

Тезисы докладов
международной конференции

ФИЗИКА.СПб

17–21 октября 2022 года

Санкт-Петербург
2022

ББК 22.3:22.6

Ф48

ФизикА.СПб: тезисы докладов международной конференции 17–21 октября 2022 г.
— СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022

Организатор

ФТИ им. А. Ф. Иоффе

При поддержке

ООО «ИННО-МИР»

Программный комитет

Аверкиев Никита Сергеевич (ФТИ им. А. Ф. Иоффе) — председатель
Соколовский Григорий Семенович (ФТИ им. А. Ф. Иоффе) — заместитель председателя
Арсеев Петр Иварович (ФИАН)
Гавриленко Владимир Изяславович (ИФМ)
Дьяконов Михаил Игоревич (Université Montpellier II, France)
Дунаев Андрей Валерьевич (ОГУ им. И.С. Тургенева)
Иванчик Александр Владимирович (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Калашникова Александра Михайловна (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Карачинский Леонид Яковлевич (ООО «Коннектор Оптик»)
Конников Семен Григорьевич (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Кучинский Владимир Ильич (СПбГЭТУ, А. Ф. Иоффе)
Пихтин Никита Александрович (ООО «Эльфоллом», ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Рудь Василий Юрьевич (СПбПУ)
Степина Наталья Петровна (ИФП им. А. В. Ржанова)
Сурис Роберт Арнольдович (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Нестоклон Михаил Олегович (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Устинов Виктор Михайлович (НТИЦ микроэлектроники РАН)

Организационный комитет

Соколовский Григорий Семенович (ФТИ им. А.Ф. Иоффе) — председатель
Поняев Сергей Александрович (ФТИ им. А. Ф. Иоффе) — заместитель председателя
Азбель Александр Юльевич (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Бекман Артем Александрович (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Дюделев Владислав Викторович (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Когновицкая Елена Андреевна (ВНИИМ им. Д. И. Менделеева)
Лосев Сергей Николаевич (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)
Рябочкина Полина Анатольевна (МГУ им. Н. П. Огарёва)
Черотченко Евгения Дмитриевна (ФТИ им. А. Ф. Иоффе)

Международная конференция 2022 года продолжает традицию Итоговых семинаров по физике и астрономии по результатам конкурсов грантов для молодых ученых, проводившихся в Санкт-Петербурге с середины 1990-х годов.

ISBN 978-5-7422-7853-5

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2022

наклонов ds/de для образцов каждого типа. Проведенный детальный анализ больших массивов упругих, вязкоупругих и прочностных свойств при использовании двух теоретических моделей позволил выявить принципиальные различия в характере статистического поведения образцов ПА-6 двух типов, расширяющие представления о механизмах разрушения высокопрочных ориентированных полимерных материалов и статистических факторов, лежащих в их основе.

Список литературы

1. Marikhin V.A., Myasnikova L.P. Structural basis of high-strength high-modulus polymers. In: *Oriented Polymer Materials* / Ed. S. Fakirov. Huthig & Wepf Verlag-Zug, Heidelberg 1996, pp. 38–98.
2. Бойко Ю.М., Марихин В.А., Москалюк О.А., Мясникова Л.П. ФТТ, 2020, т. 62, № 4, с. 590–595. doi:10.21883/ФТТ.2020.04.49125.637
3. Бойко Ю.М., Марихин В.А., Москалюк О.А., Мясникова Л.П. ФТТ, 2019, т. 61, № 1, с. 182–185. doi:0.21883/ФТТ.2019.01.46911.207

Влияние сверхвысоких давлений на фазовые переходы в сплаве $Ni_{62}Nb_{38}$

Галимзянов Б. Н.¹, Доронина М.А.¹, Мокшин А.В.¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
e-mail: bulatgnmail@gmail.com

