

## МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Туксов И.В., Ван Цайлунь, Каргина П.С.

Научный руководитель: Мышкин В.Ф., д.ф.-м.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: whirpool94@yandex.ru

Известно, что изменяя изотопный состав твердых тел (ТТ) можно изменять их свойства. Например, теплопроводность кристаллов [1]; теплоемкость [2], коэффициент диффузии [3], коэффициент упругости [4]. Взаотопные эффекты в параметрах ТТ в полной мере изучены [5].

Используемые в настоящее время способы формирования заданного распределения изотопов в ТТ связаны с использованием моноизотопных соединений [6-8] или облучением ускоренными частицами или ионами [9]. Это дорогостоящие технологии.

Примесные изотопы в ТТ образуют термодинамически равновесные кластеры [10-11]. Параметры кластеров изотопов, кроме указанных выше свойств ТТ, также влияют на подвижность дислокаций, а поэтому на пластичность кристаллов.

Открытие спиновой селективности химических реакций в слабом магнитном поле [12] показало фундаментальную роль магнитных взаимодействий. Магнитный изотопный эффект индуцируется постоянными магнитными полями и связан со спиновой селективностью радикальных реакций в магнитном поле [13, 14]. Известно, что при фиксировании значения одной из проекций спина две другие проекции характеризуются дисперсиями, связанными соотношением неопределенности [15].

В докладе обсуждается феноменологическая и математическая модели процессов при нуклеации паров С, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> природного изотопного состава из низкотемпературной плазмы, находящейся в постоянном магнитном поле, задаваемом в диапазоне 1-200 мТл. В работе сформулированы основные закономерности зависимости размеров кластеров изотопов, проявляющиеся при нуклеации, от распределения вдоль оси плазменного потока величин скорости, температуры и внешнего постоянного магнитного поля.

На размер кластеров изотопов также влияет возможная миграция по поверхности дисперсной частицы атомов из газовой фазы, сорбированной. Для целевого изотопа время триплет-синглетного перехода должна быть меньше времени нахождения сорбированного атома в одном из потенциальных ям на поверхности ТТ или дисперсной частицы. Рост изотопных кластеров стимулируется подбором времени триплет-синглетной конверсии для целевого изотопа и подавляется для второго изотопа из-за большего времени формирования синглетной пары, чем время сорбции при заданных условиях. В результате целевой изотоп формирует химическую связь, а второй изотоп испаряется.

При моделировании процессов формирования синглетного состояния неспаренных спинов, в уравнениях квантовой механики, учитывается соотношение неопределенности для фазы прецессии и проекции спина на направление внешнего магнитного поля [16].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жернов А.П. // ФТТ, 40(10) 1829-183 (1998).
2. Berman R., Bounds C. L., Rogers S.J. // Proc. R. Soc. Lond. A, 289, 66-80 (1965).
3. Магомедов М.Н. // Письма в ЖТФ, 32(10) 40-49 (2006).
4. Daryl G. Clerc // Computational Condensed Matter 2017, 1-9.
5. Cardona M., Thewalt M.L.W., // Rev. Mod. Phys., 77(4) (2005).
6. Haller E.E. // Applied Physics Reviews, 1995, 77(7).
7. Berezin, A.A. // Interdisciplinary Science Reviews, 17(1) 74-80 (1992).
8. Годисов О.Н., Калитеевский А.К., Сафронов А.Ю. и др. // ФТП, 36(12) 1484-1485 (2002).
9. Дидик В.А., Козловский В.В., Малкович Р.Ш. и др. // ФТТ, 45(9) 1576-1578 (2003).
10. Клочихин А.А., Давыдов В.Ю., Сеель Е.Р. // ФТТ, 49(1) 43-51 (2007).
11. Frank O., Kavan L. Kalbac M. // Nanoscale, 6(12) 6363-6370 (2014).
12. Зельдович Я.Б., Бучаченко Ф.Л., Франкевич Е.Л. // УФН 155(1) 3-45 (1988).
13. Turro N.J. / Proceed. NAS of USA, 80(2) 609-662 (1983).
14. Gould I.R., Turro N.J. and Zimmt M.B. // Advances in Physical Organic Chemistry, 20 1-53 (1984).
15. David H. McIntyre Spin and Quantum Measurement, Oregon State University. – 77 p.
- 1.6 Myshkin V.F. et al. // IOP Conf. Series, 135 (2016) 012029 doi:10.1088/1757-899X/135/1/012029.