

В работе рассмотрено влияние режимов термомеханической обработки (ТМО) на закономерности структурных и химических превращений материала ПАН нитей, изготовленных с применением диметилформамида, в процессе термостабилизации. Проведена серия экспериментов с предварительной изотермической обработкой при 220°C в течение 10 минут. Дальнейшая термостабилизация осуществлялась при 265°C. Термообработка проводилась в атмосфере воздуха при постоянной вытягивающей нагрузке 0,6 г/текс. Дилатометрические исследования проводились путем фиксации изменения линейных размеров (l/l_0) ПАН нити в процессе термообработки

Во время изотермической обработки ПАН волокна в атмосфере воздуха наблюдается первоначально пластическое течение материала, которое сменяется усадкой, обусловленной протеканием реакций дегидрогенизации, циклизации и окисления (рис.1). Этот процесс сопровождается структурными изменениями материала. Первоначально наблюдается совершенствование структуры ПАН нити (увеличение размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) и повышение текстуры материала). При этом происходит наиболее активный рост размеров ОКР, ориентированных параллельно оси нити. Дополнительная предварительная термообработка стимулируют повышение текстурированности материала на начальном этапе термостабилизации, обуславливают существенное уменьшение времени, в течение которого развивается процесс диспергирования ОКР и образования новой высокодисперсной фазы [1, 2].

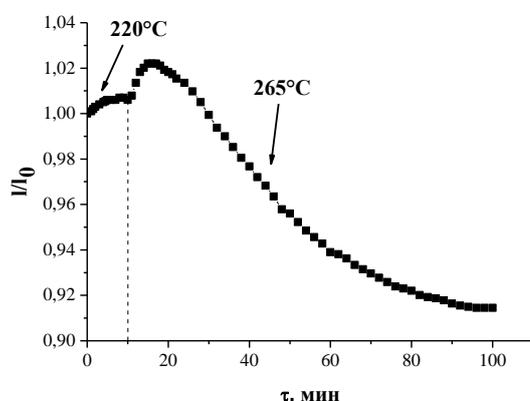


рис.1. Кинетическая кривая изменения линейных размеров ПАН нити в процессе двухстадийной термообработки

Список публикаций:

- [1] Fazlitdinova A.G., Tyumentsev V.A., Podkopayev S.A., Shveikin G.P. // *J Mater Sci* 2010. V.45, P.3998.
 [2] Fazlitdinova A.G., Tyumentsev V.A. // *Russian J App Phys* 2015. V.60 (11), P.1705

Влияние вида анизотропии межфазной энергии на скорость цилиндрических включений, мигрирующих в кристалле

Карпенко Анастасия Сергеевна
 Южный федеральный университет
 Гармашов Сергей Иванович, к.ф.-м.н.
as.karpenko911@yandex.ru

Термомиграция – явление миграции жидкого включения в кристалле под действием градиента температуры; применяется для создания глубоких р-п переходов, а также как метод исследования процессов кристаллизации и растворения [1]. Жидкое включение может быть плоским, цилиндрическим или же иметь форму капли. При выполнении настоящей работы основное внимание уделялось анализу миграции жидких цилиндрических включений. Форма их поперечного сечения и скорость зависят от межфазной кинетики и анизотропии межфазной энергии (АМЭ), поэтому представляется актуальным разработка математической модели мигрирующего цилиндрического включения, которая может в будущем послужить основой для создания методики определения некоторых физических параметров (например, параметров межфазной кинетики и АМЭ) из экспериментальных данных.

Для решения задачи о форме сечения и скорости цилиндрического включения использовался метод граней: аппроксимация межфазной границы (в том числе её криволинейных участков) набором плоских граней с небольшим углом β между ними ($\beta = 2\pi/N$, N – количество граней) [2]. Достоинством этого метода является отсутствие ограничений на вид анизотропии межфазной кинетики и межфазной энергии. Последняя в общем

случае описывается достаточно сложной функцией. В настоящей работе мы ограничились аппроксимацией АМЭ в виде:

$$\gamma_i = [|\sin(\xi \cdot \beta(i - 1))| \cdot (\eta - 1) + 1] \cdot \gamma_{min}, \quad i = 1..N, \quad (1)$$

где γ_i – удельная межфазная энергия i -й грани (γ_{min} соответствует удельной межфазной энергии сингулярных граней), ξ – параметр, значение которого определяет вид АМЭ ($\xi = 1$ – форма сечения имеет две сингулярные грани, $\xi = 2$ – четыре сингулярные грани), $\beta(i - 1)$ – угол, определяющий ориентацию i -й грани, $\eta = \gamma_{max}/\gamma_{min} > 1$ – степень АМЭ.

