

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики твердого тела

**Тема: Модуляция поляризованного оптического излучения,
взаимодействующего с магнитной жидкостью во внешнем магнитном
поле**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 411 группы

направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

код и наименование направления

факультета нано- и биомедицинских технологий

наименование факультета

Нагорнова Георгия Михайловича

фамилия, имя, отчество

Научные руководители

к.ф.-м.н., доцент

А.Э. Постельга

должность, уч. степень, уч.

подпись, дата

инициалы, фамилия

звание

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

А.В. Скрипаль

должность, уч. степень, уч.

подпись, дата

инициалы, фамилия

звание

Саратов 2020

Тема работы актуальна в настоящее время, т.к. одно из перспективных направлений - применение магнитной жидкости в качестве материала, используемого для создания сред, характеристиками которых можно управлять внешними магнитными полями. Это открывает перспективы, для создания оптоэлектронных приборов с магнитным управлением.

Целью работы является: Установление особенностей модуляции поляризованного оптического излучения, взаимодействующего с магнитной жидкостью во внешнем магнитном поле.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- проведен критический анализ литературы, посвященной процессам агломерации и взаимодействию магнитной жидкости с электромагнитным излучением оптического диапазона;
- проведен критический анализ литературы по изучению известных магнитооптических эффектов и их применению;
- создание экспериментальной установки для реализации способа модуляции интенсивности линейно поляризованного излучения полупроводниковых лазеров с различными длинами волн, проходящих сквозь магнитную жидкость, при воздействии магнитного поля и изменяющимся направлением вектора магнитной индукции;

Данная бакалаврская работа состоит из четырех разделов: введение, двух глав и заключения.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулирована цель работы, задачи, описана структура работы.

В первой главе рассмотрены свойства магнитных жидкостей и нанотрубок.

Во второй главе описывается экспериментальное изучение модуляции линейно поляризованного оптического излучения.

