

Электромагнитные резонансы в фотонно-кристаллических слоях

N.A. Gippius

Skolkovo Institute of Science and Technology, Skolkovo, Russia

В докладе рассматриваются оптические резонансы в фотонно-кристаллических слоях, обсуждается их связь со структурой элементарной ячейки рассматриваемого слоя. Кратко изложен метод расчета резонансов в диэлектрических фотонно-кристаллических слоях, основанный на нахождении полюсов матрицы рассеяния как функции энергии. Приводятся примеры распределения резонансных электромагнитных полей. Изложен метод описания комбинированных резонансов, основанный на построении эффективной матрицы взаимодействия резонансных мод, локализованных в различных слоях комбинированной структуры. Рассматривается взаимодействие мод диэлектрической волноводной системы с локализованными плазмонными резонансами.

Литература

- [1] S.G. Tikhodeev, A.L. Yablonskii, E.A. Muljarov, *et al.*, *Phys. Rev. B*, **66**, 045102, (2002).
- [2] N.A. Gippius, S.G. Tikhodeev, A. Christ, *et al.*, *Phys. of Solid State*, **47**, 145 (2005).
- [3] N.A. Gippius, S.G. Tikhodeev, and T. Ishihara. *Phys. Rev. B*, **72**, 045138 (2005).
- [4] С.Г. Тиходеев и Н.А. Гиппиус. *УФН*, **179**, 1003 (2009).
- [5] Н.А. Гиппиус и С.Г. Тиходеев. *УФН*, **179**, 1027 (2009).
- [6] N.A. Gippius, T. Weiss, S.G. Tikhodeev, *et al.*, *Optics Express*, **18**, 7569 (2010).
- [7] T. Weiss, N.A. Gippius, G. Granet, *et al.*, *Photonics and Nanostructures-fundamentals and Applications*, **9**, 390 (2011).

Femtosecond opto-magnetism: from fundamentals to ultrafast magnetic recording

A.V. Kimel

Radboud University Nijmegen, Heyendaalseweg 135, Nijmegen, The Netherlands
Московский государственный технический университет МГТУ МИРЭА,
пр. Вернадского 78, 119454, Москва, Россия

The action of electric field of light on electronic dipoles, being the largest perturbation in physics of light-matter interaction, conserves the spin of electron.

Nevertheless, an effective optical control of magnetism becomes possible due to spin-orbit interaction. Here we review the fundamentals and recent progress in the area of femtosecond opto-magnetism.

Introduction

The ever increasing demand for faster information processing has triggered an intense search for ways to manipulate magnetically stored bits at the short time-scale. However, there are many fundamental questions concerning the mechanisms of ultrafast control of magnetism which are still poorly understood. This is mainly because an ultrashort stimulus brings a medium into a strongly non-equilibrium state where a conventional description of magnetic phenomena in terms of thermodynamics is no longer valid. Obviously, if the pulse duration is much shorter than the time of thermal equilibration in the spin system (~ 100 ps), such a pulse brings the medium into a strongly non-equilibrium state, where a conventional description of magnetic phenomena in terms of thermodynamics is no longer valid. Generation of magnetic field pulses much shorter than 100 ps and strong enough to reverse magnetization (> 1 T) is an extremely challenging technical problem. As the result the dynamics of the magnetization reversal at the sub-100 ps time-scale remains to be a very intriguing and rather unexplored area of modern magnetism. To solve the problem of generation of an ultrashort and strong pulse of effective magnetic field we suggest to employ a femtosecond laser pulse.

Results

In my lecture I will discuss how to generate such ultrashort pulses of effective magnetic field and employ these pulses for investigation of ultrafast magnetization dynamics. It will be shown that circularly polarized femtosecond laser pulses can excite and coherently control the spins in magnetic materials [1]. The effect of this optical pulse on a magnetic system was found to be equivalent to the effect of an equally short magnetic field pulse with strengths up to several Tesla. I will demonstrate that the mechanisms of magnetic switching triggered by such pulses can be very counter-intuitive. One example is illustrated in Figure 1. The figure shows single-shot magneto-optical images obtained in $(\text{Sm,Pr})\text{FeO}_3$ at different delays after excitation with a 100 fs pulse of effective magnetic field. Intuitively one expects that a magnetic domain is written during the action of magnetic field pulse. Unlike the expectations, the system hardly shows any sign of spin reorientation the first 2 ps and actual formation of a magnetic domain occurs long after the action of the field pulse [2].

