

## СОЗДАНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С НАНОКЛАСТЕРАМИ ДЛЯ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ

Абдураззаков Ж.Т., Исаев Ф.Ф.

Ташкентская медицинская академия, Ташкентский государственный  
технический университет

### АННОТАЦИЯ

Показано, что кремний с нанокластерами атомов марганца обладает уникальными электрическими свойствами, которые отсутствуют в обычных легированных полупроводниковых материалах. Образцы выявили аномально высокую примесную фоточувствительность в области  $\lambda=1-4$  мкм. Найдены оптимальные электрофизические параметры образцов. Полученные результаты показывают, что действительно кремний с многозарядными нанокластерами марганца является уникальным материалом.

**Ключевые слова:** кластеры марганца, квантовый выход, кремний, фотопроводимость, энергии, фотоэлемент.

В современных оптоэлектронных устройствах широко используются лавиннопролетные р-і-n диоды. Однако технология изготовления таких диодов достаточно сложная, так же эти диоды в основном работают в области  $\lambda=1-3$  мкм. Поэтому представляет большой практический интерес создание электронных приборов заменяющих данные диоды и работающих в области  $\lambda=1-9$  мкм [1, 2, 3].

Интересным научным и практическим объектом исследования является использование кремния с многозарядными нанокластерами атомов марганца. При определенных условиях легирования кремния (когда имеется  $N_B \sim 1/2 N_{Mn}$ ) [4, 5], в решетке формируются нанокластеры, которые состоят из 4-х дважды ионизированных атомов марганца ( $Mn^{++}$ ), данные дважды ионизированные атомы марганца присутствуют в ближайших междоузлиях вокруг отрицательного атома бора –  $[(Mn)^{+8}_4B^{-1}]^{+7}$ .

При выполнении условия  $p \ll N_k, N_B$  ( $p$  – концентрация дырок,  $N_k$  – концентрация кластеров,  $N_B$  – концентрация ионизированных атомов бора) вокруг таких кластеров происходит модуляция зон. В результате этого создаётся ряд энергетических состояний, лежащих в определенном интервале энергии  $\Delta E$ . Спектральная зависимость фотопроводимости показала, что в интервале ИК-

излучения с  $\lambda=4-9$  мкм не только фоточувствительность образцов, но и спектральная область фотопроводимости существенно зависят от приложенного электрического поля.

На рисунке 1 представлены результаты исследования, как видно с увеличением приложенного электрического поля от 1 до 3 В/см не только существенно растет значение фототока в исследуемой области спектра, но и происходит смещение начала фотоответа от  $h\nu=0,22$  эВ до  $h\nu=0,2$  эВ, а при использовании электрического поля  $E=10$  В/см наблюдается эффект, соответствующий эффекту в p-i-n диодах, начало фотоответа смещается до  $h\nu=0,15$  эВ, т.е. до  $\lambda=8$  мкм, в отличие от p-i-n диодов он наблюдается в образцах кремния с многозарядными кластерами атомов марганца размером  $V=8\times4\times1\text{мм}^3$  p-типа с  $\rho=5\cdot 10^3$  Ом·см при  $T=300$  К. И при малых  $E=1\div 10$  В/см коэффициент усиления значительно выше, чем у p-i-n диодов. Важно отметить, что при таких малых значениях электрического поля происходит усиление фототока в области  $\lambda=3,5-9$  мкм, что невозможно получить в p-i-n диодах.

В результате исследования было установлено, что если подобрать оптимальные параметры образцов они могут работать как p-i-n диоды с большими функциональными возможностями в интервале  $\lambda=1,5\div 8$  мкм. Разработанная технология изготовления образцов с многозарядными нанокластерами марганца отличается простотой и высокой воспроизводимостью. На рисунке 2 представлено значение квантового выхода образцов в исследуемой области спектра.