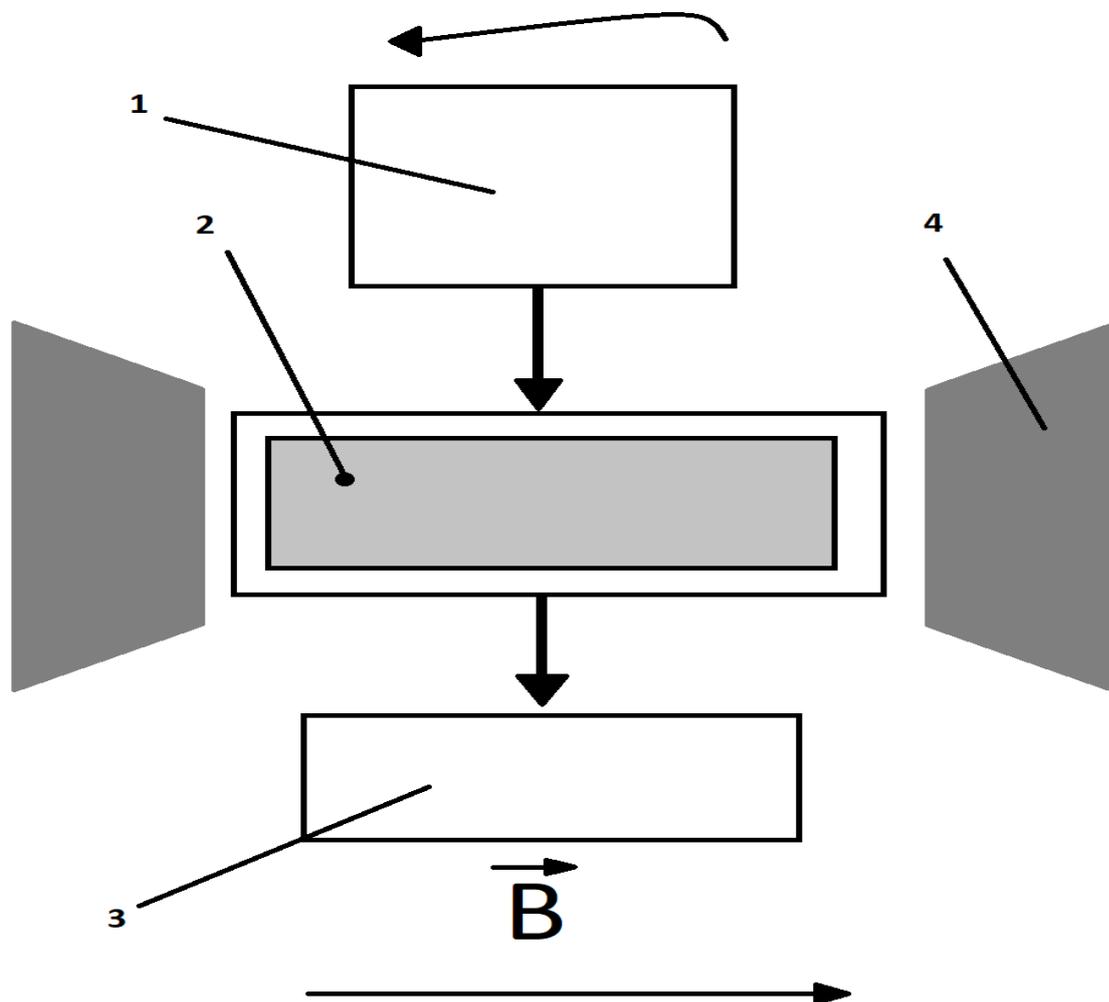


Рис1. Схема экспериментальной установки: 1 – источник лазерного излучения в нашем случае 3 разных с длинами волн $\lambda=450$ нм, $\lambda=550$ нм, $\lambda=750$ нм, 2 – ячейка с магнитной жидкостью, 3 – фотодиод, 4 – обкладки электромагнита

На рис1. показана схема Экспериментальной установка. Излучение полупроводникового лазера направлялось перпендикулярно плоскости кюветы, прошедшее через кювету излучение регистрировалось фотодиодом, сигнал с фотодиода регистрировался, оцифровывался и поступал для анализа в компьютер.

Представлены измерения зависимости напряжения на фотодиоде от угла между вектором электрического поля лазерного излучения и вектором индукции магнитного поля для суспензий с различной концентрацией

нанотрубок для трех суспензий – без них, 10 г/л, 40 г/л.

