

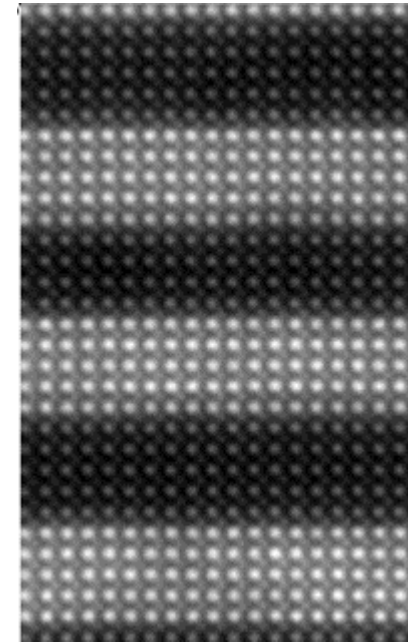
Наблюдение соразмерных магнитных структур в многослойной системе Dy/Y в магнитном поле

Тарнавич Владислав

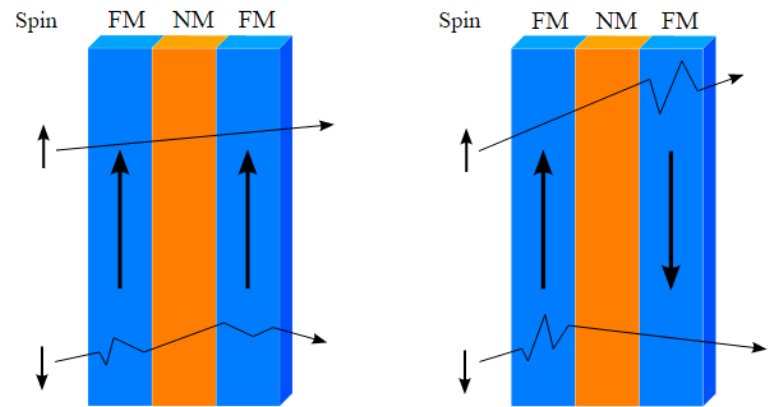
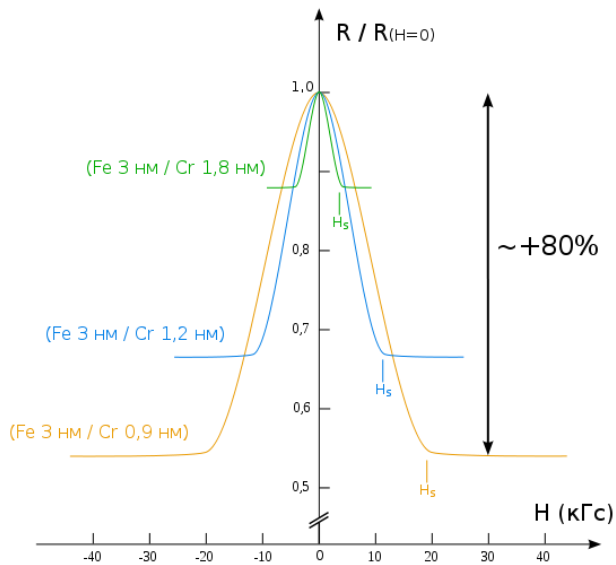
Сверхрешетка – многослойная структура с большим количеством чередующихся магнитных и «немагнитных» слоёв с похожей кристаллической структурой

Чем интересны:

