Dime. Struct.* **9–10**, 85 (1999).
- [17] Ю.А. Кузнецов, М.Н. Лапушкин. *ФТТ* **63**, 10, 1701 (2021).
- [18] В.Н. Агеев, Е.Ю. Афанасьева. *ФТТ* **48**, 12, 2217 (2006).
- [19] V.N. Ageev. *Prog. Surf. Sci.* **47**, 1, 55 (1994).
- [20] T.E. Madey. *Surf. Sci.* **299/300**, 824 (1994).
- [21] U.Kh. Rasulev, E.Ya. Zandberg. *Prog. Surf. Sci.* **28**, 3–4, 181 (1988).
- [22] В.Н. Агеев, Ю.А. Кузнецов, Н.Д. Потехина. *ЖТФ* **83**, 6, 85 (2013).
- [23] J.A. Rodriguez, J. Hrbek, Y.-W. Yang, M. Kuhn, T.K. Sham. *Surf. Sci.* **293**, 3, 260 (1993).
- [24] Ю.А. Кузнецов, М.Н. Лапушкин. Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов **7**, 333 (2015).

Редактор К.В. Емцев