

$$e = \sqrt{1 - \frac{a^2}{b^2}} - \text{эксцентриситет эллиптической части чашки Петри.}$$

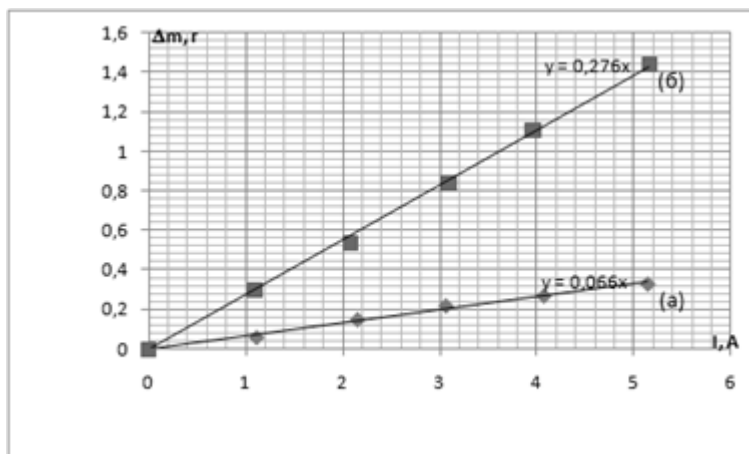


рис.2. Экспериментальная зависимость добавочной массы от силы тока: (а) - горизонтальная часть проволочной рамки в воздухе; (б) - горизонтальная часть проволочной рамки в магнитной жидкости.

Затем баллистическим методом (методом выдёргивания (удаления) образца из поля) была определена намагненность образцов магнитной жидкости и рассчитана магнитная восприимчивость, значение последней составило 4,2.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о совпадении значений магнитной восприимчивости магнитной жидкости, определенной баллистическим методом и методом с использованием рычажных весов. Однако, метод с использованием рычажных весов гораздо проще и потери вещества в ходе эксперимента незначительные.

Список публикаций:

[1]. Диканский Ю.И. Эффекты взаимодействия частиц и структурно-кинетические процессы в магнитных коллоидах: Дис. д-ра физ.-мат. наук. Ставрополь, 1999.

## Исследование индуцированного пьезоэлектрического эффекта в неполярных кристаллах α-глицина

**Губарев Тимофей Дмитриевич**

Васильев Семен Григорьевич, Зеленовский Павел Сергеевич, Корюкова Татьяна Андреевна, Любомирский Игорь,  
Холкин Андрей Леонидович, Шур Владимир Яковлевич

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Шур Владимир Яковлевич, д.ф.-м.н.

Васильев Семен Григорьевич, к.ф.-м.н.

[gubarev-t@mail.ru](mailto:gubarev-t@mail.ru)

Глицин ( $C_2H_5NO_2$ ) – простейшая аминокислота, образующая три различных полиморфных фазы при кристаллизации из раствора. Наименее стабильная β-фаза имеет нецентросимметричную полярную структуру и обладает пьезо- и сегнетоэлектрическими свойствами. В то время как наиболее стабильная и потому подходящая для практического применения α-фаза обладает центросимметричной структурой, вследствие чего пьезоэлектрические свойства отсутствуют. Недавно было показано, что легирование центросимметричных кристаллов аминокислот другими аминокислотами может приводить к возникновению индуцированных пьезо- и пьезоэлектрических свойств [1], однако детальные исследования пьезоэлектрических свойств легированных кристаллов до настоящего времени не проводились.

В данной работе представлены результаты исследования пьезоэлектрических свойств кристаллов α-глицина, легированных аминокислотами L-аланин, L-треонин и L-серин. Кристаллы были предоставлены Институтом имени Вейцмана (Реховот, Израиль). Пьезоэлектрические свойства были исследованы методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) с помощью сканирующего зондового микроскопа MFP-3D (Asylum Research, США).