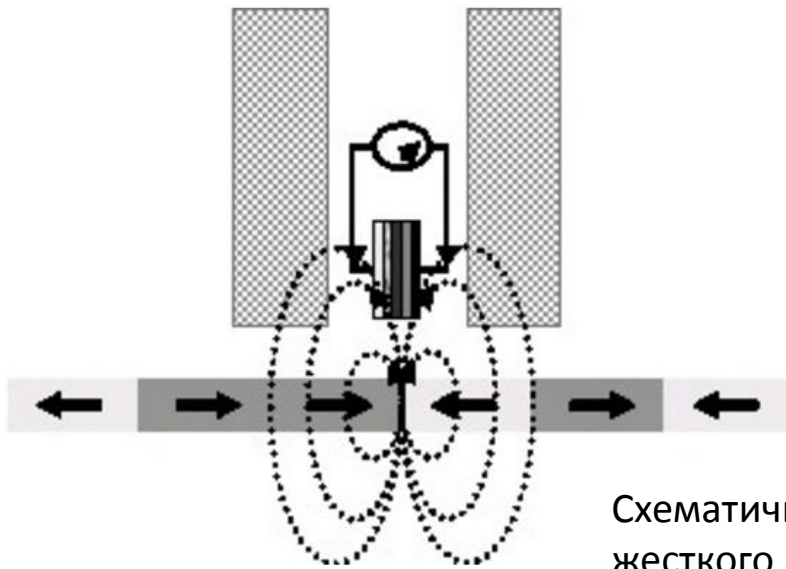
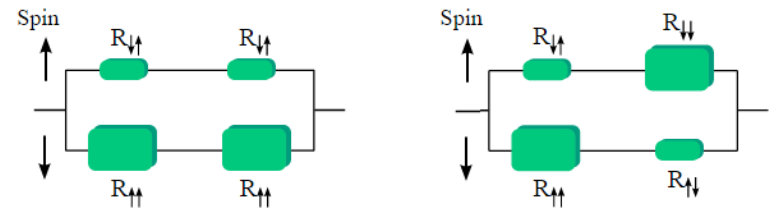
- 1986: в сэндвич-структуре Fe/Cr/Fe при толщине прослойки Cr = 4 ÷ 8 Å ферромагнитные слои Fe упорядочены антиферромагнитно;
- 1988: обнаружение в сверхрешетке Fe/Cr эффекта гигантского магнитосопротивления (ГМС).



Co/Cu;
CoFe/Cu;
...



Спин-зависимое рассеяние



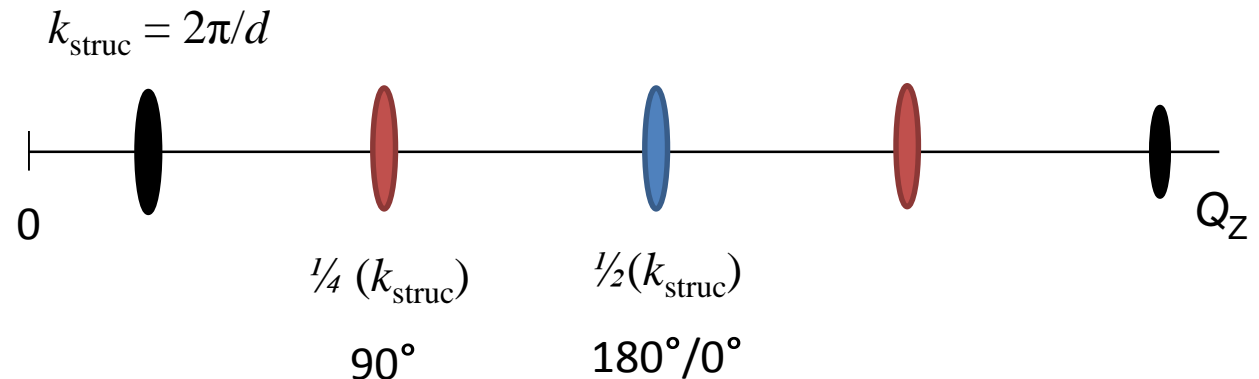
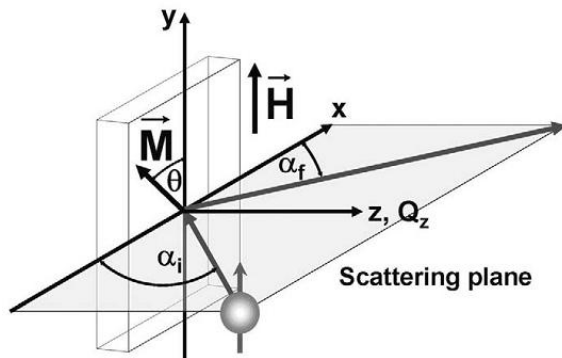
Схематичное изображение считывающей головки жесткого диска и принципа ее работы

