

масла, определённая в некоторый фиксированный момент времени, что не требует записи и обработки большого объёма данных.

Литература

1. Lakowicz, J.R. Principles of Fluorescence Spectroscopy/J.R.Lakowicz – New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999.
2. Sensing of Flow and Shear Stress Using Fluorescent Molecular Rotors/M.A.Haidekker [et al.]//Sensor Letters.–2005–Vol.3.–P.42–48.

УДК 669.234.788

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПАДА ТВЕРДОГО РАСТВОРА ВОДОРОДА В ПАЛЛАДИИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ИЗ РАЙОНА КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ СИСТЕМЫ ПАЛЛАДИЙ-ВОДОРОД

Жиров Г.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Гидридные превращения, по своей природе, представляют особый класс диффузионно-кооперативных фазовых превращений в твердом теле [1].

Впервые кинетика и морфология прямых гидридных превращений была изучена в работах [2-3], в которых было установлено, что при относительно низких температурах ($T \ll T_{кр} = 292^\circ\text{C}$) прямые $\alpha \rightarrow \beta$ гидридные превращения осуществляются по механизму зарождения и роста. При этом их кинетика описывается классическими С-образными кинетическими изотермическими диаграммами. Причиной С-образной формы изотермических кинетических диаграмм, являются противоположные температурные зависимости числа зародышей, способных к росту, и скорости диффузионного транспорта водорода к этим зародышам.

Результаты по морфологии показывают, что превращение развивается по механизму зарождения и роста зародышей. Причем

сам рост новой фазы имеет диффузионно-кооперативный характер. Т.е. на определенных этапах роста из массивного растущего гидрида после замедления его роста “выбрасывается” игольчатый отросток, который затем быстро растет. Далее возникают новые гидриды, которые также продолжают расти. По истечении времени все растущие гидридные выделения начинают сливаться, и в результате формируется сложная морфологическая картина, постепенно изменяющаяся и все время усложняющаяся, по мере того как гидридная фаза захватывает все больший объем образца.

Важно, как показали результаты работ [2-4] что, также как и прямые гидридные превращения, обратные превращения при $T \ll T_{кр} = 292^{\circ}\text{C}$ развиваются по механизму зарождения и роста.

Однако их кинетика характеризуется принципиально отличными изотермическими кинетическими диаграммами. Характерная черта обратных гидридных превращений заключается в том, что оба фактора: скорость зарождения центров новой фазы и объемная скорость их роста (что непосредственно связано со скоростью диффузионного транспорта водорода к растущим зародышам), в отличие от прямых превращений, действуют в одинаковом направлении (увеличиваются) с увеличением перегрева или уменьшением давления $P_{\text{H}_2} < P_{\text{H}_{2кр}}$. Отметим, что эта ситуация совершенно аналогична наблюдаемым различиям кинетики прямых и обратных превращений в сталях.

Авторы [4] описали морфологические особенности развития обратного гидридного превращения. Они установили, что обратное превращение реализуется по механизму зарождения и роста.

Важно отметить, что инициацию прямых и обратных гидридных превращений производили при постоянной температуре, то есть в изотермических условиях. В случае прямых гидридных $\alpha \rightarrow \beta$ превращений – путем повышения давления газообразного водорода, а в случае обратных гидридных $\beta \rightarrow \alpha$ превращений – полной откачкой газообразного водорода из рабочей камеры. Эти исследования производили при температурах значительно ниже $T_{кр}$ (района купола).

Следовательно, представляло интерес исследовать морфологию гидридных превращений при одновременной откачке водорода и

охлаждении из района купола системы палладий-водород. Поэтому в настоящей работе была поставлена задача изучить особенности фазового распада в слэве палладий-водород при его охлаждении из района критической точки ($T_{кр} = 292^{\circ}\text{C}$).

В работе были получены следующие результаты.

При быстрых и сильных переохлаждениях сплавов $\alpha_0\text{-PdH}_x$ из района критической точки системы Pd-H гидридные $\alpha_0 \rightarrow (\alpha + \beta)$ фазовые превращения развиваются одновременно по всей поверхности сплавов с образованием структуры типа модулированной структуры.

В условиях быстрого переохлаждения с одновременной дегазацией сплавов $\alpha_0\text{-PdH}_x$ из района критической точки системы Pd-H механизм зарождения и роста в его классическом виде не реализуется как это имеет место при температуре значительно ниже критической.

Наблюдаемые морфологические изменения объясняются возникновением больших водородофазовых (ВФ-) и водородных концентрационных (ВК-) напряжений, на которые накладываются термические напряжения, влияющие на перераспределение водорода в образце.

Литература

1. Гольцов В. А. Водородная обработка материалов – новая область физического материаловедения // Перспективные материалы: учебное пособие под ред. Д. Л. Мерсона. – Тольятти: ТГУ. 2017. С. 5–118.
2. Гольцов В. А. Исследование кинетики изотермических гидридных превращений в термодинамически открытой системе палладий-водород / В. А. Гольцов, Ю. А. Артеменко // Физика металлов и металловедение. – 1991. – № 10. – С. 160–167.
3. Гольцов В. А. Кинетические и морфологические особенности гидридных превращений в системе палладий-водород / В. А. Гольцов, Ю. А. Артеменко // Физика металлов и металловедение. – 1991. – № 2. – С. 181–188.

4. Goltsova M. V. Kinetics of reverse $\beta \rightarrow \alpha$ hydride transformation in thermodynamically open palladium–hydrogen system / M. V. Goltsova, Yu. A. Artemenko, V. I. Zaitsev // J. Alloys and Compounds. – 1999. – Vols 293–295. – P. 379–384.

УДК 539.24

**ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЕ НА ПОВЕРХНОСТИ
ПЛАСТИН МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ,
ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ГЕЛИЕМ И ОБРАБОТАННЫХ В
ПЛАЗМЕ ВОДОРОДА**

Францкевич Н.В., Францкевич А.В., Мартинович В.А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Возможность формирования глубинных протяженных дефектов в монокристаллическом кремнии при наличии в его решетке водорода или гелия с концентрацией 5-10 атомных процентов применяется для создания структур кремний на изоляторе по технологии Smart-Cut [1], методу, предложенному в [2,3], а так же для очистки объема пластины от примесей. Достижение данной концентрации химических элементов на заданной глубине в пластине достигается имплантацией соответствующих ионов дозами порядка $4-6 \times 10^{16}$ ат./см². Поэтому, с точки зрения удешевления данных технологий, интерес представляет возможность управляемой трансформации дефектного слоя путем предварительной имплантации водорода или гелия дозами менее 1×10^{16} ат./см². Дальнейшее развитие слоя происходит в результате геттерирования на нем водорода, вводимого в пластины из плазмы, и последующих отжигов при определенных температурах и соответствующей длительности. Главная цель данных исследований – определение экспериментальных условий, при которых после ионной имплантации и плазменной обработки на поверхности пластин кремния образуется минимальное количество дефектов.

Стандартные пластины Cz кремния n-типа $4.5 \Omega\cdot\text{cm}$ имплантировались ионами гелия при комнатной температуре с энергией 300 кэВ и дозой $1 \cdot 10^{13}$, $5 \cdot 10^{14}$, $1 \cdot 10^{15}$ или $5 \cdot 10^{15}$ ат./см².