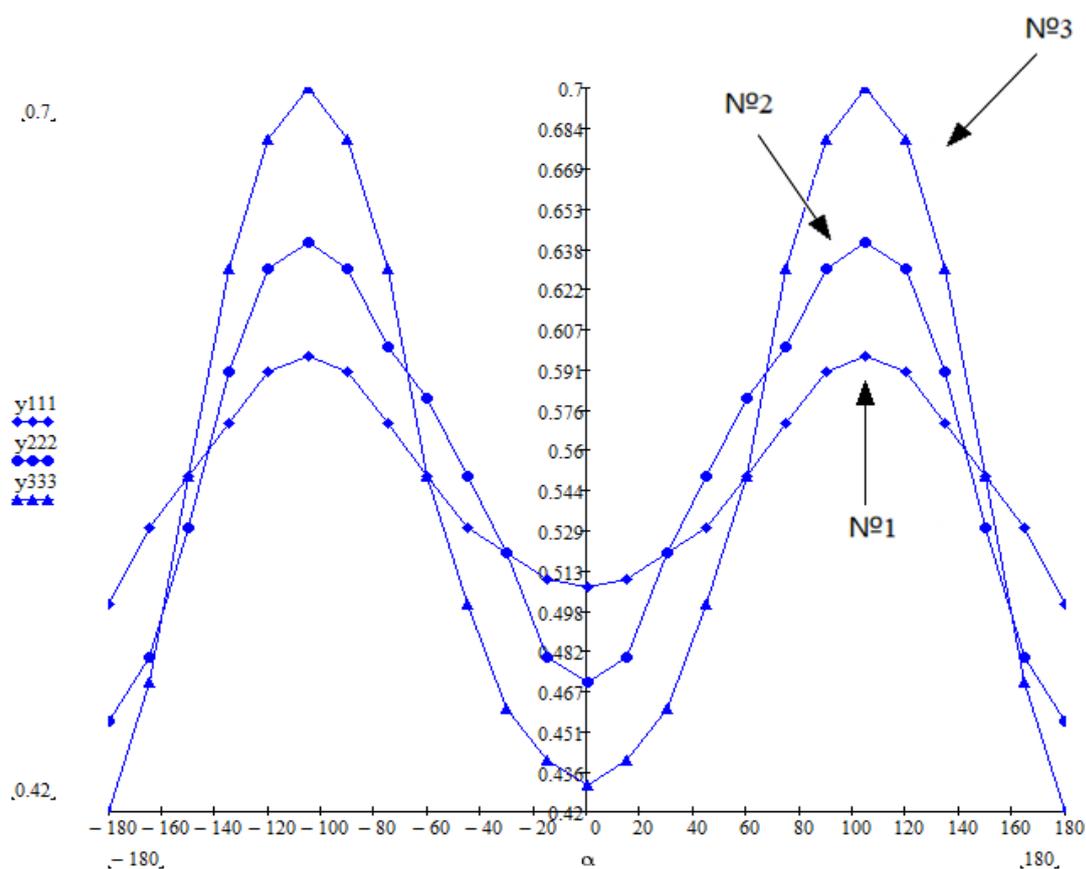


Рис2. Зависимость напряжения на фотодиоде от угла между вектором электрического поля лазерного излучения длиной волны 450 нм и вектором индукции магнитного поля для суспензий с различной концентрацией нанотрубок (№1 – суспензия без использования нанотрубок, №2 – суспензия с добавлением нанотрубок с концентрацией 10 г/л, №3 – суспензия с добавлением нанотрубок с концентрацией 40 г/л)