Для эффекта ГМС известен механизм межслоевого билинейного обмена $E = J_1(\mathbf{S}_1 \times \mathbf{S}_2)$, осуществляемого за счет РККИ, и механизм биквадратичного обмена $E = J_2(\mathbf{S}_1 \times \mathbf{S}_2)^2$, используемый для объяснения 90° магнитного упорядочения [M. Ruhrig et al. Phys. Stat. Sol. A 125, 635 (1991)].

Часто вывод об увеличении биквадратичной компоненты основывается на результатах анализа M , интегральной по своей природе, когда невозможно восстановить магнитную структуру, используя магнитооптические методы.

В этом случае метод нейтронного рассеяния может играть первостепенную роль для обнаружения 90° -го расположения магнитных моментов.

[Zabel H., Neutron reflectivity of spintronic materials, Materials today, Vol. 9, Is. 1–2, P. 42–49 (2006)]

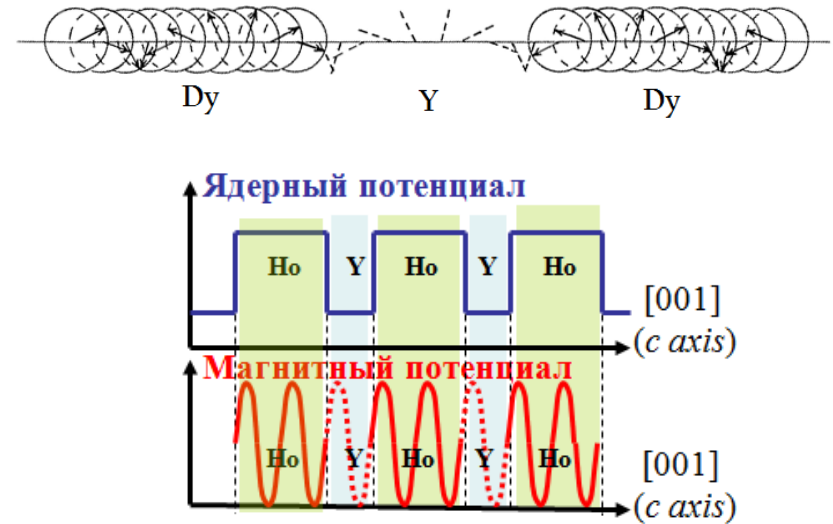


Чем ещё интересны сверхрешетки:

- в структурах $P3M/Y$ наблюдается когерентная модуляция магнитных свойств всей многослойной системы

Спиновая спираль, возникающая за счет обмена РККИ между локализованными $4f$ – спинами и электронами проводимости, проникает через «немагнитный» Y за счет электронов проводимости иттриевого слоя.

[M. B. Salamon et al., *Phys. Rev. Lett.* 56 (1986) P. 259.]



- в структурах Ho/Y и Dy/Y установлено т. н. нарушение киральной спиновой симметрии

PHYSICAL REVIEW B 82, 195432 (2010)

Interplay of RKKY, Zeeman, and Dzyaloshinskii-Moriya interactions and the nonzero average spin chirality in Dy/Y multilayer structures

S. V. Grigoriev,^{1,*} D. Lott,² Yu. O. Chetverikov,¹ A. T. D. Grünwald,² R. C. C. Ward,³ and A. Schreyer²

¹Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, St. Petersburg 188300, Russia

²GKSS Research Centre, 21502 Geesthacht, Germany

³Oxford Physics, Clarendon Laboratory, Parks Road, Oxford OX1 3PU, United Kingdom