Aiming to reduce the size of the recorded bit, we have investigated ultrafast all-optical magnetic recording sub-100 ps temporal and nanometer spatial resolu-

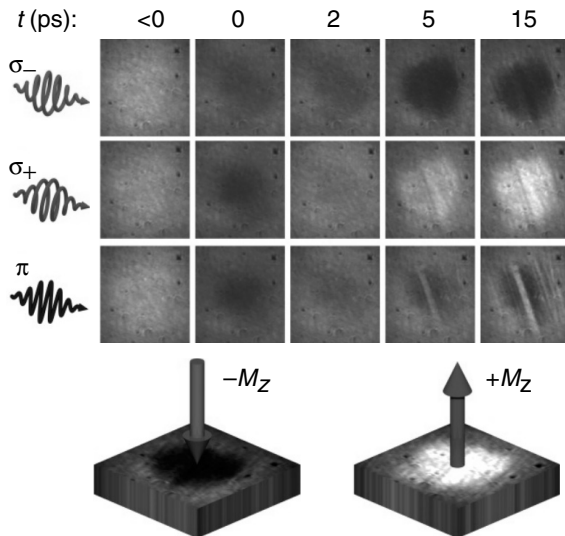


Figure 1. Writing magnetic domains with 60 fs polarized laser pulses. The out-of-plane component of the magnetization can point “up” (black) or “down” (white). Circularly polarized pulses with opposite helicities (σ^+ and σ^-) create magnetic domains with opposite orientation of the magnetization. Linearly polarized (π) pulses produce a multidomain state. Each picture shows an area of approximately $70 \times 70 \mu\text{m}^2$ [2].

tion. Using computational methods, we reveal the feasibility of nanoscale magnetic switching even for an unfocused laser pulse. This effect is achieved via structuring the sample such that the laser pulse experiences refraction and interferences resulting in its focusing into a part of the structure, the position of which can be controlled by the structure design. Time-resolved studies with the help of photo-emission electron microscopy reveal that nanoscale switching employing the focusing properties of the structure itself can be pushed into sub-100 ps regime [3].

Acknowledgements

The authors thank The Netherlands Organization for Scientific Research (NWO), the Foundation for Fundamental Research on Matter (FOM), the European Research Council Grant Agreement No. 257280 (Femtomagnetism) as well as the program “Leading Scientist” of the Russian Ministry of Education and Science (14.Z50.31.0034).

Bibliography

- [1] A. V. Kimel, A. Kirilyuk, P. A. Usachev, *et al.*, *Nature* **435**, 655 (2005).

- [2] J. de Jong, I. Razdolski, A. M. Kalashnikova, *et al.* *Phys. Rev. Lett.* **108**, 157601 (2012).
[3] L. le Guyader, M. Savoini, S. El Moussaoui, *et al.*, *Nature Communications* **6**, 5839 (2015).

Экситонная спектроскопия полупроводников методом генерации оптических гармоник

Д.Р. Яковлев

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, Россия
Experimental Physics 2, TU Dortmund University, 44221 Dortmund, Germany

Генерация оптических гармоник (второй, третьей и более высоких) является широко распространенным методом исследования электронной структуры твердых тел и их нелинейных оптических свойств. Для генерации оптических гармоник материал подвергается воздействию мощного лазерного импульса с энергией фотонов $\hbar\omega$, которые в силу оптической нелинейности генерируют сигнал на удвоенной энергии (удвоенной частоте $2\hbar\omega$), утроенной энергии (утроенной частоте $3\hbar\omega$) и более высоких энергиях. Процесс генерации является когерентным и, в силу этого, оказывается очень чувствительным к симметрии кристаллической решетки, а так же к симметрии электронных состояний участвующих в процессе генерации гармоник, к магнитной симметрии в случае магнитных материалов, и т.д. При этом зачастую генерация оптических гармоник позволяет исследовать симметричные свойства материалов и их систем, которые не доступны методам линейной оптической спектроскопии.

Полупроводниковые материалы интенсивно исследовались методом генерации оптических гармоник. Однако, в большинстве работ использовался лазер с фиксированной энергией фотона. При этом как основная так и удвоенная энергия фотонов приходилась на зону прозрачности полупроводников, т.е. были меньше энергии запрещенной зоны. Исследования при которых удвоенная энергия фотонов сканировалась вблизи запрещенной зоны, там где оптические свойства в большой степени определяются экситонными резонансами, были крайне эпизодическими.

Задачей цикла исследований, представленных в этой лекции, являлась разработка методов экситонной спектроскопии основанной на эффекте генерации второй и третьей оптических гармоник. Основной целью являлся поиск новых эффектов и выявление микроскопических механизмов ответственных за эти эффекты. Исследования проводились на большом наборе полупроводников: диамагнитных GaAs, CdTe и ZnO, полумагнитных CdMnTe и магнитных EuTe и EuSe. Использовались низкие температуры (в основном температура жидко-