

**МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА ФЕРРОМАГНЕТИКОВ**

*(Всесоюзное совещание в Красноярске)*

В соответствии с планом научного совета по проблемам магнетизма Академии наук СССР, в Красноярске 10—15 июня Институтом физики Сибирского отделения Академии наук СССР было проведено всесоюзное совещание по магнитной структуре ферромагнетиков.

В совещании приняло участие около 100 ученых, представлявших свыше 20 научных учреждений и высших учебных заведений. Было заслушано и обсуждено более 30 докладов, посвященных изучению доменной структуры ферромагнетиков, эффекта Баркгаузена и различных необратимых процессов в ферромагнетиках, связанных с их доменной структурой.

Оригинальным сообщениям участников были предпосланы обзорные доклады, характеризующие состояние науки о магнитной структуре ферромагнетиков, основные методы ее изучения. Современное состояние научно-технической мысли таково, что наиболее сознательное использование магнитных свойств вещества невозможно без учета его магнитной структуры.

Поэтому исследование магнитной структуры ферромагнетиков является одной из актуальных проблем современного учения о магнетизме.

Большое количество работ было посвящено непосредственному изучению областей самопроизвольной намагниченности (доменов) в ферромагнитных кристаллах и их динамике в зависимости от различных воздействий (поле, напряжения, температура).

В подавляющем большинстве случаев при исследовании доменной структуры использовался широко известный метод порошковых фигур. В работах Я. С. Шура и его сотрудников этот метод, примененный к изучению влияния напряжений на доменную структуру, позволил обнаружить упругий магнитный гистерезис самой структуры. Изучалась доменная структура остаточного намагниченного ферромагнетика и ее изменение под действием переменного магнитного поля. Большой интерес представляют исследования, посвященные поведению однодоменных частиц при изменении магнитного поля и температуры.

Этим же методом красноярскими магнитологами изучено пространственное распределение доменной структуры. Установлено, что в кристаллах кремнистого железа при толщине образца свыше 100  $\mu$  доменная структура, как правило, не является сквозной и лишь при толщине пластинки от 80  $\mu$  и меньше наблюдаются домены, представляющие собой плоскопараллельные слои, пронизывающие всю толщу кристалла.

В. В. Дружинин и Т. И. Прасова тем же методом провели исследование зависимости технических свойств магнитных сталей от их доменной структуры.

Обладая рядом положительных свойств, метод магнитных суспензий имеет и весьма существенные недостатки. Он весьма инерционен и вследствие этого совершенно неприменим к исследованию динамики доменной структуры в быстро меняющихся магнитных полях или напряжениях, а также ограничен относительно низкими температурами использования. Несмотря на ряд остроумных попыток последних лет исследование этим методом ширины и структуры граничного слоя между доменами едва ли возможно.

Под руководством Г. В. Спивака успешно разрабатываются весьма перспективные электронно-оптические методы изучения доменной структуры ферромагнетиков. Доклады этого коллектива ученых, имеющие пока главным образом методический характер, вызвали большой интерес и оживленную дискуссию. С помощью вторичной электронной эмиссии проведено исследование температурного изменения доменной структуры кобальта в магнитном поле, рассмотрено применение метода электронного зеркала в визуализации доменной структуры. Этим же коллективом успешно применен новый метод выявления магнитных неоднородностей с помощью травления. Химически активные ионы раствора, обладающие постоянным магнитным моментом, концентрируются в местах наибольших неоднородностей магнитного поля.

Разрабатываются и применяются к исследованию доменной структуры как полярный, так и меридиональный магнито-оптические эффекты Керра. Сибиряки доложили об успешном использовании меридионального эффекта Керра, дающего возможность вести как визуальное наблюдение доменной

структуры, так и ее фото- и киносъемку, если поверхность образца покрывается тонкой пленкой окиси железа. Этот метод позволил провести наблюдение доменной структуры кристаллов трансформаторного железа вплоть до точки Кюри.

Полярный эффект Керра был применен для определения ширины граничного слоя между плоско-параллельными доменами в кремнистом железе. Ширина границы между доменами определена в 0,8  $\mu$ .

Широкое исследование во вращающихся магнитных полях с использованием меридионального эффекта Керра, метода порошковых фигур, а также механических моментов проведено красноярскими магнитологами. На основании этих работ можно подойти к решению вопроса о потерях на гистерезис во вращающихся магнитных полях с учетом доменной структуры.

Большое число докладов было посвящено исследованию эффекта Баркгаузена. Р. В. Телеснин и Е. П. Дзаганя сообщили о проведенном ими изучении запаздывающих скачков намагниченности в зависимости от режима термообработки, упругих напряжений, характера изменения магнитного поля и других факторов. С увеличением напряжений интервал полей, в которых наблюдаются запаздывающие скачки, заметно сужается. Благодаря взаимодействию доменов скачки носят лавинообразный характер. В теоретических исследованиях было подвергнуто критическому рассмотрению определение величины скачка.

Показано, что использование прежних формул приводит к существенным ошибкам. Произведен новый расчет, в котором перемагничивающаяся часть ферромагнетика, создающая скачок, рассматривается как диполь. Учтено пространственное распределение кристаллитов в поликристаллическом образце.

Исследовался вопрос о зависимости размера скачка от температуры, упругих напряжений и состава сплава. Показано, что данному состоянию ферромагнетика соответствует некоторая, наиболее вероятная, величина скачка.

Большой интерес представили доложенные совещанию результаты экспериментального изучения распределения скачков Баркгаузена по длительности, а также зависимости эффекта Баркгаузена от скорости

нарастания магнитного поля с их теоретической интерпретацией.

Параллельным экспериментальным исследованием эффекта Баркгаузена и доменной структуры установлена связь между скачками перемагничивания кристалла и динамикой его магнитной структуры. Работа проводилась на монокристаллах вдоль различных кристаллографических направлений.

И. М. Пузей осветил результаты исследований динамики доменной структуры в области частот до нескольких мегагерц. Изучалось затухание ультразвука при прохождении его через ферромагнитный образец в различных полях. По кривым затухания оценивались размеры доменов.

Красноярские магнитологи доложили о влиянии ультразвука на магнитные свойства ферромагнетиков при различных температурах. Они интерпретировали полученные результаты с точки зрения теории доменной структуры. Ими же были сообщены новые данные по температурному магнитному гистерезису. Исследование этого явления на точках петли гистерезиса позволило произвести сопоставление с данными, полученными при изучении эффекта Баркгаузена.

Оживленная дискуссия развернулась по докладу А. И. Судовцева и Е. Е. Се-

мененко, работавших над вопросом влияния доменной структуры на электропроводность очень чистого железа при низких температурах. Обнаруженное резкое падение электросопротивления в магнитном поле в области от  $77^\circ\text{K}$  и ниже авторы объясняют увеличением длины свободного пробега электронов в связи с разрушением доменной структуры при намагничивании.

Следует отметить, что на совещании было представлено сравнительно мало теоретических работ. Помимо названных исследований по эффекту Баркгаузена участники совещания заслушали доклады Г. С. Кричичка — о структуре доменной границы и динамических свойствах ферромагнетиков и Г. П. Дьякова — об учете доменной структуры в теории намагниченности и магнитострикции монокристаллов.

В прениях по докладам выступило более 40 человек.

Участники совещания осмотрели лабораторию Института физики, посетили заповедник «Столбы» и совершили на теплоходе экскурсию в Шумиху — место строительства Красноярской ГЭС.

Доктор физико-математических наук

*Л. В. Киренский*