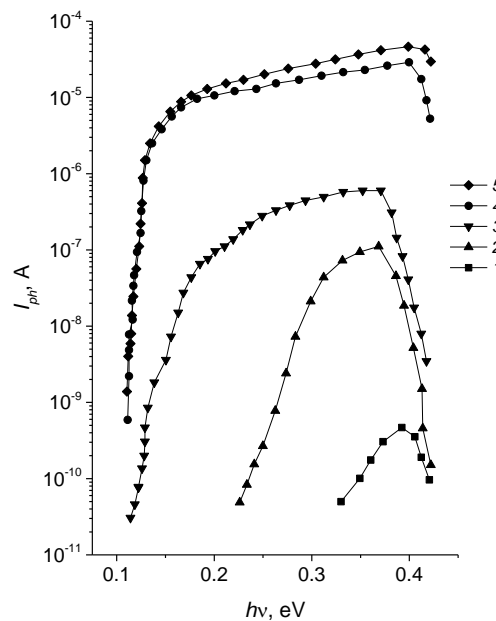


Рисунок 1 – спектральная зависимость фотопроводимости кремния с нанокластерами атомов марганца.

1 – 1 В, 2 – 3 В, 3 – 10 В, 4 – 30 В, 5 – 40 В.

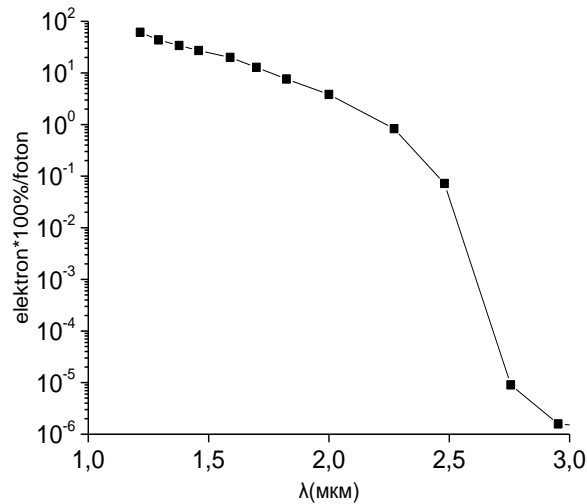


Рисунок 2 – Спектральная зависимость квантового выхода образцов кремния

l=1,2-3 мкм.

Как видно значение квантового выхода образцов кремния с нанокластерами атомов марганца в области  $\lambda=1,2-3$  мкм значительно больше, чем в лавиннопролётных p-i-n диодах. Как показывают расчеты, эта величина достигает 83 % при достаточно низких значениях электрического поля.

Полученные результаты показывают, что действительно кремний с многозарядными нанокластерами марганца является уникальным материалом. Кремний с многозарядными нанокластерами атомов марганца может найти применение в различных областях, в том числе в фотонике, электронике и солнечных элементах. Это может быть полезно при создании более эффективных фотоприемников и фотоэлементов для использования в различных устройствах, включая солнечные панели, оптические датчики и камеры. Более тщательное изучение кремния с многозарядными нанокластерами атомов марганца может привести к разработке новых технологий и устройств, которые будут более эффективными и экономичными.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Bakhadyrkhanov M.K., Tachilin S.A. Quantometers of Solar IR Radiation Based on Silicon with Multicharged Nanoclusters of Magnesium Atoms // Applied Solar Energy, USA. 2012, Vol. 48, No. 1, pp. 55-57.
2. Абдураззоков Ж.Т., Абдуллаева Н.У. Использование компьютерных технологий при изучении электроники в области биомедицины. Russia: Международный научно-образовательный электронный журнал «ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ».-В.169-176.
3. Kreissl J., Gehlhoff W. Electron Paramagnetic Resonance of the Cluster in Silicon. Phys. Status Solidi. B. V. (1988) 145. P. 609.
4. Аскарлов Ш.И., Бахадирханов М.К., Мастеров В.Ф., Штельмах В.Ф. Исследование методом ЭПР межпримесного взаимодействия серы и марганца в кремнии. ФТП. (1982) Т.16. №7. С.1308-1310.
5. Kreissl J. and Gehlhoff W. Trigonal manganese cluster in silicon: An electron-paramagnetic-resonance study. Physical Review B, (1994) V 49, N 15, 10307–10317.