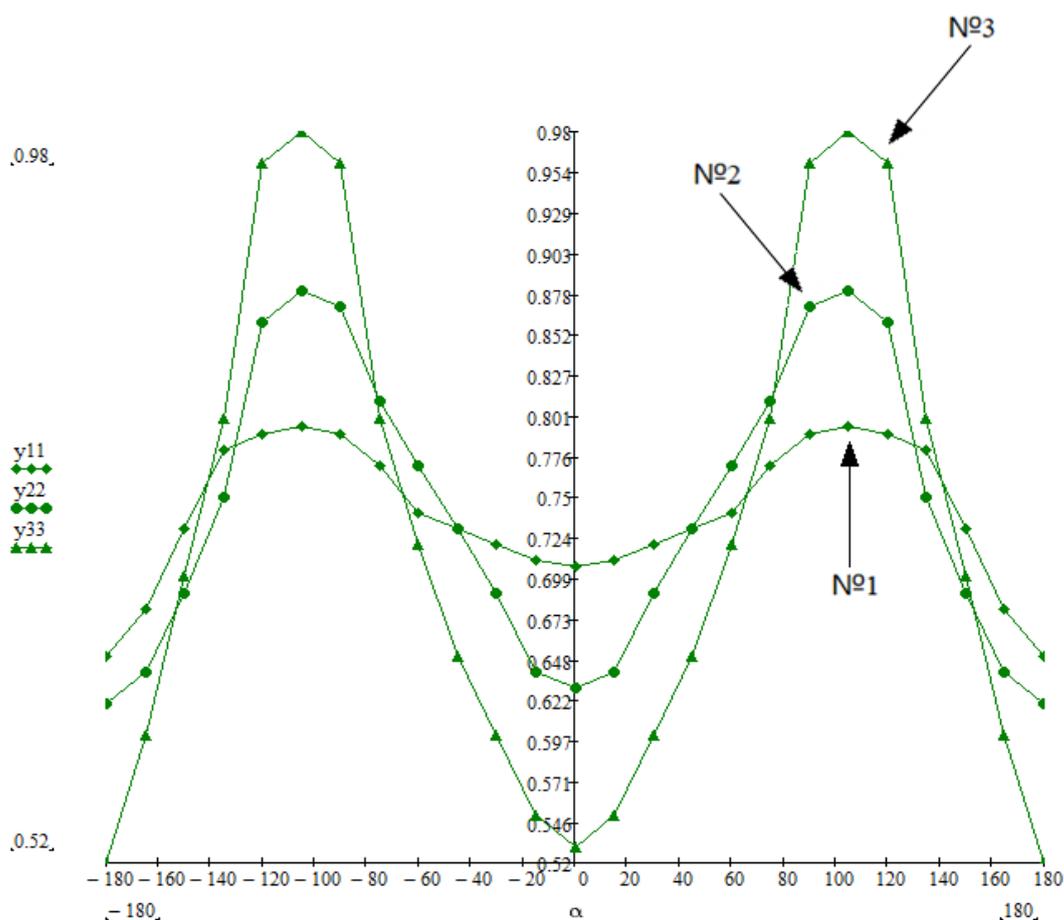


Рис3. Зависимость напряжения на фотодиоде от угла между вектором электрического поля лазерного излучения длиной волны 550 нм и вектором индукции магнитного поля для суспензий с различной концентрацией (№1 – суспензия без использования нанотрубок, №2 – суспензия с добавлением нанотрубок с концентрацией 10 г/л, №3 – суспензия с добавлением нанотрубок с концентрацией 40 г/л)