(Received 13 July 2010; published 16 November 2010)

PHYSICAL REVIEW B 89, 054406 (2014)

Field-induced chirality in the helix structure of Ho/Y multilayers

V. V. Tarnavich,^{1,*} D. Lott,² S. Mattauch,³ A. Oleshkevych,⁴ V. Kapaklis,⁴ and S. V. Grigoriev^{1,5}

¹Petersburg Nuclear Physics Institute NRC KI, 188300 Gatchina, Russia

²Helmholtz-Zentrum Geesthacht, 21502 Geesthacht, Germany

³Jülich Centre for Neutron Science (JCNS), 85747 Garching, Germany

⁴Uppsala University, Uppsala, Sweden

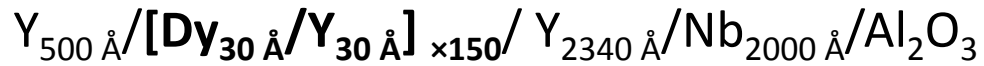
⁵Saint Petersburg State University, Ulyanovskaya 1, 198504 Saint Petersburg, Russia

(Received 9 September 2013; revised manuscript received 19 December 2013; published 7 February 2014)

Цель:

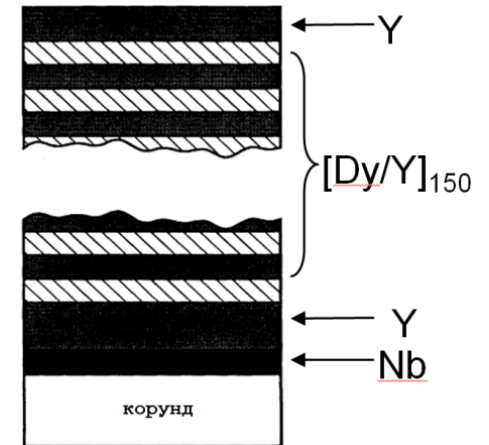
Изучить магнитную структуру Dy/Y сверхрешетки во внешнем магнитном поле и в широком диапазоне температур.

Образец:



