

Ferrofluids at interfaces in external fields

In FLNP, neutron reflectometry is used to study the behavior of ferrofluids at hidden interfaces in external magnetic and electric fields.

Ordered assembling of magnetic nanoparticles at planar interfaces is of current interest for various potential applications in catalysis, optics, and data storage. In this regard, an important step is the study of ferrofluids — suspensions of colloidal magnetic nanoparticles coated with various stabilizing agents (surfactants, polymers), whose properties can be controlled by external magnetic fields. The properties of dielectric ferrofluids can also be influ-

enced by an external electric field. The study of such an effect is relevant for the direct present-day application of ferrofluids as additives to electrolytes of high-voltage transformers for regulating thermal properties, where nanoparticles of magnetic materials interact with electrodes in the presence of a strong electric field, which, in turn, affects the dielectric breakdown voltage.

A group of researchers from the Institute of Experimental Physics of the Slovak Academy of Sciences in Kosice (Slovakia) in cooperation with FLNP studied the adsorption of magnetite nanoparticles

Fig. 1. Formation of an adsorption layer of magnetic nanoparticles at the ferrofluid-crystal interface in an external magnetic field according to neutron reflectometry data.

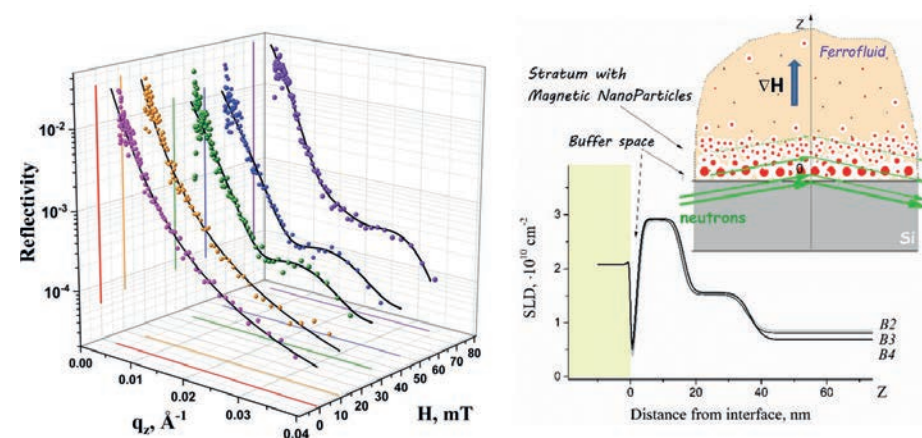


Рис. 1. Образование адсорбционного слоя магнитных наночастиц на границе раздела «феррожидкость-кристалл» во внешнем магнитном поле по данным нейтронной рефлектометрии.

Феррожидкости на границах раздела во внешних полях

В ЛНФ с помощью нейтронной рефлектометрии активно изучают поведение феррожидкостей на скрытых границах раздела во внешних магнитных и электрических полях.

Упорядоченные массивы магнитных наночастиц на плоских границах раздела актуальны для различных потенциальных приложений в катализе, оптике и хранении данных. В связи с этим активно изучаются феррожидкости – суспензии коллоидных магнитных наночастиц, покрытых различными стабилизирующими агентами (поверхностно-активными веществами, полимерами), свойства которых могут регулироваться внешними магнитными полями. На свойства ди-

электрических феррожидкостей может влиять и внешнее электрическое поле. Изучение данного эффекта актуально для прямого применения феррожидкостей в качестве добавок в электролиты высоковольтных трансформаторов для регуляции термических свойств, где наночастицы из магнитных материалов взаимодействуют с электродами в присутствии сильного электрического поля, что, в свою очередь, влияет на напряжение диэлектрического пробоя.