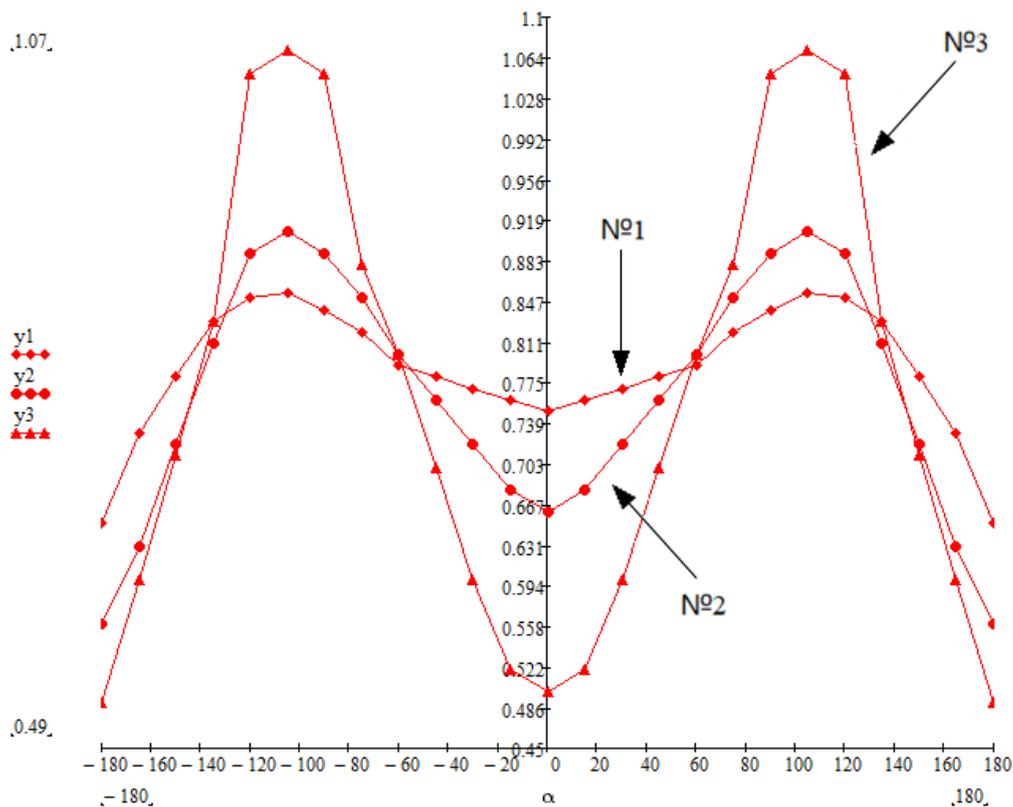


Рис4. Зависимость напряжения на фотодиоде от угла между вектором электрического поля лазерного излучения длиной волны 750 нм и вектором индукции магнитного поля для суспензий с различной концентрацией (№1 – суспензия без использования нанотрубок, №2 – суспензия с добавлением нанотрубок с концентрацией 10 г/л, №3 – суспензия с добавлением нанотрубок с концентрацией 40 г/л)

Представлена зависимость глубины модуляции от концентрации многостенных углеродных нанотрубок в суспензии магнитной жидкости при разных концентрациях, а именно без углеродных нанотрубок, с концентрацией 10 г/л и с концентрацией 40 г/л.

Максимальное взаимодействие поля с поглощающими его энергию агломератами, проявляется при параллельном отношении нитевидных агломератов. А минимальное поглощение энергии поля будет соответственно при перпендикулярном расположении агломератов.

