

## НАБЛЮДЕНИЕ "МАГНИТНОГО" ПОВОРОТА СПЕКЛ-КАРТИНЫ СВЕТА, ПРОШЕДШЕГО ЧЕРЕЗ ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО

*М.Я.Даршт, И.В.Жиргалова, Б.Я.Зельдович, Н.Д.Кундикова*

*Лаборатория нелинейной оптики, Технический Университет  
454080 Челябинск, Россия*

Поступила в редакцию 15 апреля 1994 г.

Указанный эффект поворота наблюдался при распространении света через маломодовое оптическое волокно, помещенное во внешнее магнитное поле. Спекл-картина наблюдалась в линейно поляризованном свете с тем же азимутом, что и на входе в волокно. Угол поворота по порядку величины и по знаку соответствовал углу фарадеевского вращения плоскости поляризации.

При распространении света в оптической среде, помещенной во внешнее магнитное поле, наблюдается поворот плоскости поляризации линейно поляризованного излучения. Этот поворот является результатом изменения под действием магнитного поля показателей преломления для света с левой и правой циркулярной поляризацией. Сколь-нибудь значительного изменения траектории света при этом не наблюдается. При распространении света через оптическое волокно воздействие магнитного поля и изменение спиральной формы волокна приводят к одному и тому же результату – повороту плоскости поляризации линейно поляризованного света. Исходя из этой аналогии мы предприняли попытку [1] определить влияние магнитного поля на распространение света в оптическом волокне, а именно, на величину поворота спекл-картины циркулярно поляризованного излучения, пропущенного через многомодовое волокно, при смене знака циркулярной поляризации (оптический эффект Магнуса [2]). Результаты численного счета показали, что внешнее магнитное поле влияет на величину поворота спекл-картины, но на удивление слабо: в кварцевом волокне длиной 1 м и эффектом Магнуса  $\approx 300^\circ$  изменение величины эффекта на  $\approx 10^\circ$  можно получить, приложив магнитное поле  $\approx 10^6$  Гс. Эти расчеты проводились без учета меридиональных лучей или, на модовом языке, без учета мод типа "ежей" и "баранок".

Совсем недавно [3] было показано, что при распространении света в оптическом волокне магнитное поле может привести к заметному повороту спекл-картины, если учесть влияние мод, соответствующих меридиональным лучам. Для наблюдения этого эффекта можно вход волокна освещать линейно поляризованным излучением, а в свете, прошедшем через волокно, выделять линейно поляризованную компоненту с тем же азимутом, что и на входе. Настоящая работа посвящена экспериментальному наблюдению этого эффекта.

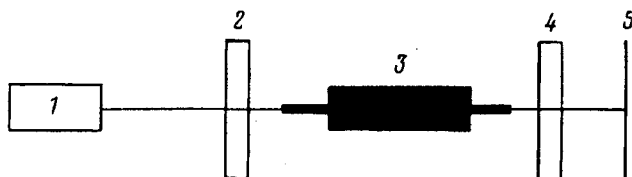


Рис.1 Оптическая схема экспериментальной установки. 1 - He-Ne лазер,  $\lambda = 0,63$  мкм; 2 - поляризатор; 3 - волокно в магнитном поле; 4 - анализатор; 5 - экран

Схема установки представлена на рис.1. В соответствии с [3], на входе и выходе волокна, помещенного на оси катушки с магнитным полем, устанавливались поляризаторы, пропускающие одну и ту же линейно поляризованную компоненту. Использовалось излучение He-Ne-лазера с длиной волны  $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$ . Спекл-картина наблюдалась на полупрозрачном экране и с него же могла быть сфотографирована. Величина магнитного поля определялась по углу  $\psi^+ = +3,5^\circ$ ,  $\psi^- = -3,5^\circ$  поворота плоскости поляризации света, пропущенного через кварцевый стержень длиной  $l = 20 \text{ см}$ . Среднее поле  $H = \varphi/Vl$  на длине катушки  $L = 21,5 \text{ см}$  составляло  $\approx 500 \text{ Гс}$ . Для постоянной Верде кварца взято значение  $V = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ мин/Гс}\cdot\text{см}$  [4]. Свет пропускался через кварцевое волокно с диаметром сердцевины  $2\rho = 9,5 \text{ мкм}$  и разностью показателей преломления сердцевины и оболочки  $\Delta n = 0,004$ . В таком волокне на длине волны  $0,63 \text{ мкм}$  может быть возбуждено до 16 мод (включая поляризационную степень свободы).