На основе модели массопереноса в цилиндрическом включении с учетом капиллярных эффектов [3,4] и метода граней в среде MS Visual Studio на языке C# была разработана компьютерная программа [5] (рис. 1а) для расчета скорости и формы сечений мигрирующих цилиндрических включений, в которую заложена возможность варьирования вида АМЭ и параметров межфазной кинетики.

На рис. 1б представлена рассчитанная с помощью программы зависимость скорости миграции цилиндрических включений V от площадей их сечений S с 2-мя и 4-мя сингулярными гранями (ξ , соответственно, 1 и 2) при различной степени АМЭ η (предполагается, что на сингулярных гранях межфазные процессы протекают по зародышевому механизму).

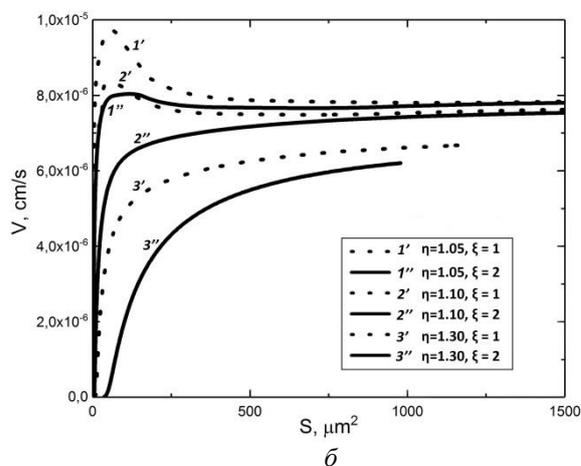
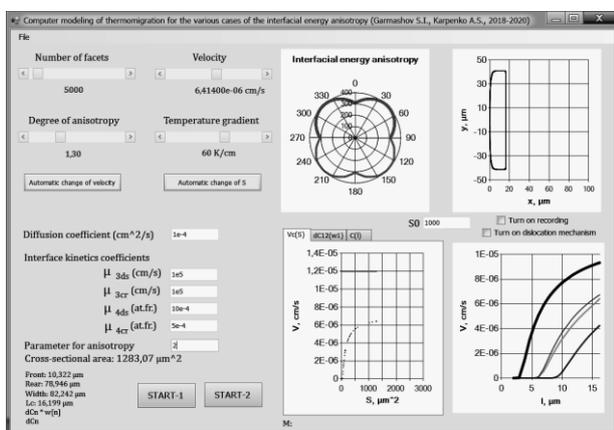


рис.1. Интерфейс разработанной программы (а) и рассчитанная в ней зависимость скорости цилиндрических включений (V) от площади их сечений (S) (б)

Сравнивая попарно кривые 1', 2', 3' с кривыми 1'', 2'', 3'', можно сделать вывод, что при прочих равных условиях скорость миграции цилиндрических включений с 4-мя сингулярными гранями меньше скорости миграции включений с 2-мя сингулярными гранями. Вследствие разного вида АМЭ в этих двух случаях разность между ликвидусной и равновесной концентрациями на плоском фронте растворения для случая 4-х сингулярных граней оказывается в два раза больше, что и ограничивает массоперенос в таких включениях. Для включений с 4-мя сингулярными гранями (как и в случае с 2-мя сингулярными гранями [6,7]) при степени АМЭ η , близкой к 1, наблюдается нарушение монотонности зависимости $V(S)$ (рис. 1б).

На зависимость $V(S)$ и формы сечений включений с 4-мя сингулярными гранями сильнее влияет затрудненность процессов растворения, а не кристаллизации на сингулярных гранях. Вследствие этого формы сечений таких включений при увеличении площади сечения становятся более уплощенными, а их скорость стремится к скорости плоских прослоек, у которых учтена только кинетика растворения.

Список публикаций:

[1] Лозовский В.Н., Лукин Л.С., Попов В.П. Зонная перекристаллизация градиентом температуры полупроводниковых материалов. Москва: Металлургия. 1987.
 [2] Cline H.E., Anthony T.R. // J. Appl.Phys. 1977. V.48. N.12. P.5096–5104.
 [3] Garmashov S.I., Gershanov V. Yu. // J. Cryst.Growth. 2009. V.311. N.2. P.413–419.
 [4] Гершанов В.Ю., Гармашов С.И. // Журнал технической физики. 2015. Т.85. В.1. С.61-65.
 [5] Гармашов С.И., Карпенко А.С. // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXVI науч. конф. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета. 2019. С.74.
 [6] Гармашов С.И., Приходько Ю.В. // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXIII науч. конф. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета. 2016. С.100.
 [7] Гармашов С.И. // Физика твердого тела. 2019. Т.61. В.12. С.2303–2306.