Система $Ni_{62}Nb_{38}$ обладает выраженной аморфообразующей способностью среди Ni-содержащих бинарных сплавов, что делает эту систему перспективной для применения в качестве высокопрочных конструкционных материалов [1, 2]. Пристальное внимание к сплаву $Ni_{62}Nb_{38}$ стало уделяться только в начале XX-века после того, как было синтезировано объемное металлическое стекло со стабильной аморфной структурой [3]. Этот сплав находится вне эвтектики, в то время как большинство других металлических сплавов демонстрируют выраженную аморфообразующую способность только в глубоких эвтектических точках из-за низкой конкурентоспособности кристаллических фаз [4]. Более того, малокомпонентный состав и реализация аморфного состояния в широком температурном диапазоне, в том числе, при комнатных температурах, делает сплав $Ni_{62}Nb_{38}$ идеальным кандидатом для изучения микроструктуры аморфного состояния [5].

Воспроизведение и всестороннее изучение механизмов структурных трансформаций в системе Ni-Nb стало возможным после того, как был разработан модифицированный потенциал межчастичного взаимодействия Финниса-Синклера (Finnis-Sinclair) для классического молекулярно-динамического моделирования [6]. Этот полуэмпирический потенциал превосходно воспроизводит структуру жидкого и аморфного $Ni_{62}Nb_{38}$, что подтверждается хорошим согласием между результатами моделирования, квантовомеханических расчетов и данными рентгеноструктурного анализа [6,7]. Несмотря на достигну-

тые успехи в изучении физических свойств аморфного $Ni_{62}Nb_{38}$, всё ещё нет ясного понимания особенностей влияния давления на протекание структуро-фазовых трансформаций в этом сплаве. Основной причиной этого является отсутствие подробной фазовой диаграммы, корректно отображающей границы перехода кристалл-жидкость для широкой области давлений. Для точной оценки уровня переохлаждения системы и, тем самым, для правильного понимания аморфообразующей способности существует потребность в корректном определении линии ликвидуса.

В настоящей работе мы впервые построили фазовую диаграмму сплава $Ni_{62}Nb_{38}$ в координатах p и T для температурной области от $T=300$ К до 6000 К и давлений до $p=10^7$ atm. Энергия и силы межатомного взаимодействия задавались с помощью модифицированного полуэмпирического потенциала Финниса-Синклера. Показано, что этот потенциал позволяет корректно определять области жидкого, кристаллического и аморфного состояний, что подтверждается результатами кластерного анализа. Точно определены кривые ликвидуса и стеклования, а также предсказаны области фазового расслоения. Полученные результаты хорошо согласуются с известными рентгеноструктурными данными [8]. Мы определили (p, T) -условия, при которых происходит диффузионное перераспределение атомов Ni и Nb, где могут сосуществовать твердая и жидкая фазы. Обнаружено, что кристаллическая структура со смешанной hcp, fcc and bcc решеткой формируется атомами Ni, в то время как атомы Nb могут образовать жидкую или аморфную фазу в зависимости от глубины переохлаждения. Эти результаты могут послужить отправной точкой при построении (p, T) -диаграммы системы Ni-Nb при других соотношениях компонент.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №19-12-00022).

