

РАЗРУШЕНИЕ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО  $\text{CoF}_2$   
 В ОБЛАСТИ ПОЛИ ОПРОКИДЫВАНИЯ (ВСЛЕДСТВИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДОМЕНОВ)

К. Н. Кочарян, Е. Г. Рудашевский

В экспериментах по антиферромагнитному резонансу (АФМР) в  $\text{CoF}_2$  /1/ было определено, что опрокидывание подрешеток происходит во внешнем магнитном поле  $H_{\text{кр}} = 210 \pm 6$  кэ. Одновременно было обнаружено, что когда внешнее магнитное поле направлено вдоль оси легчайшего намагничения и превышает величину  $H_{\text{кр}}$ , образец, оставаясь приклеенным к торцу кварцевого стержня, покрывался сеткой трещин с размерами зерна  $\sim 0,1$  мм. При этом было выяснено, что образование трещин не обусловлено потерей устойчивости и выворачиванием образца как целого, или отдельных его частей под действием поперечных сил вследствие большой анизотропии.

Как было показано теоретически /2/, вблизи  $H_{\text{кр}}$  имеется область, в которой возможно существование доменов с вектором антиферромагнетизма  $\vec{l}$  ( $\vec{l} = \vec{M}_1 - \vec{M}_2$ ,  $\vec{M}_1$  и  $\vec{M}_2$  - намагниченности насыщения подрешеток,  $|\vec{M}_1| = |\vec{M}_2| = M_0$ ), направленным либо по полю, либо перпендикулярно, причем домены в плоскопараллельной пластине, ориентированной перпендикулярно внешнему магнитному полю, имеют размеры

$$d \cong \left( \frac{\delta l^2}{\chi_{\perp} H_{\text{кр}}^2} \right)^{1/3} \cong \left( \frac{M_0^2 a l^2}{\chi_{\perp}^2 H_{\text{кр}}^2} \right)^{1/3}, \quad (I)$$

где  $\chi_{\perp}$  - статическая восприимчивость в направлении, перпендикулярном легкой оси,  $a$  - постоянная решетки,  $l$  - толщина пластинки.

Формула /I/ получена в предположении  $\chi_{\parallel} = 0$ .

Учитывая значительную величину магнитоупругого взаимодействия в  $\text{CoF}_2$  /4,3/, которая приводит к относительной деформации  $\Delta l/l \sim 10^{-4}$  вблизи поля опрокидывания, было высказано предположение /1/, что растрескивание образца происходит вдоль границ доменов, где из-за сдвиговых деформаций происходит скалывание образца. Описанная ситуация схематически представлена на рис. 1а в предположении бесконечно тонких междоменных стенок. Оценка величины зерна, проведенная по формуле (1) с привлечением данных по восприимчивости /5/,  $H_{кр}$  /1/ и размерам образца<sup>\*)</sup>, приводит к величине  $d \sim 0,03$  мм.

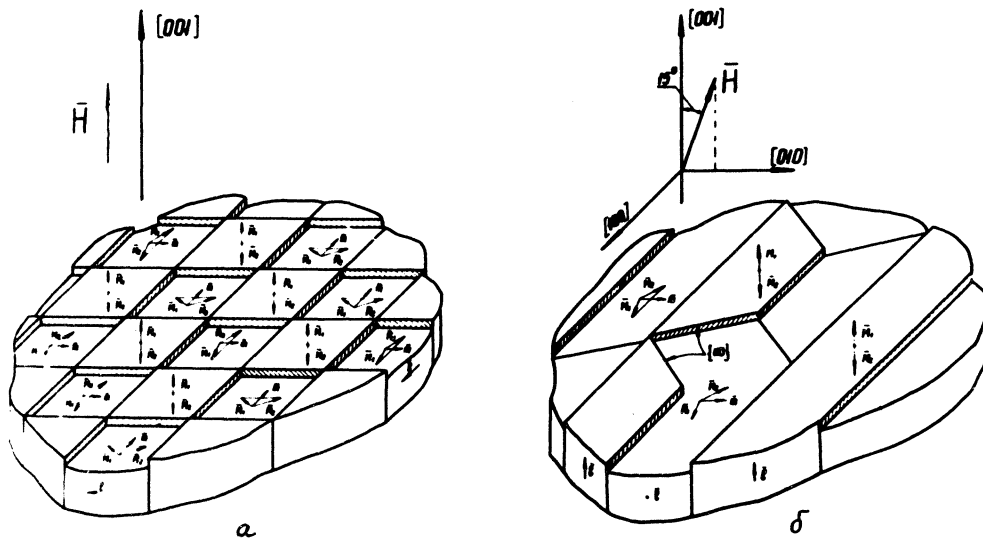
При проведении вышеуказанных экспериментов выяснилось, что разрушения не происходит, если толщина образца не превосходит  $\approx 0,5$  мм. Если предположить, что каждый домен имеет выход как на верхнюю, так и на нижнюю плоскости пластинки /2/, то накопление сдвиговой деформации на границах между доменами будет возрастать с увеличением толщины образца. Весьма грубые оценки показывают, что разрушение может происходить при толщине образца, превышающей 0,1 мм.

