

НЕЙТРОННАЯ РАДИОГРАФИЯ С ДЕПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ КОНТРАСТОМ

К.М.Подурец, А.В.Петренко, В.А.Соменков, С.Ш.Шильштейн

Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, Москва

(Поступило в Редакцию 5 мая 1991 г.)

В окончательной редакции 6 мая 1994 г.)

В нейтронной радиографии изображение внутренней структуры объекта получается вследствие различного ослабления нейтронного пучка в разных участках объекта [1]. Магнитные неоднородности, как правило, контраста за счет ослабления не дают и на изображении остаются невидимыми. В то же время прохождение поляризованного пучка нейтронов через магнитнеоднородные среды сопровождается сильным эффектом деполяризации и измерение этих эффектов является одним из способов определения таких характеристик неоднородностей, как среднеквадратичные размер и намагнитченность [2,3]. Однако визуализация картины пространственного расположения этих неоднородностей с использованием поляризованных нейтронов до настоящего времени не была осуществлена. Цель настоящей работы — демонстрация возможности получения изображения объекта, имеющего магнитные неоднородности, сформированного за счет деполяризаационного контраста, путем сочетания поляризаационной техники с нейтронной радиографией.

При прохождении поляризованного нейтронного пучка через объект, содержащий магнитные неоднородности, возможна неодинаковая его деполяризация в разных участках объекта. Таким объектом может быть немагнитная матрица с ферромагнитными включениями. В [4] наблюдалась пространственно неоднородная деполяризация нейтронного пучка при прохождении через ферромагнетик вблизи точки Кюри. Для таких объектов интенсивность пучка, прошедшего через анализатор, становится функцией координат точки, через которую проходит пучок. Таким образом, на выходе анализатора может быть сформировано изображение объекта, в котором контраст связан с пространственно неоднородной деполяризацией пучка.

Эксперимент проводили на спектрометре тепловых поляризованных нейтронов СПН-1 реактора ИБР-2 в ОИЯИ (рис. 1). Узкий пучок поляризованных нейтронов шириной 0.2 мм и высотой 40 мм пропускали через объект. После объекта пучок падал на анализатор поляризации — намагнитченное железо-кобальтовое зеркало с титан-гадолиниевым подслоем [5]. Это зеркало отражает нейтроны с магнитным моментом, параллельным его намагнитченности, а неотразившиеся нейтроны поглощаются подслоем. После анализатора пучок регистрировали рентгеновской пленкой с гадолиниевым конвертором. Для получения двумерного изображения объект и пленку синхронно смещали поперек пучка в процессе съемки с шагом 0.24 мм, время экспозиции на точке составляло 5–10 мин. Разрешение в направлении

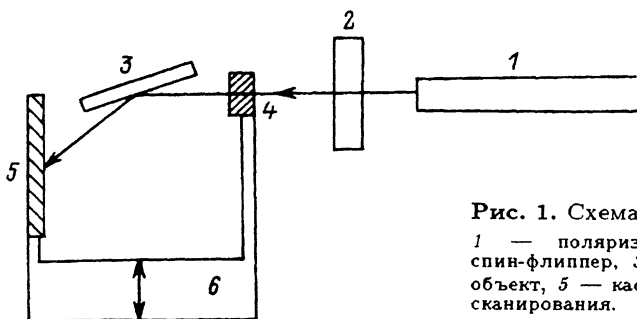


Рис. 1. Схема эксперимента.

1 — поляризуемый нейтронный волновод, 2 — спин-флиппер, 3 — зеркало-анализатор, 4 — объект, 5 — кассета с пленкой, 6 — механизм сканирования.

сканирования определялось шагом смещения, перпендикулярно направлению сканирования разрешение определялось вертикальной расходимостью пучка и длиной зеркала и составляло около 1 мм.

В качестве модельного объекта использовали вырезанные из железной фольги толщиной 0.1 мм цифры 1, 2, 3, запрессованные между двумя медными пластинами толщиной по 0.3 мм. Железная фольга полностью деполаризует нейтронный пучок, через медь он проходит без изменения степени поляризации. Было проведено три съемки объекта: одна с неполяризованным падающим пучком (рис. 2, а), другие с падающим пучком, поляризованным параллельно направлению намагниченности анализатора (рис. 2, б) и антипараллельно ему (рис. 2, в). Изменение направления поляризации производилось спин-флиппером, включение которого приводило к падению интенсивности в отсутствие объекта приблизительно в 20 раз.