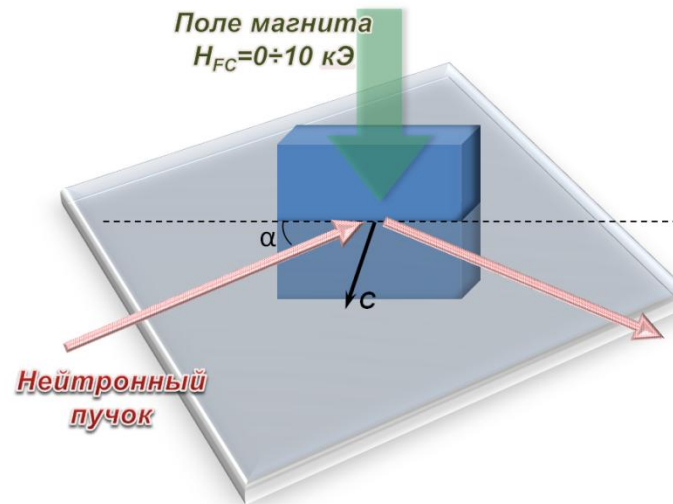
Dy30Y30

Образцы выращен методом молекулярно-лучевой
эпитаксии

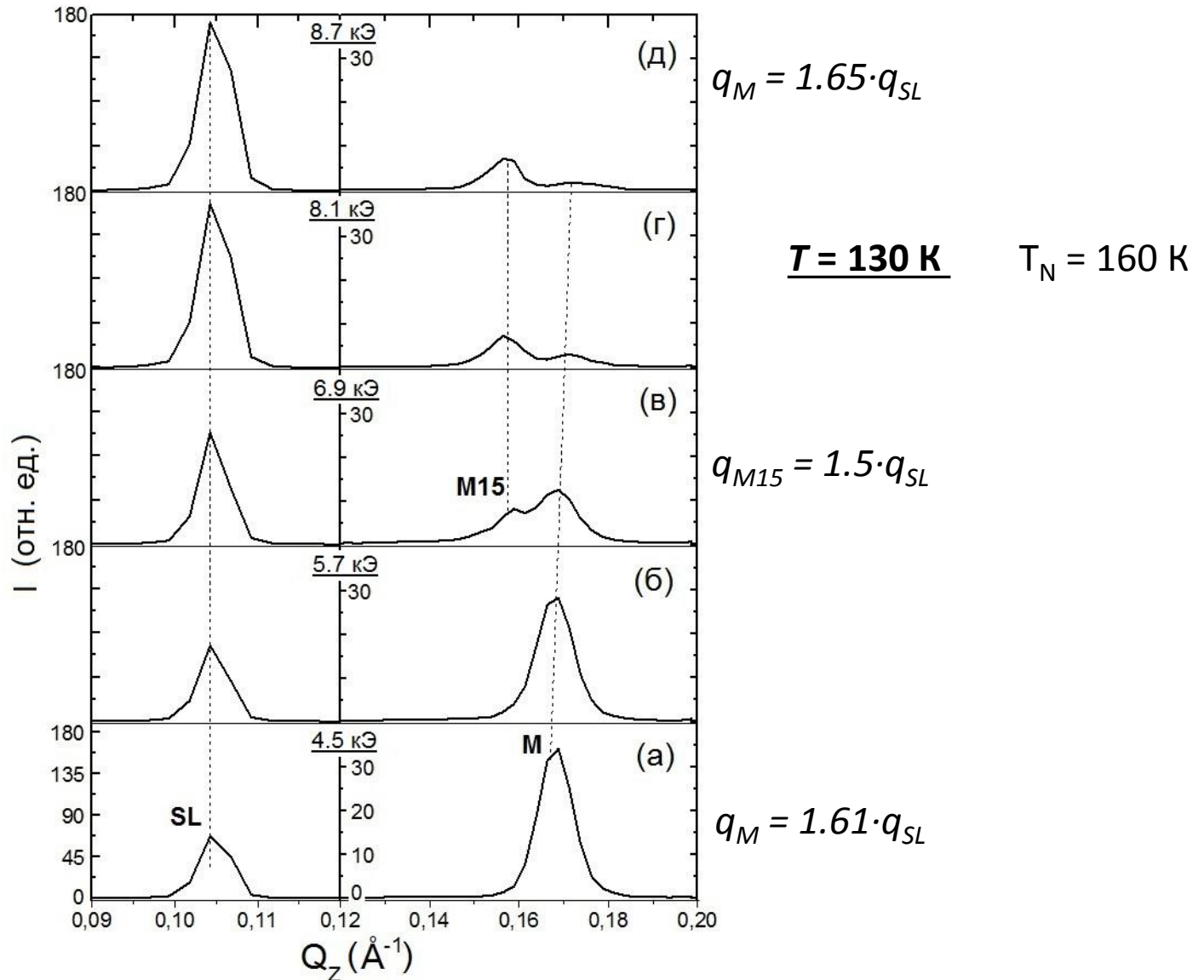


Методика эксперимента:

