

В. С. И г р о п у л о (Ставрополь, СГУ). **Математическая модель гетерогенной метасистемы с полупроводниковым наполнителем I. Условия существования и устойчивости.**

Большинство современных материалов представляют собой гетерогенно-дисперсные системы, строение и свойства которых во многом зависят от характера взаимодействия частиц наполнителя H^\bullet между собой, со средой носителя H° и системой наблюдателя H^* [1]. Весь комплекс взаимосвязей систем H^\bullet , H° и H^* на динамическом и информационном уровнях может быть исследован в рамках многофункциональной математической модели теоретической метасистемы [2].

Реальные прототипы подобных метасистем — магнитные, сегнетоэлектрические жидкости — привлекают внимание экспериментаторов, теоретиков, инженеров [3, 4]. Вместе с тем, как представляется, круг гетерогенных коллоидов с активными компонентами названными выше объектами не ограничивается.

В работе, представленной данным сообщением (первым в подготовленной серии публикаций), предпринята попытка создания математической модели гетерогенной метасистемы — модели коллоида (еще не существующего, но реально возможного), в котором в качестве элементов твердой фазы (наполнителя H^\bullet) предлагается использовать взвешенные в жидком носителе H° частицы так называемых *разбавленных магнитных полупроводников* (РПМ) полупроводниковых соединений, решетка которых в качестве атомов замещения содержит магнитные ионы [5, 6]. Эти «смешанные кристаллы» [5] обладают некоторыми необычными свойствами, которые делают столь же необычной проектируемую «полупроводниковую жидкость» ПЖ (по аналогии с магнитной жидкостью МЖ [3, 7]): возможностью контролируемого изменения их структуры; превращением в спиновое стекло, возникновением магнитных возмущений; перекрытием валентной зоны и зоны проводимости в магнитном поле; способностью перехода полуметаллического поведения в полупроводниковое и другие особенности.

Анализ показал, что для существования ПЖ с наполнителем H^\bullet в виде частиц РПМ с размером $\sim 1\text{Å}$ необходимо выполнение следующих условий.

1) Плотности носителя ρ° и наполнителя ρ^\bullet должны соотноситься так, чтобы обеспечивать поддержание частиц наполнителя во взвешенном состоянии в широком интервале температур за счет архимедовой силы и броуновского движения $\rho^\circ \approx \rho^\bullet$. Это обеспечивает кинетическую седиментационную устойчивость: $S_{\text{сед}}^{-1} = f(\eta, V)/(\rho^\bullet - \rho^\circ)$, где V — объем частицы наполнителя. Для обеспечения термодинамической седиментационной устойчивости необходимо, чтобы гипсометрическая высота h_e была равна $k_B T / (V(\rho^\bullet - \rho^\circ)g)$, где k_B — постоянная Больцмана, T — абсолютная температура ПЖ.

2) Электрическая устойчивость ПЖ обеспечивается высокой диэлектрической проницаемостью жидкости-носителя H° и специальным покрытием (диэлектрической пленкой) частиц-диполей наполнителя H^\bullet .

3) Магнитная устойчивость позволяет частицам наполнителя, обладающим собственным магнитным моментом, не объединяться в ассоциации вследствие хаотического броуновского движения.

Более детальный анализ позволяет определить ограничения на поверхностные и вязкостные характеристики, выполнение которых обеспечивает возможность существования и устойчивости ПЖ.

Следует отметить, что взаимодействие системы наблюдателя H^* с системами H° и H^\bullet не должно нарушать термомеханической и электромагнитной устойчивости системы (H^\bullet , H° , H^*).

В качестве примера применения предлагаемого подхода для создания модели метасистемы рассмотрим ее при некоторых упрощающих допущениях: ПЖ — это монодисперсная смесь, т. е. частицы коллоида представляют собой одинаковые элли-

псойды; энергией броуновского движения, деформациями при столкновении частиц можно пренебречь; процессы дробления, коагуляции и образования новых дисперсных частиц отсутствуют.

Пусть $q^{(i,j)}$ функция, характеризующая энергетический обмен между системами $H^{(i)}$ и $H^{(j)}$ ($i, j = \bullet, \circ, *; i \neq j$), $f^{(i,j)}$ — функции связи [2]. Тогда математическая модель этих процессов в метасистеме ПЖ будет определяться решением начально-краевой задачи

$$\begin{cases} q^{(i,j)} f^{(i,j)}(q, q_t, \xi, t, \alpha) \operatorname{div}[k^{(i,j)}(\xi) \operatorname{grad} q^{(i,j)}]; & \xi \in \mathcal{D}; \quad \tau > 0 \\ q^{(i,j)}(\xi, 0) = \psi(\xi) \\ \alpha(P^{(i,j)}) \frac{\partial q^{(i,j)}}{\partial \mathbf{n}} + \beta(P^{(i,j)}) q^{(i,j)} = \mu(P^{(i,j)}, t), & P^{(i,j)} \in \Delta S^\circ, \quad t > 0. \end{cases}$$

Здесь ξ — координатные переменные, t — временная переменная, α — управляющий параметр [2], $k^{(i,j)}$ — параметр «проводимости». Эта математическая модель получена на основе законов сохранения (массы, заряда, импульса, энергии и др.), закономерностей, определяющих зависимости между параметрами жидкости: носителя и частиц наполнителя. Функции связи $f^{(i,j)}$ определяют характер и интенсивность (динамических и информационных) взаимодействий между системами H^\bullet , H° и H^* , входящими в состав метасистемы (ПЖ+наблюдатель).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Игropуло В. С.* Гетерогенная среда с активными компонентами: физическая система, математическая модель, реальные прототипы. — Вестник Ставропольского гос. ун-та, 2004, в. 38, с. 113–117.
2. *Игropуло В. С.* Многофункциональная нелинейная модель бинарного гетерогенного коллоида как метасистемы. — Вестник Ставропольского гос. ун-та. 2006, в. 47, с. 72–78.
3. *Розенцвейг Р.* Феррогидродинамика. М.: Мир, 1989.
4. *Ролов Б. Н., Лоренц Ю. Э.* Физика сегнетомагнитных жидкостей. — В сб.: Сегнетомагнитные вещества./ Под. ред. Ю. Н. Веневцева, В. Н. Любимова. М.: Наука, 1990, с. 184.
5. Полумагнитные полупроводники./ Под. ред. Я. Фурдыны, Я. Косуца. М.: Мир, 1992.
6. *Нагаев Э. Л.* Физика магнитных полупроводников. М.: Наука, 1979.
7. *Блум Э. Я., Майоров М. М., Цеберс А. О.* Магнитные жидкости. Рига: Зинатне, 1989.