

Я. С. ШУР

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СПОНТАННЫХ ОБЛАСТЕЙ ФЕРРОМАГНИТНОГО МОНОКРИСТАЛЛА**

*(Представлено академиком С. И. Вавиловым 10 VIII 1938)*

1. В кратком сообщении <sup>(1)</sup> нами уже было указано, что отжиг в магнитном поле значительно изменяет характер анизотропии коэрцитивной силы ферромагнитных монокристаллов. Это явление может быть качественно интерпретировано таким образом. Естественная кристаллографическая анизотропия коэрцитивной силы обуславливается видом магнитной энергии анизотропии в данном образце. Отжиг в магнитном поле повидимому производит значительное искажение нормальной формы кривой этой энергии; при этом направление, совпадающее с направлением магнитного поля во время отжига, во многих случаях становится осью легчайшего намагничивания. Если это предположение правильно, то термообработка в магнитном поле должна влиять на картину порошковых фигур на поверхности монокристаллов [так называемых «фигур Биттера» <sup>(2)</sup>], ибо эти фигуры, как показывают экспериментальные данные за последние годы <sup>(3)</sup>, безусловно связаны с тем, как распределены спонтанные области различных ориентаций в монокристалле.

Данная работа и была предпринята с целью получения предварительных данных о влиянии термообработки в магнитном поле на картину порошковых фигур.

2. Для получения полных результатов по интересующему нас вопросу необходимо произвести наблюдения на целом наборе монокристаллов с различными кристаллографическими ориентациями. Поэтому мы для первых качественных исследований взяли в качестве объекта изучения крупнозернистый поликристалл из кремнистого железа с 3.5% Si с линейным размером отдельных зерен от 2 до 10 мм при толщине образца 0.5 мм. По оптическому отражению от поверхностей отдельных кристаллов можно было заключить о наличии в этом образце кристаллов с самой разнообразной ориентацией. Осторожной полировкой поверхность образца доводилась до такого состояния, что при тех увеличениях, при которых производился опыт, нельзя было заметить следов царапин. В качестве магнитного порошка был взят порошок, полученный путем восстановления железного сурика в парах керосина при высокой температуре. Для получения магнитной суспензии этот порошок измельчался до крупинок порядка 1  $\mu$  и взвешивался в чистом спирте. Намагничивание изучаемого образца производилось перпендикулярно к его поверхности с помощью прямого электромагнита.

3. Эксперимент производился в следующем порядке. После полировки образец, помещенный в магнитную защиту, нагревался в высоком вакууме до  $800^{\circ}$  и затем при выключенной нагревательной печи медленно охлаждался. Благодаря наличию высокого вакуума ( $\sim 10^{-5}$  мм Hg) поверхность образца оставалась после отжига такой же блестящей и гладкой, как непосредственно после полировки. Затем образец помещался на полюс прямого электромагнита и поверхность образца покрывалась тонким слоем магнитной суспензии. Через 1—2 мин. появлялись отчетливо «фигуры Биттера», которые удобно было рассматривать под микроскопом при увеличениях в 25—50 раз. Картины порошковых фигур на различных кристаллах фотографировались, причем замечался угол между направлением полос и некоторой условной линией на образце. Далее те же наблюдения производились после отжига образца в магнитном поле, направленном в плоскости образца под некоторым углом к условной линии.

При всех этих наблюдениях мы замечали на различных кристаллах «фигуры Биттера», имеющие преимущественно форму почти параллельных линий, направленных в самых различных направлениях. Наблюдая картину порошковых фигур под микроскопом, можно было замечать их перемещение при перемене направления поля в прямом электромагните.

4. Результат влияния термобработки в магнитном поле на расположение порошковых фигур представлен в таблице.  $\alpha$ —угол между направлением порошковых полос и некоторым условным направлением на поверхности образца;  $\beta$ —угол между той же условной линией и направлением магнитного поля во время термообработки.