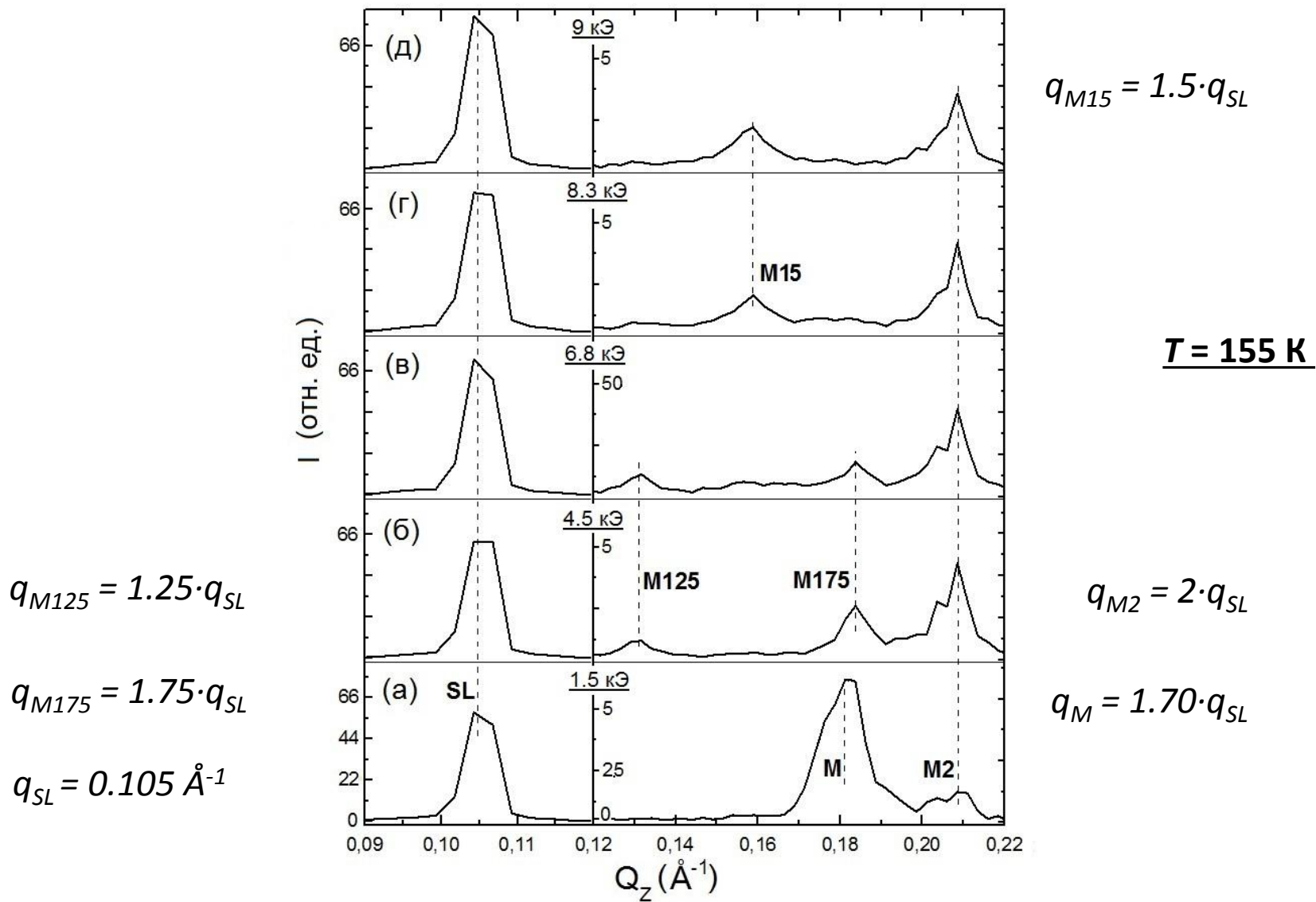
рефлектометр NERO, GKSS,
($\lambda = 4.35 \text{ \AA}$ и $\Delta\lambda/\lambda = 0.02$)



