

11-30-2020

## CONTROL OF NEGATIVE MAGNETIC RESISTANCE OF SILICON WITH MAGNETIC NANOCCLUSERS USING IR-LIGHT

G Kh Mavlonov

Tashkent State Technical Universitye-mail: [giyosiddin-m@yandex.ru](mailto:giyosiddin-m@yandex.ru)

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

---

### Recommended Citation

Mavlonov, G Kh (2020) "CONTROL OF NEGATIVE MAGNETIC RESISTANCE OF SILICON WITH MAGNETIC NANOCCLUSERS USING IR-LIGHT," *Scientific-technical journal*: Vol. 3 : Iss. 5 , Article 13.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol3/iss5/13>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

## CONTROL OF NEGATIVE MAGNETIC RESISTANCE OF SILICON WITH MAGNETIC NANOCCLUSERS USING IR-LIGHT

Mavlonov G.Kh.

Tashkent State Technical Universitye-mail: [giyosiddin-m@yandex.ru](mailto:giyosiddin-m@yandex.ru)

## УПРАВЛЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕМ КРЕМНИЯ С МАГНИТНЫМИ НАНОКЛАСТЕРАМИ С ПОМОЩЬЮ ИК-СВЕТА

Мавлонов Г.Х.

Ташкентский государственный технический университете-mail: [giyosiddin-m@yandex.ru](mailto:giyosiddin-m@yandex.ru)

## ИНФРАҚИЗИЛ ЁРУҒЛИК ЁРДАМИДА МАГНИТ НАНОКЛАСТЕРЛИ КРЕМНИЙНИНГ МАНФИЙ МАГНИТОҚАРШИЛИГИНИ БОШҚАРИШ

Мавлонов Г.Х.

Тошкент давлат техника университети электрон почта: [giyosiddin-m@yandex.ru](mailto:giyosiddin-m@yandex.ru)

**Abstract.** *The paper presents experimental results of how IR-light influences negative magnetoresistance (NMR) in silicon with magnetic nanoclusters of manganese atoms. The results of experiments show that at temperature decrease there is a chance to control NMR with IR-light at  $T=200K$  where only positive magnetoresistance is observed.*

**Key words:** silicon, nanocluster, diffusion, magnetoresistance, photomagnet, spectrum, paramagnet, resonance.

*В данной работе приводятся экспериментальные результаты исследования влияния ИК-излучения на отрицательное магнитосопротивление (ОМС) в кремнии с магнитными нанокластерами атомов марганца. Результаты исследования показывают, что при понижении температуры увеличивается возможность управления ОМС с помощью ИК-излучения, при  $T=200$  К наблюдается только положительное магнитосопротивление.*

**Ключевые слова:** кремний, нанокластер, диффузия, магнитосопротивления, фотоманит, спектр, парамагнит, резонанс.

В отличие от других полупроводниковых материалов, легированных парамагнитными примесными атомами [1-3], кремний с нанокластерами атомов марганца обладает при комнатной температуре аномально высоким отрицательным магнитосопротивлением (ОМС) [3]. В работах [5, 6] было показано, что можно управлять значением ОМС в широком интервале с помощью внешнего электрического поля и температуры, а также варьируя электрические параметры образцов Si<B,Mn>. Большой практический интерес представляет исследование влияния ИК-света на характер изменения магнитосопротивления (МС) материала Si<B,Mn>. Такие исследования не только позволяют управлять значением МС образцов в ИК области, но и дают возможность создать новый класс более чувствительных фотоманитных приборов на их основе. Анализ литературных исследований свидетельствует, что влияние ИК – света на магнитные свойства и особенно на ОМС не достаточно изучено. В работе [7] авторы показали, что фотопроводимость в структурах Si:В с блокирующим слоем в зоне проводимости существенно зависит от фонового света. Зависимость фотопроводимости от магнитного поля в этом случае наблюдалась при температуре  $T=4,2-9$  К и значении магнитного поля  $B=0-30$  Тл. Для измерения влияния ИК света на МС была создана специальная установка на основе ИКС-21, позволяющая

варьировать электрическое и магнитное поле, температуру, а также длину волны ИК излучения и ее мощность. Чтобы предотвратить попадание фонового и собственного света в окне криостата, а также после глобара ИКС-21 были использованы фильтры из полированного кремния толщиной  $d=400$  мкм.