Группа исследователей из Института экспериментальной физики Словацкой академии наук в Кошице (Словакия) совместно с ЛНФ исследовала адсорбцию наночастиц магнетита, диспер-

that are dispersed into transformer oil and coated with oleic acid for stabilization, on the planar surface of crystalline substrates. The adsorption was induced by applying non-uniform magnetic or electric fields perpendicular to the surface and was analyzed by neutron reflectometry (GRAINS reflectometer). In the case of magnetic fields, adsorption is enhanced due to the Zeeman interaction of magnetic dipoles of particles with an external magnetic field. In the case of electric fields, nanoparticles are first polarized due to the presence of a dielectric carrier, and, as a result, an interaction arises between the electric dipole moments of particles with an external electric field, similar to the effect of a

magnetic field. At a sufficiently high field gradient, the formation of several adsorption layers with different filling densities of nanoparticles is observed. Relaxation measurements after turning off the field show that the local field generated by strongly interacting dipoles in concentrated adsorption layers is an important feature that also determines the enhanced adsorption of nanoparticles.

The discovered sensitivity of ferrofluids based on dielectric carriers not only to magnetic but also to electric fields expands the possibilities of controlling the behavior of such systems under the combined action of magnetic and electric fields.

Fig. 2. Evolution of the near-boundary region at the contact between a dielectric ferrofluid and a planar metal heterostructure on a crystalline (Si) substrate in an electric field.

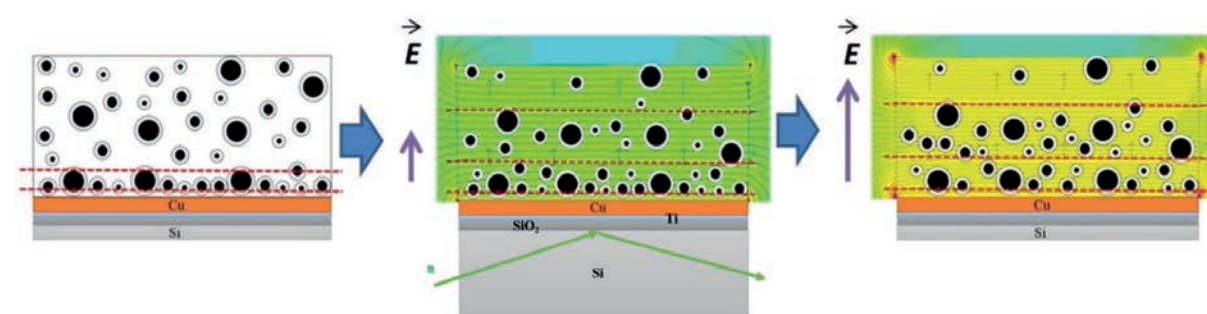


Рис. 2. Эволюция приграничной области контакта диэлектрической феррожидкости с планарной металлической гетероструктурой на кристаллической (Si) подложке

гированных в трансформаторное масло и для стабилизации покрытых олеиновой кислотой, на планарной поверхности кристаллических подложек. Адсорбция индуцировалась приложением неоднородного магнитного или электрического полей перпендикулярно поверхности и регистрировалась методом нейтронной рефлектометрии (рефлектометр ГРЭИНС). В случае магнитного поля усиление адсорбции происходит за счет зеемановского взаимодействия магнитных диполей частиц с внешним магнитным полем. В случае электрического поля сначала происходит поляризация наночастиц из-за наличия диэлектрической среды и, как результат, появляется взаимодействие между дипольными электрическими моментами частиц с внешним электрическим полем аналогично эффекту маг-

нитного поля. При достаточно большом градиенте полей наблюдается формирование нескольких адсорбционных слоев с разной плотностью заполнения наночастицами. Релаксационные измерения после выключения поля показывают, что локальное поле, создаваемое сильно взаимодействующими диполями в концентрированных адсорбционных слоях, является важной особенностью, которая также определяет усиленную адсорбцию наночастиц.

Обнаруженная чувствительность феррожидкостей на основе диэлектрических носителей не только к магнитному, но и к электрическому полю, расширяет возможности управления поведением таких систем при комбинированном воздействии на них магнитных и электрических полей.