На рис. 2, а изображения цифр не видны. Это объясняется тем, что в данном случае единственным механизмом формирования контраста является ослабление пучка, а при таких условиях контрастная чувствительность недостаточна для того, чтобы зафиксировать столь незначительные пространственные модуляции сечения в объекте. На рис. 2, б появляется деполаризационный контраст и возникает светлопольное изображение цифр. Материал цифр деполаризует пучок полностью, и поэтому пропускание анализатора для части пучка, прошедшей через цифры, равно 1/2 и они выглядят ослабляющими пучок в два раза. В случае поляризации пучка антипараллельно намагниченности анализатора интенсивность основного пучка подавляется, а в той части, где он деполаризован, интенсивность остается на уровне 1/2. В результате возникает темнопольное изображение цифр (рис. 2, в). Контраст на темнопольном изображении превышает контраст на

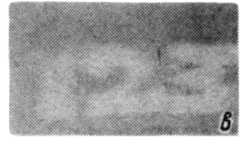
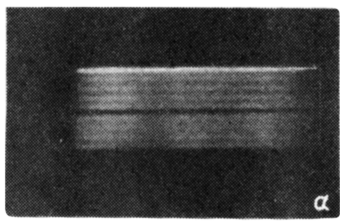


Рис. 2. Радиограммы модельного объекта. а — в неполяризованном пучке; б — в пучке, поляризованном параллельно намагниченности зеркала-анализатора; в — в пучке, поляризованном антипараллельно намагниченности зеркала-анализатора.

светлополюсном: в случае *b* соотношение интенсивности поля и изображения равно примерно 2, в случае *в* — примерно 10. На темнополюсном изображении видимы только детали, деполяризующие нейтронный пучок, а контраст на ослабление проявляется только для тех деталей, которые либо сами деполяризуют пучок, либо проецируются на них.

Таким образом, продемонстрирована возможность формирования изображений в нейтронной радиографии с помощью деполяризационного контраста. Такая техника может применяться для определения положения тонких деталей из магнитных материалов в непрозрачных объектах, для изучения распределения магнитного поля в магнитных системах, а также для наблюдения магнитных неоднородностей в веществе, например сосуществования магнитной и немагнитной фаз и доменной структуры ферромагнетиков.

Авторы признательны Д.А. Корневу и В. Лебнеру за полезные дискуссии, А.И. Рогачеву за помощь в проведении эксперимента.

Список литературы

- [1] Тюфяков Н.Д., Штань А.С. Основы нейтронной радиографии. М.: Атомиздат, 1975.
- [2] Halpern O., Holstein T. // Phys. Rev. 1941. Vol. 59. P. 960.
- [3] Dokukin E.B., Korneev D.A., Loebner W. et al. // J. de Physique. 1988. Coll. C8. Suppl. 12. P. 49.
- [4] Драбкин Г.М., Огороков А.И., Солков В.И., Щebetов А.Ф. // Письма в ЖЭТФ. 1971. Т. 13. Вып. 1. С. 3-6.
- [5] Драбкин Г.М., Огороков А.И., Щebetов А.Ф. // ЖТФ. 1977. Т. 47. Вып. 1. С. 203-208.

01;03
© 1994 г.

Журнал технической физики, т. 64, в. 9, 1994

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПАДА В СИЛЬНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ СПЛЮСНУТОЙ СФЕРОИДАЛЬНОЙ КАПЛИ

И.Д. Григорьева, С.О. Ширяева

Ярославский государственный университет, 150000
(Поступило в Редакцию 9 февраля 1994 г.)

Проблема исследования закономерностей электростатического распада во внешнем электрическом поле капли электропроводной жидкости представляет интерес для весьма широкого круга физических, технических и технологических приложений [1]. Но во всех случаях до сих пор изучался распад в электрическом поле капли, имеющей форму вытянутого сфероида. И это обстоятельство вполне оправдано, так как равновесная форма незаряженной капли в однородном электростатическом поле весьма близка к сфероидальной [2]. В [3] был изучен электростатический распад в резко неоднородном электрическом поле сферической капли. Но до сих пор остаются не исследованными закономерности электростатического распада капли, имеющей форму