Интенсивность монохроматического света, в процессе исследования спектральной зависимости ФП поддерживалась постоянной  $J=10^{-5}$  Вт/см<sup>2</sup> и при необходимости изменялась с помощью калибровочных сеток установленных между глобаром и окошком ИКС-21.

Для получения образцов кремния содержащих нанокластеры с необходимой концентрацией в качестве исходного материала был использован монокристаллический кремний  $p$ - типа с удельным сопротивлением  $\rho=3$  Ом·см ( $p=7 \cdot 10^{15}$  см<sup>-3</sup>).

Легирование кремния марганцем проводилось по разработанной технологии [8]. Условия легирования выбирались таким образом, чтобы получить образцы с уровнями Ферми лежащими в интервале  $F=E_V+(0,25 \div 0,48)$  эВ при  $T=300$  К. Все образцы имели  $p$ -тип проводимости.

Методом электронного парамагнитного резонанса, атомной силовой микроскопии, а также рентгеноструктурного анализа были исследованы состояние, структура и состав таких нанокластеров в решетке кремния [9-12]. Установлено, что нанокластеры состоят из 4х заряженных атомов марганца, которые находятся в ближайших междоузельных положениях вокруг отрицательно заряженного атома бора [9-11].

На рис. 1 показана зависимость ОМС образцов  $p$ -типа кремния с магнитными нанокластерами при различных энергиях фотонов.

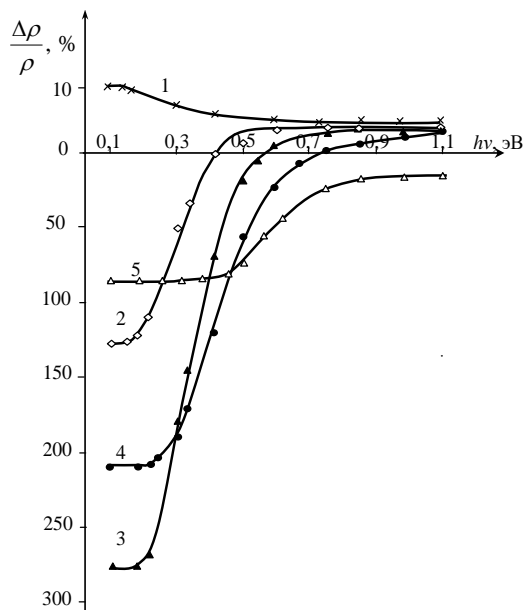


Рис. 2. Спектральная зависимость МС в образцах  $p$ -Si<B,Mn> с  $F=E_V+0,37$  эВ при различных температурах 1-200 К; 2-222 К; 3-238 К; 4- 260 К; 5- 300 К.

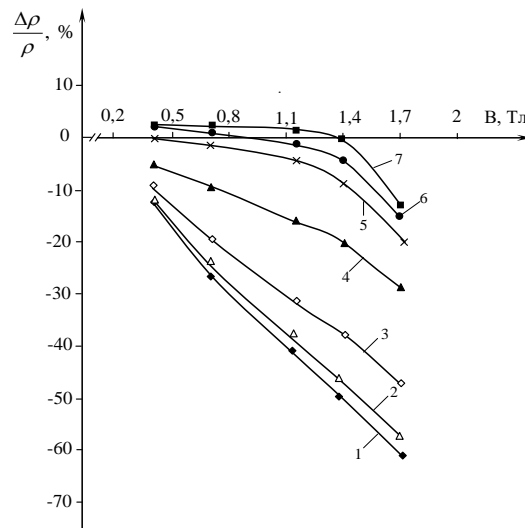


Рис. 1. Зависимости ОМС образцов кремния с магнитными нанокластерами при различных энергиях фотонов: 1) в темноте, 2)  $h\nu=0,5$ эВ; 3)  $h\nu=0,62$  эВ; 4)  $h\nu=0,73$  эВ; 5)  $h\nu=0,85$ эВ; 6)  $h\nu=0,96$  эВ; 7)  $h\nu=1,08$  эВ.

