

**GaAs_{1-δ}Bi_δ kvant o'rali (ZnSe)_{1-x}(Ge₂)_x qattiq qorishmaning fotoelektrik xossalari****A.Y.Boboyev**Z.M.Bobur nomidagi Andijon davlat
universiteti. Andijon, O'zbekiston**I.M.Soliyev**

Andijon davlat pedagogika instituti. Andijon, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada turli xil nanokiritmalarga ega bo'lgan **GaAs_{1-δ}Bi_δ** kvant o'rali **(ZnSe)_{1-x}(Ge₂)_x** qattiq qorishmaning fotoelektrik xossalarini tadqiq etish bo'yicha o'tkazilgan eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan. Mazkur geterotuzilmaning yorug'likka sezuvchanlik foton energiyasi 1,61; 1,97 va 2,63 eV da uchta asosiy pik bilan tavsiflanadi. Spektrlarning batafsil tahlili shuni ko'rsatdiki, maksimal intensivlikka ega bo'lgan o'rta pik murakkab tuzilishga ega bo'lib, bu esa 2,1 ÷ 2,3 eV energetik oralig'ida qo'shimcha, to'rtinchi pikni aniqlash imkonini berdi. Aniqlangan piklar plyonka subkristallitlari chegaralarida hosil bo'lgan germaniy nanokristallari energetik spektrlari, shuningdek epitaksial qatlamning sirtga yaqin sohasida hosil bo'lgan GaAs_{1-δ}Bi_δ kvant o'ralari bilan mos keladi.

Kalit so'zlar: spektral fotosensitivlik, qo'shimcha atom (primyess), qattiq eritma, atom birikmasi, geterotuzilmalar, nanokristall, kvant qudug'i.

Kirish.

Energetika rivojlanishi energiya olishning ekologik toza texnologiyalarini yaratishga bo'lgan qiziqishning sezilarli ortishiga olib keldi. Shu munosabat bilan hozirgi kunda yangi samarali quyosh elementlarini yaratishga qaratilgan fotoelektrik o'zgartirgichlarni ishlab chiqish masalalari dolzarb hisoblanadi [1]. Ma'lumki, eng samarali quyosh elementlari AIII–BV va AII–BVI birikmalari asosidagi yarimo'tkazgichli qattiq



eritmalaridan tayyorlanadi. Yarimo'tkazgichli quyosh elementlari yordamida energiya o'zgartirishda fundamental muammolardan biri subzona va naddona fotonlarni yutish, shuningdek tok tashuvchilarni termalizatsiya jarayonlari bilan bog'liq yo'qotishlarni kamaytirishdir [2].

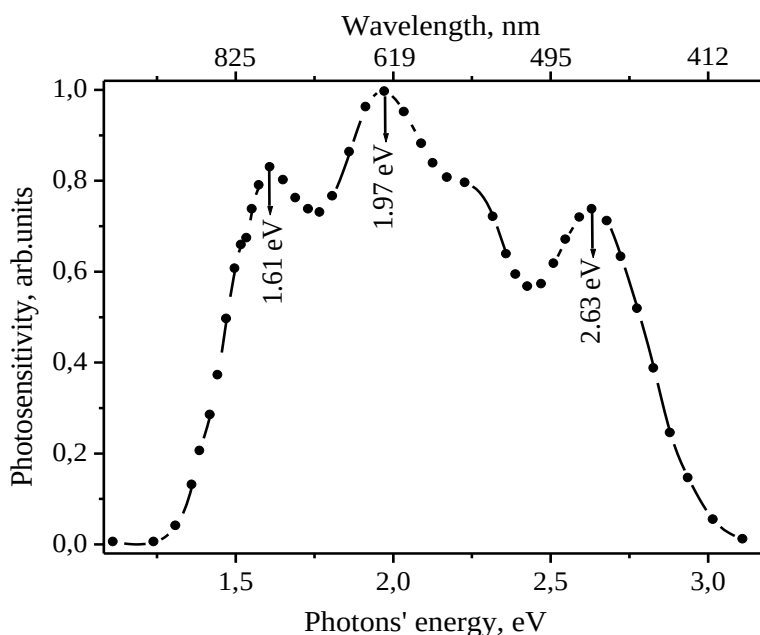
Ma'lumki, ko'p komponentli vari-zona quyosh elementlari samaradorlik, barqarorlik va elektron qurilmalarning uzoq muddatli ishlashini oshirish maqsadida qo'llaniladi, bu esa istiqbolli quyosh energetikasini rivojlantirishda muhim omil hisoblanadi [3, 4]. Vari-zona materiallar an'anaviy quyosh elementlari materiallariga nisbatan bir qator ustunliklarga ega, ammo ularni ishlatish va modifikatsiya qilishda hisobga olinishi lozim bo'lgan ayrim kamchiliklar ham mavjud [5,6]. Shu munosabat bilan GaAs/Ge/ZnSe hamda GaAs/Si/ZnSe ko'p komponentli geterotuzilmalar asosidagi vari-zona quyosh elementlarini yaratish katta qiziqish uyg'otadi.

Ushbu ishning maqsadi suyuq fazali epitaksiya usuli yordamida o'stirilgan n-GaAs – p-(ZnSe)_{1-x-y}(Ge₂)_x(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_y geterotuzilmalarining fotoelektrik xossalarini tadqiq qilishdan iborat.