Список литературы

1. Lu W., Tseng J.-C., Feng A., Shen J., Structural origin of the enhancement in glass-forming ability of binary Ni-Nb metallic glasses, *J. Non-Cryst. Solids*, V. 564, 120834, 2021
2. Galimzyanov B. N., Mokshin A. V., Mechanical response of mesoporous amorphous NiTi alloy to external deformations, *International Journal of Solids and Structures*, V. 224, 111047, 2021
3. Xia L., Li W. H., Fang S. S., Wei B. C., Dong Y. D., Binary Ni-Nb bulk metallic glasses, *J. Appl. Phys.*, V. 99, 026103, 2006
4. Zeng Y. Q. et al., Improving glass forming ability of off-eutectic metallic glass formers by manipulating primary crystallization reactions, *Acta Mater.*, V. 200, 710-719, 2020
5. Galimzyanov B. N., Doronina M. A., Mokshin A. V., Excellent glass former $Ni_{62}Nb_{38}$ crystallizing under combined shear and ultra-high pressure, *J. Non-Cryst. Solids*, V. 572, 121102, 2021
6. Zhang Y., Ashcraft R., Mendeleev M. I., Wang C. Z., Kelton K. F., Experimental and molecular dynamics simulation study of structure of liquid and amorphous $Ni_{62}Nb_{38}$ alloy, *J. Chem. Phys.*, V. 145, 204505, 2016
7. Chen F., Cao C., Zhong Q., Liu J., Yang L., Chen Z., Ab initio molecular dynamics study on local structure and dynamic properties of liquid $Ni_{62}Nb_{38}$ alloy, *Materials Today Communications*, V. 27, 102207, 2021

8. Lesz S., Dercz G., Study on crystallization phenomenon and thermal stability of binary Ni–Nb amorphous alloy, J. Therm. Anal. Calorim., V. 126, 19-26, 2016

Формирование диэлектрической гетероструктуры-подслоя для получения топологических состояний в теллуриде свинца-олова

Кавеев А. К.¹, Терещенко О.Е.²

¹ФТИ им. А.Ф. Иоффе

²ИФП им. А. В. Ржанова СО РАН

e-mail: kaveev@mail.ioffe.ru

Создание тонких пленок кристаллических топологических изоляторов (ТИ) на основе соединения $Pb_{1-x}Sn_xTe$ позволяет рассчитывать на их практическое применение в полупроводниковой спинтронике [1], за счет создания пленок с незначительным объемным шунтированием проводящих топологических состояний. Это может быть достигнуто за счет управления составом (значением x) теллурида свинца-олова, в отличие от уже ставших классическими ТИ на основе соединений V_2VI_3 . Для решения этой задачи необходимо получить гладкие малодефектные пленки $Pb_{1-x}Sn_xTe$. Данная задача является нетривиальной в силу возникающих при эпитаксиальном выращивании $Pb_{1-x}Sn_xTe$ проблем. Для обеспечения наличия проводящих топологических состояний необходимо получить планарный слой теллурида свинца-олова эпитаксиального качества.

В настоящей работе проведена оптимизация мультикомпонентного буферного слоя для дальнейшего нанесения $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x \geq 0.4$), обладающего свойствами кристаллического топологического изолятора. Для этого на поверхности Si(111) была сформирована трехкомпонентная гетероструктура, состоящая из слоев CaF_2 , BaF_2 и $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Te:In$. Морфология поверхности данной структуры была изучена в зависимости от температурных режимов роста. В результате было подобрано оптимальное сочетание ростовых параметров с точки зрения гладкости и кристаллического качества. Из работы [2] известно, что для эпитаксиального выращивания пленок $Pb_{1-x}Sn_xTe$ на кремнии возможно использовать бинарные буферные слои $BaF_2/CaF_2/Si(111)$. Однако в [2] эти гетероструктуры имели слишком большую высоту рельефа поверхности. Опираясь на работу [3], где показано, что фторид кальция при нанесении на поверхность (111) кремния формирует качественные эпитаксиальные слои с различной морфологии поверхности, в зависимости от температуры нанесения, мы провели дальнейшую оптимизацию ростовых (температурных, толщинных) параметров формирования флюоритовых подслоев. Помимо CaF_2 , на поверхность кремния наносился слой фторида бария, обеспечивающий более плавный переход по постоянной решетки от CaF_2 к $Pb_{1-x}Sn_xTe$.

Было показано, что при уменьшении температуры роста фторида кальция и фторида бария происходит уменьшение латеральных размеров островков. Наиболее гладкий рельеф поверхности достигается при пониженных температурах роста (250°C). Однако непосредственное нанесение тонкого слоя $Pb_{1-x}Sn_xTe$ на флюоритовую двуслойку