№ кристалла	$\alpha$			
	После отжига в магнитной защите	После отжига в магнитном поле		
		при $\beta=0^{\circ}$	при $\beta=45^{\circ}$	при $\beta=90^{\circ}$
1	$0^{\circ}$	$0^{\circ}$	$0^{\circ}$	$0^{\circ}$
2	$60^{\circ}$	—	$45^{\circ}$	—
3	$90^{\circ}$	$0^{\circ}$	—	$90^{\circ}$
4	$10^{\circ}$	$0^{\circ}$	$45^{\circ}$	$90^{\circ}$
5	$45^{\circ}$	—	—	$90^{\circ}$
6	$50^{\circ}$	$50^{\circ}$	$45^{\circ}$	$90^{\circ}$
7	$60^{\circ}$	—	$45^{\circ}$	—
Группа мелких кристаллов (~2 мм в сечении)	$45^{\circ}$	$0^{\circ}$	$45^{\circ}$	$90^{\circ}$

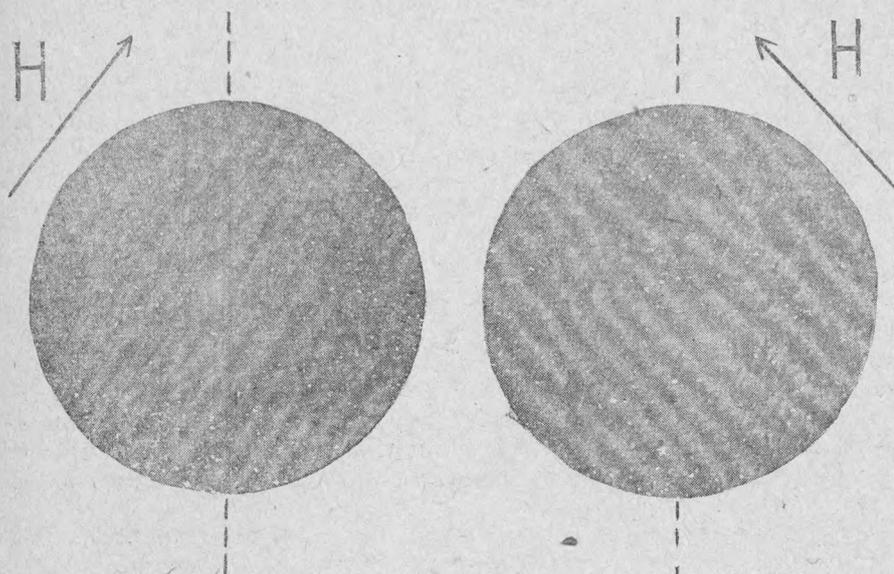
На фиг. 1 и 2 показано направление фигур на кристалле № 5 после отжига в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Стрелкой на этих фигурах указано направление магнитного поля во время термообработки.

5. Анализ таблицы показывает, что термообработка в магнитном поле в зависимости от кристаллографической ориентации каждого отдельного кристалла производит различное действие на расположение порошковых фигур, а именно:

- а) На некоторых кристаллах не оказывает никакого влияния.
- б) В некоторых случаях полосы, возникающие в одном направлении, пропадают после отжига в другом направлении.
- в) На большинстве кристаллов полосы строго следуют за направлением магнитного поля в образце во время термообработки.

Эти опыты находятся в хорошем согласии с нашими исследованиями о влиянии термообработки в магнитном поле на анизотропию коэрцитивной силы. А именно, действие отжига в магнитном поле находится в прямой зависимости от кристаллографической ориентации монокристалла; при этом для некоторых ориентаций кристалла он производит незначительное уменьшение  $H_c$ , а для других весьма сильное.

След полировки



Фиг. 1.  $\times 35$ .

Фиг. 2.  $\times 35$ .

6. Из этого исследования над поведением «полос Биттера» после термообработки в магнитном поле можно сделать следующие два вывода:

а) Термообработка ферромагнитного монокристалла в магнитном поле показывает наряду с другими исследованиями, что «полосы Биттера» находятся в прямой зависимости от характера распределения спонтанных областей в монокристаллах.

б) Термообработка в магнитном поле оказывает во многих случаях очень сильное влияние на форму кривой магнитной энергии анизотропии в монокристалле.

В выполнении экспериментальной части этой работы большое участие принимал студент Свердловского государственного университета А. И. Попов.

Уральский физико-технический институт.

Поступило  
28 VII 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Р. Янус и Я. Шур, ДАН, XX, № 4 (1938). <sup>2</sup> Bitter, *Phys. Rev.*, **33**, 1903 (1931); **41**, 507 (1932); N. Akulov u. Dectiar, *Ann. d. Phys.*, **15**, 750 (1932). <sup>3</sup> Soller, *ZS. f. Phys.*, **106**, 485 (1937); Elmore, *Phys. Rev.*, **53**, 757 (1938).