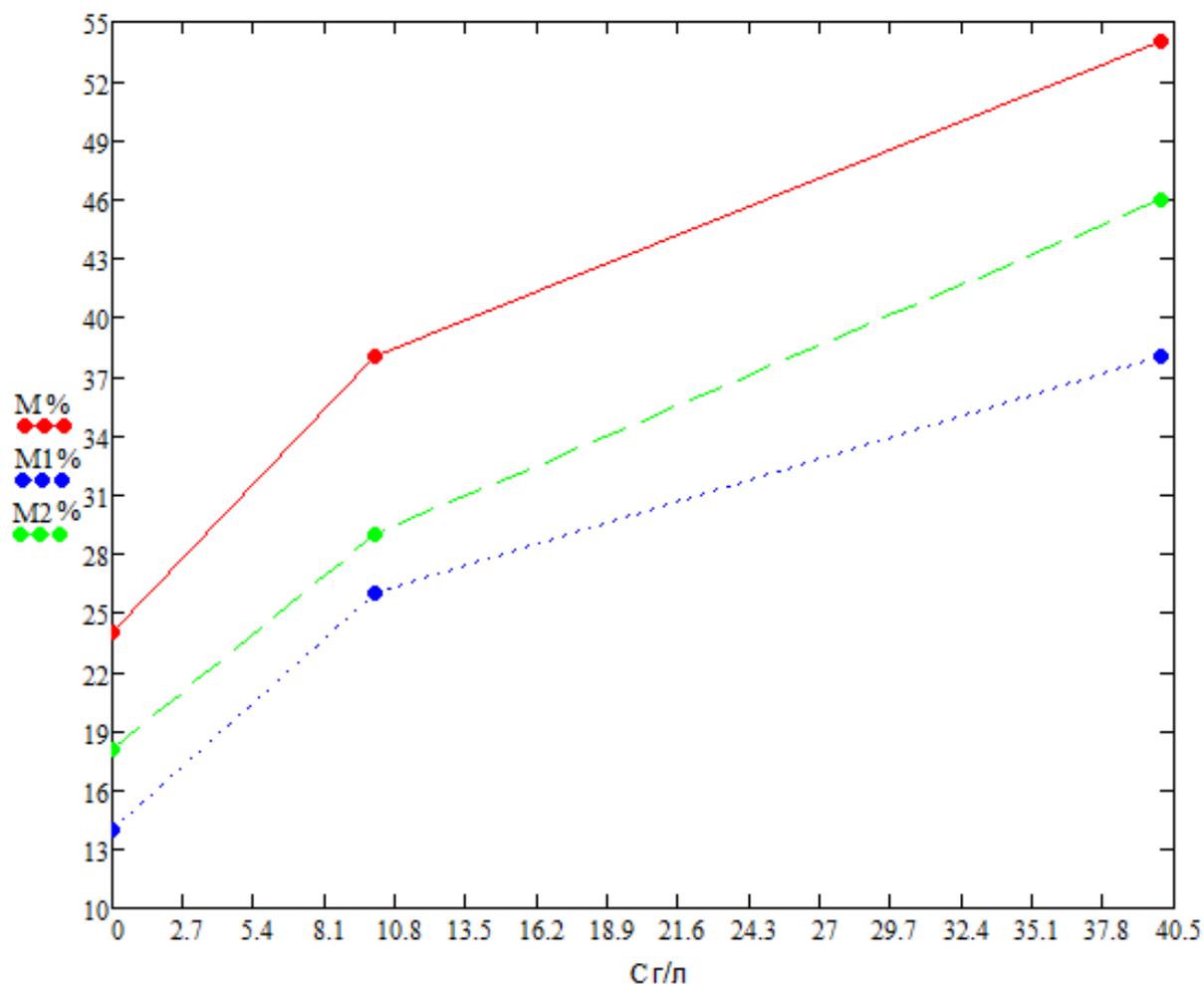


Рис5. Зависимость глубины модуляции от концентрации многостенных углеродных нанотрубок в суспензии магнитной жидкости при разных концентрациях, а именно без углеродных нанотрубок, с концентрацией 10 г/л и с концентрацией 40 г/л.

Таким образом показана возможность модуляции интенсивности линейно поляризованного оптического излучения для длин волн ($\lambda=450$ нм, $\lambda=550$ нм, $\lambda=750$ нм) при прохождении сквозь магнитную жидкость без углеродных многостенных нанотрубок и с ними в различной концентрации, при воздействии магнитного поля с изменяющимся направлением.

Использовались углеродных нанотрубки серии «Таунит», имеющими длину ~ 2 мкм, внутренний 3–8 нм и наружный диаметр 20–40 нм. Для суспензии магнитной жидкости с концентрацией нанотрубок 40 г/л

достигается глубина модуляции около 40% при $\lambda=450$ нм, около 50% с $\lambda=550$ нм и свыше 50% при $\lambda=750$ нм.

В ходе выполнения бакалаврской работы получены следующие выводы:

Экспериментально реализован метод модуляции интенсивности линейно поляризованного излучения полупроводникового лазера на квантоворазмерных структурах, проходящего сквозь суспензию магнитной жидкости с многостенными углеродными нанотрубками, при влиянии магнитного поля с изменяющимся направлением вектора магнитной индукции и с величиной, которой достаточно для образования агломератов ферромагнитных наночастиц с величиной, превышающей длину волны оптического излучения.

Установлено, что глубина модуляции интенсивности линейно поляризованного оптического излучения с длинами волн ($\lambda=450$ нм, $\lambda=550$ нм, $\lambda=750$ нм), проходящих через магнитную жидкость, при изменении направления вектора индукции магнитного поля с величиной, достаточной для формирования агломератов ферромагнитных наночастиц, увеличивается в каждом случае, для $\lambda=450$ с 14-38%, для $\lambda=550$ с 18-46% и для $\lambda=750$ с 24-54% при добавлении многостенных углеродных нанотрубок с размером ~ 2 мкм, наружным 15–40 нм и внутренним диаметром 3–8 нм с концентрацией в диапазоне 10–40 г/л.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Ермолаев С.А. Дифракция света на агломератах слоя магнитной жидкости в магнитном поле, параллельном плоскости слоя // Письма в ЖТФ. – 1997. – Т. 23. – №. 3. – С. 64–67.
2. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Бочкова, Т.С., Гаврилин В.Н., Игонин С.В. Модуляция поляризованного оптического излучения, проходящего через магнитную жидкость с нанотрубками, при воздействии магнитного поля с изменяющимся направлением // ЖТФ. – 2017. – Т. 87. – № 6. – С. 1432–1435.
3. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Бочкова, Т.С., Гаврилин В.Н., Игонин С.В. Модуляция поляризованного оптического излучения, проходящего через магнитную жидкость с нанотрубками, при воздействии магнитного поля с изменяющимся направлением // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Материалы четвертой Всероссийской научной школы–семинара / под ред. проф. Д. А. Усанова. Саратов: Изд-во «Саратовский источник». – 2017. –С.31–34.
4. Мкртчян Л. С., Закинян А.Р. , Голота А.Ф.,Ищенко В. М. Электрические свойства тонкого слоя магнитной жидкости с графитовым наполнителем в магнитном поле // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – №75. – С. 1–12.
5. Pavlova A.A., Dotsenko V.S., Suslyayev V.I. // 25–я Международная Крымская конференция "СВЧ–техника и телекоммуникационные технологии КрыМиКо2015", 6–12 сентября 2015 г. Севастополь, Крым. Россия. Т.2, секц. 8/1: Контроль и управление в технологических процессах. – С. 964–965.
6. Leona J. Felicia. Magnetorheological properties of a magnetic nanofluid with dispersed carbon nanotubes // Physical review. – 2014. –V. 89. – P.311– 319.
7. Belotelov V.I., Kreilkamp L.E., Akimov I.A., Kalish A.N., Bykov D.A., Kasture S., Yallapragada V.J., Achanta Venu Gopal, Grishin A.M., Khartsev S.I., Nur–E–Alam M., Vasiliev M., Doskolovich L.L., Yakovlev D.R., Alameh K.,