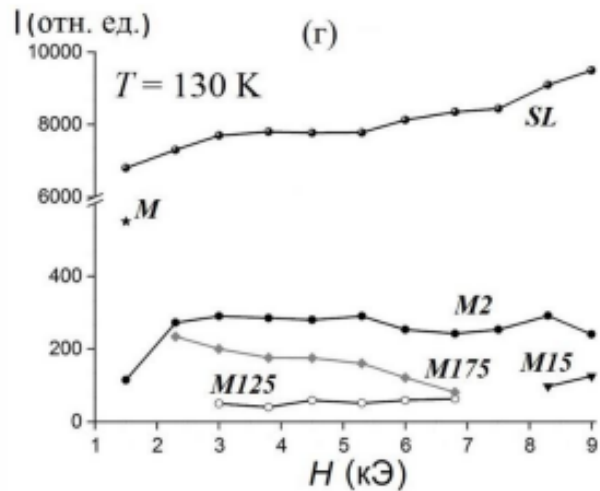
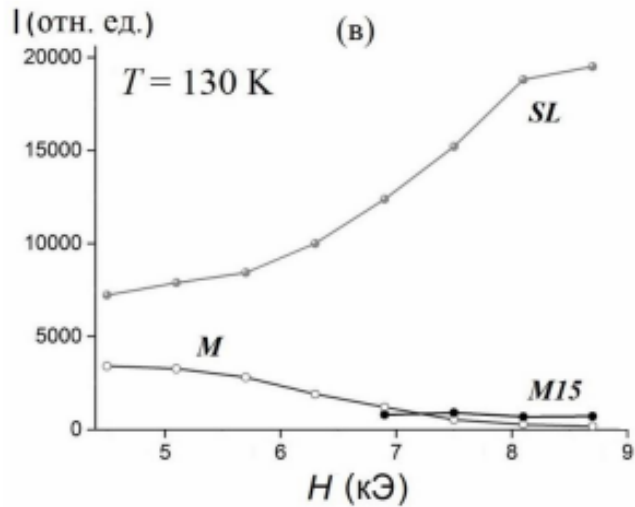
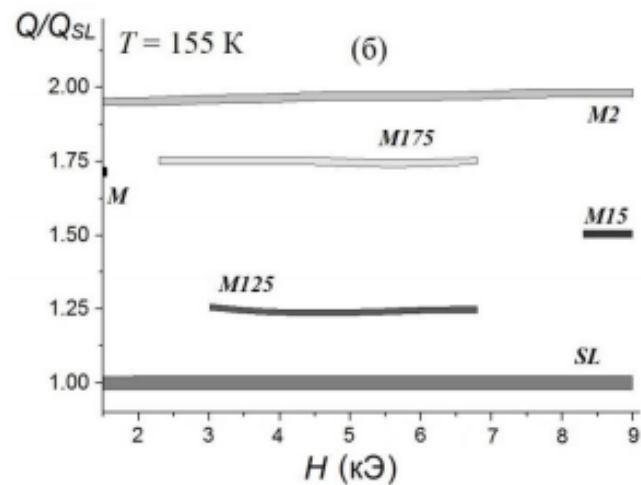
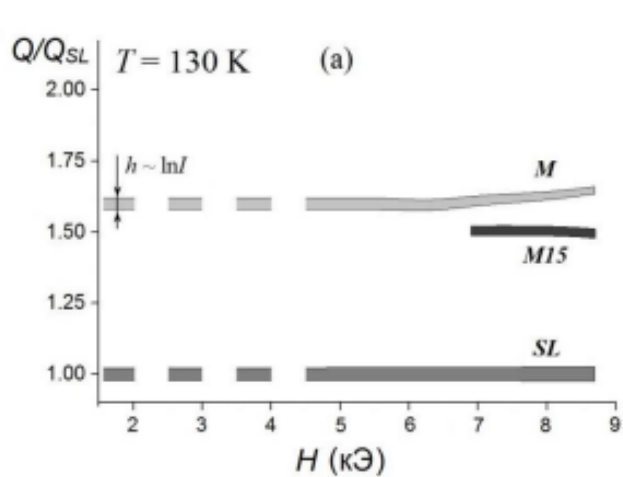
Магнитная Dy/Y структура во внешнем магнитном поле