Результаты показывают, что в темноте в интервале энергии ИК- света от 0,5 до 0,73 эВ, с увеличением магнитного поля, значение ОМС почти линейно увеличивается, а с увеличением энергии фотонов значение ОМС уменьшается и сохраняется линейная зависимость от магнитного поля. Как видно из рис.1, при  $h\nu=0,85$ , значение ОМС начинается с минимального значения, и затем разделяется на два участка от 0,4 до 1,2 Тл медленно линейно увеличивается, при дальнейшем увеличении магнитного поля наблюдается ускорение увеличения, а от  $h\nu=0,96$  до 1,08 эВ сначала наблюдается положительное магнетосопротивление (ПМС) с увеличением магнитного поля, значение ПМС линейно уменьшается, а затем происходит инверсия знака МС от ПМС к ОМС. Результаты показали, что магнитное поле также стимулирует ОМС.

На рис.2 представлена показана спектральная зависимость МС образцов при

На рис.2 представлена показана спектральная зависимость МС образцов при

различных температурах. Как видно при  $T \leq 200$  К во всей области спектра ИК- излучения, в образцах наблюдается небольшое положительное магнитосопротивление (ПМС) значение которого с ростом энергии падающих фотонов слабо и монотонно уменьшается (кривая -1). При  $T > 200$  К влияние ИК- излучения на ОМС начинается с  $h\nu = 0,2$  эВ, с повышением энергии падающих фотонов ОМС резко уменьшается и при  $h\nu = 0,42$  эВ происходит инверсия знака МС, т.е. ОМС переходит в небольшое ПМС. С повышением температуры до  $T = 280$  К, энергия фотонов при которой начинается уменьшение ОМС смещается от  $h\nu = 0,2$  эВ до  $h\nu = 0,35$  эВ. А энергия фотонов ИК- излучения при которой происходит инверсия знака МС, смещается в сторону более высоких значений (крив. 3, 4).

При комнатной температуре (кривая-5) во всех исследуемых спектральных областях в образцах наблюдается только ОМС, его значение также с увеличением энергии падающих фотонов уменьшается.

Полученные результаты показывают, что при одновременном воздействии температуры и ИК- света, можно не только управлять значением ОМС, но и его температурной областью существования, а также значением температуры при которой происходит инверсия знака МС.

#### References

- [1] Forlov G.I., Bachina O.I., Zavyalova M.M., Ravochkin S.I // JTF. 2008. T.78. V.8. S. 101-106.
- [2] Moiseev K.D., Lesnikov V.P., Podolskiy V.V., Kudriavtsev Yu., Kudriavtseva O., Escobosa A. i dr. // FTP. 2011. T. 45. V. 6. S. 788–793.
- [3] Prischepa, S.L., Komissarov, I.V // Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures 2020., Vol. 117., 10.1016/j.physe.2019.113790
- [4] Baxadirxanov M.K., Mavlonov G.X., Ayupov K.S., Isamov S.B. // FTP, 2010, T. 44, №9, str. 1181-1184.
- [5] Bakhadyrkhanov M.K., Mavlonov G.Kh., and Iliyev Kh.M. // Technical Physics, 2014, Vol. 59, No. 10, pp. 1556-1558.
- [6] Baxadirxanov M.K., Ayupov K.S., Iliyev X.M., Mavlonov G.X., Sattarov O.E. // PJTF, 2010 g. T.36, V.16.S.11-18.
- [7] Aronzon B.A., Drachenko A.N i dr. // FTP. 2006. T. 40. V. 7. S.819-823.
- [8] Baxadirxanov M. K., Mavlonov G. X., Isamov S. B. i dr. // NEORGANICHESKIE MATERIALI, Moskva. 2011, tom 47, № 5, s. 545–550.
- [9] Ludwig G.W., Woodbury H.H., Carlson R.O. // J.Phys.Chem. Sol., 1959. V.8. P.490.
- [10] Fistul V.I., Kazakova V.M., Bobrikov Yu.A., Ryabtsev A.V., Abduraxmanov K.P., Zaynabidinov S., Kamilov T.S., Utamuradova SH.B.. // FTP. 1982. T. 16. V.5. S. 939-941.
- [11] Kreissl J., Gehlhoff W. // phys.stat.sol. 1988. V.145 (b). P. 609-616.
- [12] Yunusov Z. A., Yuldashev Sh. U., Igamberdiev Kh. T., Kwon Y. H., Kang T. W., Bakhadyrkhanov M. K., Isamov S. B. and Zikrillaev N. F. // Journal of the Korean Ph