

11-20-2020

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

G. Kh. Mavlonov

Tashkent State Technical University, 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. 24 : Iss. 5 , Article 14.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol24/iss5/14>

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.

CONTROL OF NEGATIVE MAGNETIC RESISTANCE OF SILICON WITH MAGNETIC NANOCLUSTERS USING IR-LIGHT

Mavlonov G.Kh.

Tashkent State Technical Universitye-mail: 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

ИНФРАҚИЗИЛ ЁРУҒЛИК ЁРДАМИДА МАГНИТ НАНОКЛАСТЕРЛИ КРЕМНИЙНИНГ МАНФИЙ МАГНИТОҚАРШИЛИГИНИ БОШҚАРИШ

Мавлонов Г.Х.

Тошкент давлат техника университети электрон почта: 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 $Si\langle V, Mn \rangle$. Большой практический интерес представляет исследование влияния ИК-света на характер изменения магнитосопротивления (МС) материала $Si\langle V, Mn \rangle$. 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 $Si:V$ 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/см² 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⁻³).

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.

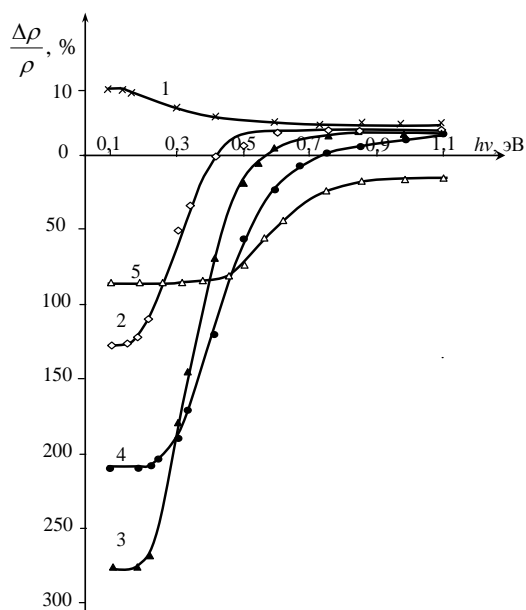


Рис. 2. Спектральная зависимость МС в образцах p -Si<B,Mn> с $F=E_V+0,37$ эВ при различных температурах 1-200 К; 2-222 К; 3-238 К; 4- 260 К; 5- 300 К.

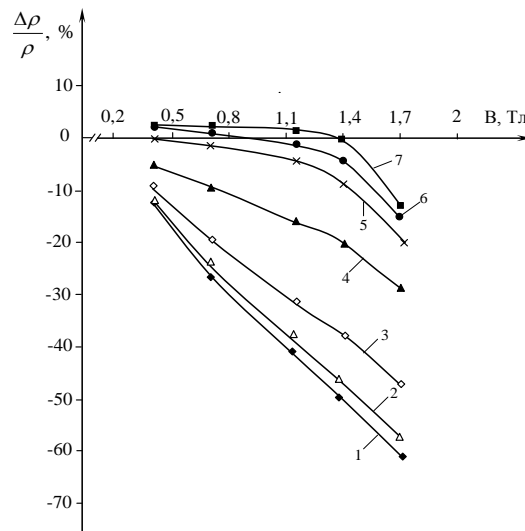


Рис. 1. Зависимости ОМС образцов кремния с магнитными нанокластерами при различных энергиях фотонов: 1) в темноте, 2) $h\nu=0,59$ эВ; 3) $h\nu=0,62$ эВ; 4) $h\nu=0,73$ эВ; 5) $h\nu=0,85$ эВ; 6) $h\nu=0,96$ эВ; 7) $h\nu=1,08$ эВ.

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

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