

О ВОЗМОЖНОСТИ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИСЛОКАЦИЙ НА ПРОЦЕССЫ НАМАГНИЧИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ИТТРИЕВОГО ФЕРРИТА-ГРАНАТА

В.И.Никитенко, Л.М.Дедух, С.Ш.Генделев, Н.Г.Щербак

С тех пор, как стало ясно, что различными способами пластического деформирования и термической обработки можно создавать материалы с заданными магнитными свойствами, изучению влияния дефектов структуры кристалла и связанных с ними внутренних напряжений на процессы намагничивания ферромагнетиков уделяется много внимания. Особый интерес вызывает исследование взаимодействия дислокаций с магнитной структурой кристалла, поскольку они являются наиболее важным источником дальнего действующего поля внутренних напряжений.

Теоретическое изучение вопроса о влиянии дислокаций на процессы намагничивания ферромагнетиков проводится на основе рассмотрения магнитоупругого взаимодействия между полем напряжений от дислокаций и намагниченностью в доменах и доменных границах [1-6]. Оказывается, что результат существенно зависит от конкретного вида дислокационной и доменной структур кристалла. Экспериментальные исследования проводятся в основном по наблюдению влияния пластической деформации на макроскопические характеристики ферромагнитных металлов [4-10]. При этом возникают значительные трудности в одновременном и непосредственном исследовании как реальной дислокационной структуры, возникающей в результате пластического деформирования, так и кинетики изменения доменной структуры этих кристаллов. До настоящего времени не удалось провести прямого экспериментального изучения влияния индивидуальных дислокаций на изменение доменной структуры при намагничивании кристалла.

В представленном сообщении показана возможность осуществления такого исследования поляризационно-оптическим методом в кристаллах иттриевого феррита-граната. Известно [11], что их доменная структура может быть выявлена в поляризованном свете по разнице во вращении плоскости поляризации светового пучка при прохождении через различным образом намагниченные домены. Как показали наши исследования, в этих кристаллах оказалось возможным также одновременное выявление и единичных дислокаций по двойному лучепреломлению, связанному с полем упругих напряжений вокруг них, с использованием методов и аппаратуры, развитых применительно к изучению дислокаций в полупроводниках [12].

Образцами для исследования служили плоско-параллельные пластинки толщиной 0,3-2 мж, вырезанные перпендикулярно оси $\langle 112 \rangle$ из монокристаллов $Y_3Fe_{4,7}Ga_{0,3}O_{12}$, выращенных из раствора в расплаве А.Г.Титовой. После резки образцы были механически отполированы.

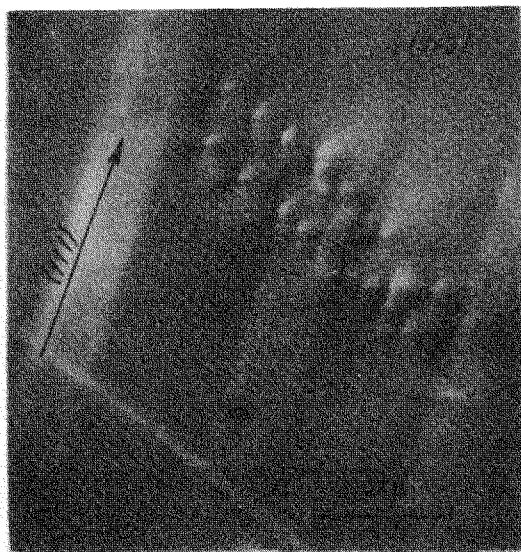


Рис. 1. Домены и дислокации в кристаллической пластинке иттриевого феррита-граната, выявленные с помощью поляризованного инфракрасного излучения в отсутствие внешнего магнитного поля

На рис.1 показан вид кристалла, содержащего дислокации и домены, при наблюдении в параллельном пучке плоскополяризованного инфракрасного излучения с длиной 1,2 мж в отсутствие внешнего магнитного поля. Краевые дислокации, расположенные перпендикулярно пластинке, выявляются в виде темно-белых розеток. Большие лепестки розетки вытнуты вдоль плоскости скольжения $\{113\}$ дислокации, которая совпадает с направлением колебаний в одном из скрещенных николей. В нижней части фотографии видна одна дислокация другого типа — с плоскостью скольжения $\{111\}$. Широкие полосы с различной интенсивностью просветления связаны с доменами. Векторы намагниченности в соседних доменах составляют между собой угол 180° и располагаются примерно вдоль лежащего в плоскости пластинки направления $\langle 111 \rangle$ легкого намагничивания кристалла.