- Zvezdin A.K., Bayer M. Plasmon-mediated magneto-optical transparency // Nature Communications. – 2013. –V.4.
8. Усанов Д.А., Скрипаль А.В. Анизотропное рассеяние поляризованного света в слое магнитной жидкости // Письма в ЖТФ. – 1997. – Т.23. – №17. – С. 7– 10.
 9. Philip J., Laskar J. M. Optical Properties and Applications of Ferrofluids // Journal of nanofluids. – 2012. –V.1. – P. 3–20
 10. Horng H.E., Chen C.S., Fang K.L., Yang S.Y., Chieh J.J., Hong C.Y., Yang H.C. Tunable optical switch using magnetic fluids // Appl. Phys. Lett. – 2004. – V.85. – № 23. – P. 5592–5595.
 11. Chieh J.J., Yang S.Y., Horng H.E., Hong C.Y., Yang H.C. Magnetic–fluid optical–fiber modulators via magnetic modulation // Appl. Phys. Lett. – 2007. – V. 90. – № 13. – P. 133505–133509.
 12. Vales–Prinzon C., Alvarado–Gil J.J., Medina–Esquivel R., Martinez–Tores P. Polarized light transmission in ferrofluids loaded with carbon nanotubes in the presence of a uniform magnetic field // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2014. – V. 369. – P. 114–121.
 13. Бочкова Т.С. Особенности взаимодействия электромагнитного излучения сверхвысококачастотного и оптических диапазонов с формирующимися в магнитном поле агломератами ферромагнитных наночастиц магнитной жидкости: дис.к.ф.-м.н.- Саратов, 2019. 102-113 с.
 14. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Алтынбаев С.В. Определение параметров магнитной жидкости по температурной зависимости сверхвысококачастотного спектра отражения // ЖТФ. – 2013. – Т. 83. – №. 11. – С. 30–33.
 15. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Ермолаев С.А. Визуальное наблюдение агломератов в объеме магнитной жидкости // Письма в ЖТФ. – 1995. –Т. 21. – №.22. – С. 82–85.
 16. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Бочкова Т.С., Гаврилин В.Н. Динамика агломерации наночастиц в магнитной жидкости при изменении магнитного

поля // ЖТФ. – 2016. –Т. 86. – № 3. – С. 146–148.

17. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Бочкова Т.С., Гаврилин В.Н. Агломерация наночастиц магнитной жидкости в магнитном поле // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро– и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Материалы Всероссийской научной школы–семинара / под ред. проф. Д. А. Усанова. Саратов: Изд–во «Саратовский источник». – 2015. – С. 67– 69.