Эффект проявлялся в повороте спекл-картины при включении магнитного поля. При смене направления поля спекл-картина поворачивалась в противоположную сторону, при этом направление поворота совпадало с направлением фарадеевского вращения плоскости поляризации. Эффект поворота картины на угол порядка  $2^\circ$  отчетливо наблюдался визуально. После этого для усиления эффекта было взято волокно длиной  $17 \text{ м}$ , которое семь раз было пропущено через катушку, так что длина волокна в магнитном поле составила  $\approx 1,4 \text{ м}$ .

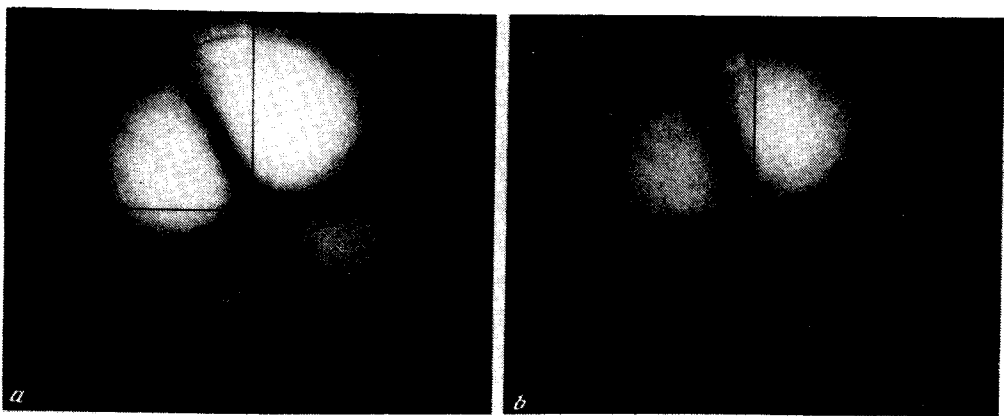


Рис.2 Фотографии спекл-картины на полупрозрачном экране – наблюдение навстречу распространения света: а – направление поля совпадает с направлением распространения света; б – направление поля противоположно направлению распространения света

На рис.2 представлены фотографии спекл-картины при положительной и отрицательной полярности магнитного поля. Из фотографий видно, что величина поворота составляет примерно  $\varphi^+ - \varphi^- \approx 15^\circ$ . Величина же фарадеевского вращения на такой длине  $\psi^+ - \psi^- \approx 40^\circ$ . Эти значения совпадают по порядку величины и, что особенно важно, совпадают по знаку.

Мы хотим подчеркнуть, что эффект является довольно сильным. В самом деле, использованный нами материал волокна (кварц) на длине волны  $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$  имеет очень низкое значение постоянной Верде. (Мы взяли

первое, что было под рукой.) Переход в коротковолновую область спектра и использование других материалов позволит усилить эффект на 2 порядка и более.

Таким образом, можно утверждать, что мы наблюдали поворот спекл-картины магнитным полем. Знак эффекта соответствует предсказанному, количественные оценки наблюдаемой величины эффекта согласуются с теорией [3].

Работа была выполнена при частичной поддержке фонда Сороса и Российского фонда фундаментальных исследований ( грант N 93-02-15546 ).

- 
1. N.D.Kundikova, B.Ya.Zel'dovich, Interaction of spatial and polarization degrees of freedom of light in multimode optical fiber. Experiment and theory in Optics as a Key to High Technology: 16th Congress of the International Commission for Optics, Gy.Akos, I.Lippenyi, G.Lupkovics. and A.Podmaiczky, ed., Proc.SPIE 1983, 771 1993.
  2. A.V.Dooghin, N.D.Kundikova, V.S.Liberman, and B.Ya.Zeldovich, Phys. Rev. A, 45, 8204 (1992).
  3. N.B.Varanova and B.Ya.Zel'dovich, Письма в ЖЭТФ 59, 648 (1994).
  4. Д.Кей, Т.Лэби. Справочник физика-экспериментатора. М. ИИЛ, 1949.