На рис.2 показан характер изменения доменной структуры при наложении внешнего магнитного поля, не совпадающего с направлением вектора спонтанной намагниченности в доменах. В слабом магнитном поле процесс намагничивания идет за счет смещений 180° -х границ доменов, которые не испытывают существенного влияния поля напряжений от дислокаций. В более сильных полях появляются домены, образующие 71° -е границы. Возникают новые домены либо вблизи дислокаций, либо у края образца (рис.2,а). При увеличении поля до 50-70 э весь кристалл разбивается на 71° -е домены. На формирование новой

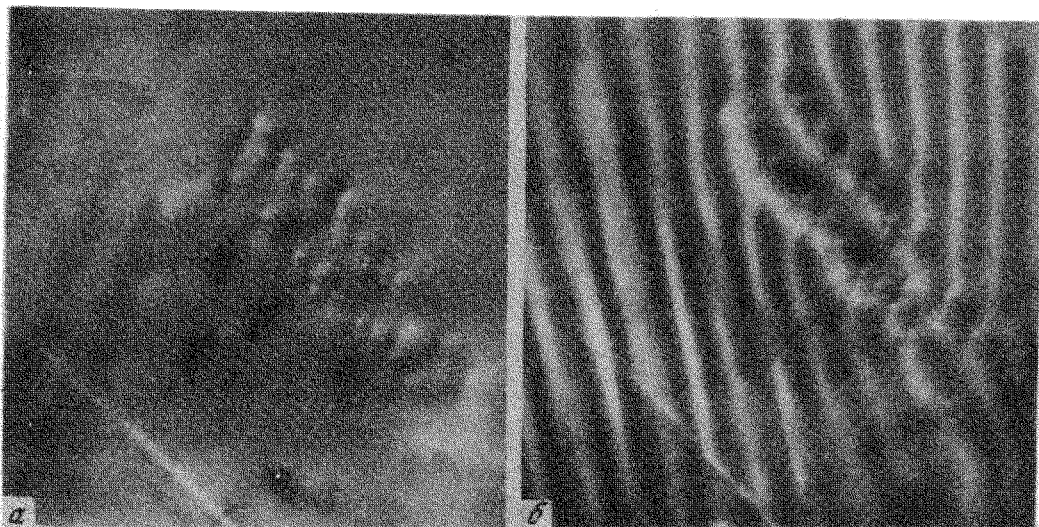


Рис. 2. Изменение доменной структуры кристалла при наложении внешнего магнитного поля: а — $H = 20$ э; б — $H = 60$ э.

доменной структуры сильное влияние оказывают дислокации. На рис.2б видно, что движение 71° -х доменных границ было остановлено дислокациями. Причем домены с разными направлениями векторов намагниченности (темные и светлые полосы) располагаются в областях кристалла, в которых действуют касательные напряжения противоположного знака. При приближении к области насыщения в сильных магнитных полях кристалл монодоменизируется. Последними исчезают домены вблизи дислокаций. Это свидетельствует о том, что дислокации влияют на процесс намагничивания и в области вращения векторов намагниченности. При уменьшении внешнего магнитного поля разбиение кристалла на 71° -е домены как правило начинается вблизи дислокаций.

Представленные результаты наглядно иллюстрируют большие возможности применения поляризационно-оптического метода для исследования влияния дислокаций на процессы, происходящие на различных участках кривой намагничивания. Получение количественных данных о взаимодействии различного типа дислокаций, доменов и доменных границ, которое станет возможным после исследования пьезо-оптических свойств монокристаллов иттриево-железистых гранатов, позволит провести непосредственную проверку имеющихся теоретических представлений.

Институт
физики твердого тела
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
14 августа 1968 г.

Литература

- [1] W.F.Brown. Phys. Rev., 58, 736, 1940; 60, 132, 1941.
- [2] F.Vicena. Czech. J. Phys., 5, 480, 1955; 9, 187, 1957.
- [3] H.Kronmüller. J. Appl. Phys., 38, 1314, 1967.
- [4] A.Seeger, H.Kronmüller, H.Rieger, H.Träuble. J.Appl. Phys., 35, 740, 1964.
- [5] H.Träuble, A.Seeger, Z. Angew. Phys., 21, 299, 1966.
- [6] H.Kronmüller. Сб. Moderne Probleme der Metallphysik, A.Seeger Ed. (Springer-Verlag, Berlin, 1966.) Bd.2.
- [7] W.Stephan. Z. Angew. Phys., 12, 398, 1960.
- [8] И.Я.Дехтяр, Т.Дуброва, В.В.Полотнюк. УФЖ, 13, 871, 1968.
- [9] H.Gessinger, E.Köster, H.Kronmüller. J.Appl. Phys., 39, 986, 1968.
- [10] R.H.Geiss, J.Silox J.Appl. Phys., 39, 982, 1968.
- [11] J.F.Dillon. J. Appl. Phys., 29, 1286, 1958.
- [12] В.Л.Ивденбом, В.И.Никитенко. Сб. Напряжения и дислокации в полупроводниках. АН СССР, М., 1962, стр.9, 55.