Во всех исследованных образцах наблюдались высокие значения пьезоэлектрического отклика. Значения эффективного (локального) пьезоэлектрического коэффициента  $d_{eff}$  измерялись методом СМПО при различных

углах ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ) между кантилевером и выделенной осью кристалла. Максимальное измеренное значение пьезоэлектрического коэффициента  $d_{eff}$  наблюдалось в кристаллах, легированных L-серином, и достигало 200 пм/В, что существенно превышает величину, наблюдаемую в классическом сегнетоэлектрике ниобат лития [2].

Исследование температурной зависимости пьезоэлектрических свойств кристаллов проводилось в диапазоне 25-110°C. В кристаллах  $\alpha$ -глицина, легированных L-серином, наблюдалось резкое уменьшение величины коэффициента при температуре около 45°C и последующее увеличение с ростом температуры. Полученные результаты коррелируют с температурными зависимостями пироэлектрического тока, определенными ранее [3]. Для остальных кристаллов наблюдалось лишь монотонное уменьшение величины  $d_{eff}$ .

Следует отметить, что при локальном приложении напряжения до 200 В переключение поляризации не наблюдалось ни в одном образце, что может свидетельствовать об отсутствии у кристаллов сегнетоэлектрических свойств.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ, при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (постановление 211, контракт 02.А03.21.0006).

Список публикаций:

[1] Piperno S., Mirzadeh E., Mishuk E., Ehre D., Cohen S., Eisenstein M., Lahav M., Lubomirsky I // *Angewandte Chemie International Edition*. 2013. Т. 52. № 25. С. 6513.

[2] Yue W., Yi-Jian J. // *Optical Materials*. 2003. Т. 23. № 1-2. С. 403.

[3] Meirzadeh E., Azuri I., Qi Y., Ehre D., Rappe A.M., Lahav M., Kronik L., Lubomirsky I. // *Nature Communications*. 2016. Т. 7. С. 13351.

## **Магнитные жидкости с частицами различной формы**

**Гудкова Анна Владимировна**

**Пьянзина Елена Сергеевна, Джо Дональдсон**

**Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина**

**Пьянзина Елена Сергеевна, к.ф.-м.н.**

**[annagudkova94@gmail.com](mailto:annagudkova94@gmail.com)**

В настоящее время все большее распространение получают магнитные частицы, форма которых отлична от сферической. Примерами таких систем могут служить эллипсоиды, цилиндры, кубики, гантели и т.д. [1-2]. Подобные системы имеют более сложную микроструктуру, чем сферические частицы, и в зависимости от свойств самих частиц (форма, степень анизотропии формы, направление магнитного момента), могут иметь различное макроскопическое поведение.

В настоящей работе рассматриваются частицы двух видов: эллипсоиды вращения и кубики. Для исследования таких систем используются компьютерные эксперименты, проводимые методом молекулярной динамики, а также кластерный анализ, основанный на теории графов, для сравнения самоорганизации в системах магнитных сфер, эллипсоидов с магнитным моментом вдоль главной оси, и кубов, в которых дипольный момент ориентирован вдоль стороны куба в кристаллографическом направлении [001].

Было показано, что для кубов сложнее (в сравнении со сферами) попасть в благоприятную конфигурацию ориентации магнитных моментов «голова-хвост», а для вытянутых эллипсоидальных частиц основной ориентацией магнитных моментов становится антипараллельная пара, что приводит к уменьшению степени заагрегированности системы.

Таким образом, микроструктура системы существенно меняется с изменением параметров частиц (как формы, так и ориентации магнитного момента) и характеристик всей системы. Это может оказаться очень важным фактором для исследований в медицине, когда сильный магнитный отклик наночастиц должен быть объединен при отсутствии значительного кластерообразования. Отсюда можно сделать вывод, что последствия этой разницы в микроструктуре будет проявляться в магнитном отклике таких систем.

Список публикаций:

[1] M. Yan, J. Fresnais, J.-F. Berret. // *Soft Matter*. 2010. Т. 6. С. 1997–2005.

[2] A. Günther, P. Bender, A. Tschõpe, R. Birringer. // *J. Phys.: Cond. Matter*. 2011. Т. 23. С. 5103.