ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Впервые в Ставропольском государственном университете оптические свойства магнитных жидкостей (МЖ) методом рассеяния света предложил изучать проф. Ю.Н. Скибин [1]. Им были проведены спектральные измерения интенсивности света, рассеянного под углом 90° к направлению распространения, и сделан вывод о том, что в пределах ошибки эксперимента слабоконцентрированные растворы магнетита в керосине рассеивают свет так, как это следует из теории Рэлея, т.е. интенсивность света в видимом диапазоне возрастает пропорционально . Это свидетельствует о достаточно малых размерах рассеивающих частиц по сравнению с длиной волны рассеиваемого света. В то же время им был сделан оценочный вывод о том, что увеличение интенсивности светорассеяния по отношению к теоретически рассчитанному согласно теории Ми, вызвано агрегатами, состоящими примерно из 14 частиц. Теоретический расчет электро-магнитооптических эффектов (двойное лучепреломление, дихроизм и др.) использует модель отдельных однодоменных частиц, что затрудняет интерпретацию экспериментальных результатов, полученных в последнее время [2,3]. Для систематического изучения физических свойств МЖ необходима разработка электро-магнитооптических методов исследования магнитных коллоидных систем. Разработка этих методов связана с решением целого ряда проблем, имеющих как чисто теоретический, так и прикладной характер. Для исследования структуры и свойств различных коллоидных систем применяются оптические методы, основанные на эффектах рассеяния света, двойного лучепреломления и дихроизма. Изучение коллоидных систем по рассеянию ими света при воздействии внешнего электрического поля даёт возможность определить электрические характеристики частиц дисперсной фазы, что в случае магнитных коллоидных систем имеет принципиальное значение в вопросах агрегативной устойчивости МЖ. Существенную практическую важность имеет также определение функции распределения частиц МЖ по размерам, знание которой является определяющим в технологических процессах изготовления МЖ.



Нами произведено исследование рассеяния света в магнитных коллоидах феррита кобальта и магнетита в керосине с объемной концентрацией твердой фазы 10-4 при воздействии переменный и импульсных электрического и магнитного полей. Источником света являлся He-Ne лазер с длиной волны излучения λ=632,8 нм. Свет проходил через цилиндрическую кювету с образцом, которая была помещена внутрь катушек Гельмгольца, создающих магнитное поле напряженностью до 8 кА/м. Электрическое поле напряженностью до 3 МВ/м создавалось с помощью двух плоскопараллельных алюминиевых электродов, помещенных внутрь кюветы с образцом. Расстояние между электродами 2 мм. Регистрация рассеянного света производилась при помощи фотоэлектронного умножителя ФЭУ-27 при различных углах наблюдения Θ. Сигнал с ФЭУ подавался на вход осциллографа. Плоскость поляризации падающего света была установлена перпендикулярно плоскости наблюдения. Техническая часть установки для создания импульсных электрического и магнитного полей описана нами в [2].

Исследования индикатрисы рассеяния света без воздействия поля показало, что она имеет несимметричный характер с преобладанием рассеяния в сторону малых углов рассеяния. Это говорит о нерэлеевском характере рассеяния в наших образцах.

Изменение светорассеяния при воздействии внешнего поля определялось по величине , где *I* – интенсивность рассеянного света при воздействии поля, *I*0 – интенсивность рассеянного света без поля.



|  |
| --- |
|  |
| Рис. 1. |

При воздействии на образец переменного электрического или магнитного поля с частотой ω, рассеянный свет изменяется с частотой 2ω и некоторым сдвигом по фазе, зависящим от частоты. На рис. 1 изображена фотография экрана двухлучевого осциллографа; нижний луч показывает изменение электрического поля, верхний луч – сигнал пропорциональный интенсивности рассеянного под углом Θ=90° света (частота изменения поля 120 Гц, образец CoFe2O4 в керосине). Нам не удалось надежно обнаружить образцы, в которых одновременно удалось бы наблюдать изменение рассеяния и в электрическом, и в магнитном полях. В МЖ типа магнетит в керосине наблюдалось изменение светорассеяния при воздействии магнитного поля, при воздействии электрического поля в пределах ошибок эксперимента изменения рассеяния не было обнаружено. В МЖ типа феррит кобальта в керосине надежно удавалось наблюдать изменения рассеяния только в электрическом поле, но эффект магнитного двойного лучепреломления в этом коллоиде регистрировался.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис. 2. | Рис. 3. |

На рис.2 и рис.3 изображены кривые уменьшения интенсивности рассеянного света со временем после выключения электрического (рис.2) и магнитного (рис. 3) полей. Угол рассеяния в обоих случаях 90°. По экспериментальным кривым спада рассчитаны коэффициенты вращательной броуновской диффузии для коллоидных частиц с помощью соотношения:

, где *D* - коэффициент вращательной диффузии.



Коэффициент *D* связан с гидродинамическим диаметром сферической частицы соотношением:

, где *kT* – энергия теплового движения, *η* - вязкость.



Вычисления дали для образца Fe3O4 В керосине d≅70 нм, а для образца CoFe2O4 в керосине d≅180 нм. Значения гидродинамических диаметров частиц находятся в хорошем согласии с результатами, полученными по кривым уменьшения эффекта двойного лучепреломления в этих же жидкостях [3].

Полученные значения размеров коллоидных частиц позволяют сделать вывод о том, что рассеяние света во внешних полях определяется преимущественно агрегатами, содержащими порядка 10 – 100 частиц. Агрегаты, вероятно, не образуются под действием импульсов поля, а существуют в жидкости с момента её приготовления. Это предположение подтверждается данными фотонной корреляционной спектроскопии МЖ без воздействия внешних полей [4], которые дают значение размеров таких агрегатов ~100 нм.

***Литература.***

1. *Скибин Ю.Н.* Молекулярно-кинетический механизм электро- и магнитооптических явлений в магнитных жидкостях. Дис… доктора физ.-мат. наук. – Ставрополь, 1996. – 319 с.
2. *Yerin C.V., Padalka V.V.* Relaxation of the birefringence induced by external fields in a ferromagnetic colloids // Book of Abstracts 9-th International Conference on Magnetic Fluids. Bremen, 2001. – P. 226.
3. *Падалка В.В., Ерин К.В.* Оптический метод обнаружения агрегатов в разбавленных магнитных коллоидах // Сборник научных трудов 10-й Международной Плесской конференции по магнитным жидкостям. Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2002. – С. 162-167.
4. *Neitsel U., Barner K.* Optical measurements on ferromagnetic colloids // Physics Letters. - 1977. - V. 63, №3. – P. 327-329.