Для снятия вырождения, связанного с неопределенностью направления вектора  $\vec{m} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2$  в базисной плоскости после опрокидывания подрешеток при  $\vec{H} = \{0, 0, H_z\}$ , и для подтверждения предложенного механизма разрушения был проделан следующий эксперимент. Образец  $\text{CoF}_2$  в форме клиновидной пластинки (толщина образца менялась от 0,8 до 0,3 мм), приклеенной к торцу кварцевого волновода, был сорентирован таким образом, что внешнее магнитное поле было наклонено на  $15^\circ$  в сторону  $[100]$  от оси  $[001]$  кристалла<sup>\*\*)</sup>.

О превышении внешним магнитным полем величины  $H_{кр}$  мож-

\*) Образцы  $\text{CoF}_2$  представляли собой пластинки размерами  $1,5 \times 2,5$  мм<sup>2</sup> и имели толщину от 0,3 до 1 мм.

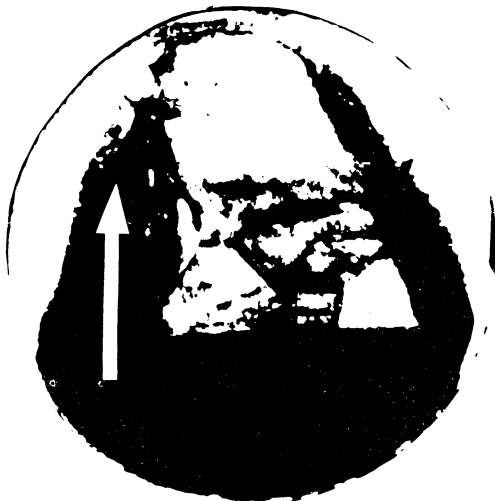
\*\*) Как показали проведенные нами эксперименты по АФМР в  $\text{CoF}_2$ , скачкообразное опрокидывание вектора  $\vec{l}$  в плоскость  $(001)$  происходит при отклонении магнитного поля от оси  $[001]$  вплоть до углов в  $15^\circ$ , что согласуется с оценками, проведенными на основании работы /6/ с привлечением данных по  $\text{CoF}_2$  /8,7/.



Р и с. 1. Схематическое изображение разрушения монокристалла  $\text{CoF}_2$ :  
 а)  $H \parallel [001]$   $\text{CoF}_2$ , б)  $H$  под углом в  $15^\circ$  от оси  $[001]$  в сторону  $[100]$ .

но было судить по появлению второго пика АФМР, связанного с колебанием магнитных моментов в опрокинутом состоянии.

Снятие неопределенности в направлении вектора  $\vec{m}$  в базисной плоскости с помощью наклонного магнитного поля, как нам



Р и с. 2. Фотография образца  $\text{CoF}_2$ , подвергнутого разрушению в наклонном магнитном поле. Плоскость фотографии совпадает с плоскостью (001). Стрелка указывает ось [100], в сторону которой наклонено внешнее магнитное поле и направление утоньшения образца. Диаметр кварцевого стержня 4 мм.

представлялось, должно было привести к появлению преимущественного направления междоменных стенок.

Как видно на рис. 2, разрушение образца произошло только в утолщенной части, тогда как тонкий участок не подвергся разрушению. Трещины в этом случае имели форму темных полос, расположенных на расстояниях  $\approx 0,2$  мм и преимущественно направленных таким образом, что плоскость трещин совпадала с тем семейством плоскостей (100), в сторону которого было наклонено внешнее магнитное поле.

Отчетливо видно ветвление трещин под углом  $\sim 45^\circ$  к основным, соответствующее плоскостям (110), которые, как показали

проведенные нами исследования лауэграмм, являются плоскостями легкого скалывания. Поэтому появление косых трещин связано, по-видимому, с тем, что после образования трещин вдоль границы доменов дальнейшее их развитие происходило вдоль плоскостей легкого скалывания.

Картина разрушения образца, имеющая место в этом случае, схематически изображена на рис. 1б.

Таким образом, одним из вероятных объяснений механизма разрушения образца  $\text{CoF}_2$  является значительная магнестрикция, приводящая к сдвиговым напряжениям на границах доменов, имеющих место в области опрокидывания подрешеток.

Авторы выражают глубокую признательность академику А. М. Прохорову за постоянное внимание и дискуссии, искреннюю признательность А. С. Боровику-Романову и Н. М. Крейнес за интерес к работе и плодотворные обсуждения, С. В. Петрову, вырастившему монокристаллы  $\text{CoF}_2$ .

Поступила в редакцию  
24 апреля 1972 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. К. Н. Кочарян, Е. Г. Рудашевский. Тезисы Всесоюзной конференции по магнетизму. Красноярск, 1971 г.
2. В. Г. Барьяхтар, А. Е. Боровик, В. П. Попов. Письма в ЖЭТФ, 3, 634 (1969).
3. А. С. Боровик-Романов, Б. Е. Явелов. Proc. of the Conf. on Phys. of Low Temp. Prague (1963).
4. А. С. Прохоров, Е. Г. Рудашевский. Письма в ЖЭТФ, 10, 175 (1968).
5. А. С. Боровик-Романов. Антиферромагнетизм. В сб. "Итоги науки", 4, Изд. АН СССР, 1962 г.
6. Г. К. Чепурных. ФТТ, 6, 1917 (1968).
7. К. Н. Кочарян, Е. Г. Рудашевский. Письма в ЖЭТФ, 13, 688 (1971).
8. В. И. Ожогин. Кандидатская диссертация. М., ИФП АН СССР, 1965 г.