Профиль кривой зеркального отражения для структуры Dy₃₀Y₃₀ при $T = 130 \text{ K}$ во внешнем магнитном поле H : 4.5 кЭ (а); 5.7 кЭ (б); 6.9 кЭ (в); 8.1 кЭ (г); 8.7 кЭ (е). Рисунок разделен на две части с разным масштабом по интенсивности: слева представлено отражение от ядерной структуры, справа – от магнитной структуры



Профили кривой зеркального отражения для структуры Dy₃₀Y₃₀ при **T = 155 K** во внешнем магнитном поле H : 1.5 кЭ (а); 4.5 кЭ (б); 6.8 кЭ (в); 8.3 кЭ (г); 9 кЭ (е). Рисунок разделен на две части с разным масштабом по интенсивности: слева представлено отражение от ядерной структуры, справа – от магнитной структуры.



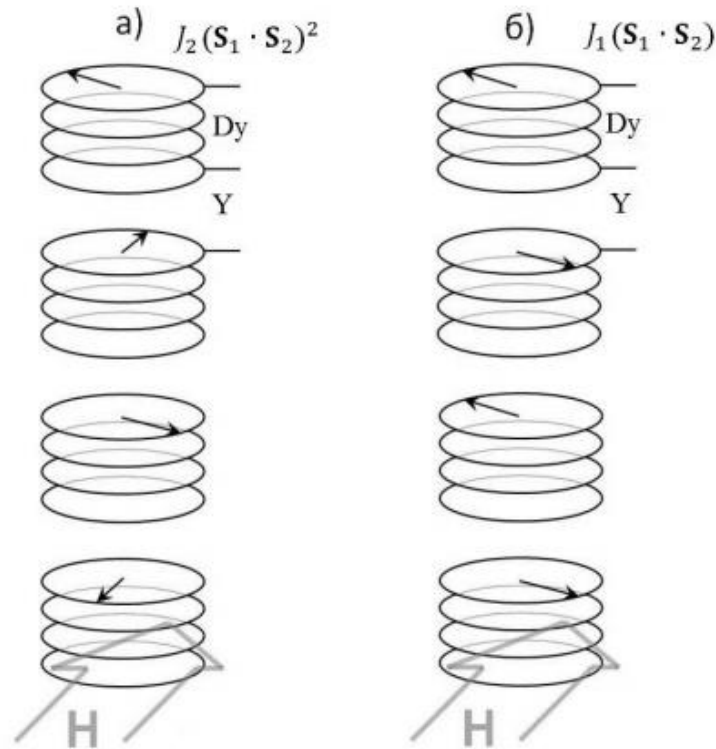
Зависимость положения рефлексов (а, б) и их интенсивности (в, г) от магнитного поля при температурах 130 и 155 К для структуры $Dy_{30}Y_{30}$. Ширина линий пропорциональна натуральному логарифму от интенсивности пика.

$q_{M2} = 2 \cdot q_{SL} \rightarrow$ ФМ упорядочение (рост интенсивности пика SL есть результат интерференции рассеяния от ФМ и ядерной структур)

$q_{M15} = 1.5 \cdot q_{SL} \rightarrow \pm(1/2)q_{SL}$ 180°- упорядочение (период соразмерной структуры 2 бислоя)

$q_{M125} = 1.25 \cdot q_{SL}$

$q_{M175} = 1.75 \cdot q_{SL} \rightarrow \pm(1/4)q_{SL}$ 90°- упорядочение (период соразмерной структуры 4 бислоя)



Упорядочение спиновой структуры во внешнем магнитном поле при температурах 130 (а) и 155 К (б) для структуры Dy₃₀Y₃₀. Количество атомарных слоев диспрозия обозначено условно.

Вывод:

Методом нейтронного рассеяния установлено появление дополнительных магнитных фаз, соразмерных периоду многослойной Dy/Y структуры (двукратной и четырехкратной) с приложением внешнего магнитного поля. Это обусловлено наличием антиферромагнитного билинейного и биквадратичного обменов в слоистой структуре.

**Спасибо за внимание
и с наступающим!**