Eksperimental natijalar va ularning muhokamasi

GaAs asosidagi tuzilmalar tarkibida ZnSe va Ge yarimo'tkazgich birikmalari aralashmalarining fotoelektrik effektga ta'sirini aniqlash maqsadida n-GaAs-p-(ZnSe)_{1-x-y}(Ge₂)_x(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_y tipidagi geterotuzilmalar fotosensitivligining spektral xarakteristikalarini tadqiq qilindi. 1-rasmda tadqiq qilingan geterotuzilmalarning fotosensitivligi spektral bog'liqligi keltirilgan.

1-rasmdan ko'rinib turibdiki, n-GaAs-p-(ZnSe)_{1-x-y}(Ge₂)_x(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_y geterotuzilmalarining fotosensitivlik spektral sohasi keng diapazonni 1,2 eV dan 3,1 eV gacha bo'lgan nurlanish energiyalarini — qamrab oladi. Spektral xarakteristikalar uchta aniq pikka ega bo'lib, ular foton energiyasi 1,61; 1,97 va 2,63 eV da maksimumga ega, shuningdek 2,1–2,3 eV sohasida plato kuzatiladi. Fotosensitivlik spektrining uzun to'liqlik cheti 1,3; 1,4 va 2,045 eV foton energiyalaridagi pikalarning superpozitsiyasi natijasida hosil bo'ladi.



1-rasm. $n\text{-GaAs} - p\text{-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$
geterotuzilmasining fotosensitivlik spektri.

Ge_2 juft atomlari hamda Ga–Ge, As–Bi va Ge–Bi kovalent bog‘lari turli xil nanonuksonlar (nanodefektlar)ni hosil qiladi [7–9]. Bunday nuqsonlar $(\text{ZnSe})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$ qattiq eritmasining taqiqlangan zonasining pastki qismida, asosan, lokalizatsiyalangan turli xil qo‘shimcha energetik sathlarni hosil qilishi mumkin [10].

Shuni ta’kidlash kerakki, tadqiq qilingan geterotuzilmalar komponentlari turli nisbatdagi $\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta$ va Ge_2 , $\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta$ va ZnSe , shuningdek Ge_2 va ZnSe molekulalaridan tashkil topgan qattiq eritmalaridir. Ushbu molekulalarni tashkil etuvchi atomlarning kovalent radiuslari va panjara parametrlaridagi farqlar 0,2 % dan oshmaydi [11]. Shunday qilib, $n\text{-GaAs-p-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$ ning spektral sezgirligining uzun to‘lqinli soha tomon siljishi, asosan $(\text{ZnSe})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$ qattiq eritmasining tor zonali komponentlari Ge_2 va $\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta$ ga bog‘liq.

Xulosa

Shunday qilib, Ge va $\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta$ bilan boyitilgan tor polosali qatlam taglik va plyonkaning yuzaga yaqin qismi orasida hosil bo‘ladi. Tadqiq qilingan $n\text{-GaAs-p-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$



$x-y(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$ γ geterotuzilmasining foto sezgirlik spektrida foton energiyalari 1,61; 1,97 va 2,63 eV bo‘lgan uchta cho‘qqi, shuningdek, $2,1 \div 2,3$ eV oralig‘ida “polka” kuzatildi. Foto sezgirlik spektrining uzun to‘lqinli cheti 1,3; 1,4 va 2,045 eV energiyali cho‘qqilarning superpozitsiyasi natijasida shakllanadi.

Ta’kidlash joizki, geterotuzilma komponentlari ikki komponentli molekularlar asosidagi (GaAs va Ge_2 ; GaAs va ZnSe; Ge_2 va ZnSe) turli tarkibli qattiq eritma ko‘rinishida hosil bo‘ladi. Tadqiq qilingan komponentlarning kovalent radiuslari va panjara parametrlari farqi 0,2 % dan oshmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

- [1] Блохин С.А., Сахаров А.В., Надточий А.М. и др. Фотоэлектрические преобразователи AlGaAs/GaAs с массивом квантовых точек InGaAs. *Физика и техника полупроводников*. 2009, том 43, № 4, с. 537-542; DOI: 10.1134/S1063782609040204
- [2] Андреев В.М., Хвостиков В.П., Ларионов В.Р. и др. Высокоэффективные концентраторные (2500 солнц) AlGaAs/GaAs-солнечные элементы. *Физика и техника полупроводников* 1999, том 33, №. 9, с.1070-1072.
- [3] Масафуми Ю., Фрэнк Д., Гейс Ф., Николас Дж. Многопереходные солнечные элементы прокладывают путь к сверхвысокой эффективности, *Журнал прикладной физики*. 2021, том.129, с. 240901; <https://doi.org/10.1063/5.0048653>
- [4] Gui J.L., Jingfeng B., Minghui S., Jianqing L., Weiping X., Meichun H. III-V Multi-Junction Solar Cells. *Optoelectronics – Advanced Materials and Devices*. 2013, Chapter 18, p. 446-450. DOI: 10.[5772/50965](https://doi.org/10.5772/50965)
- [5] Kunrun Lu. Comparison and Evaluation of Different Types of Solar Cells. *Applied and Computational Engineering* 2023, Vol. 23, Iss.1, p. 263-270; DOI:10.54254/2755-2721/23/20230664



- [6] Anup B., Bishweshwar P., Gunendra P. O., Jiwan A., Mira P., Prem S.S. Novel Materials in Perovskite Solar Cells: Efficiency, Stability, and Future Perspectives. *Nanomaterials*, 2023, Vol. 13, Iss. 11, p. 1724; <https://doi.org/10.3390/nano13111724>
- [7] Зайнабидинов С., Саидов А., Бобоев А., Усмонов Дж. Особенности свойств поверхности твердого раствора полупроводника $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ с квантовыми точками ZnSe. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*, 2021, том. 15, № 1. С. 94-99, DOI: 10.1134/S102745102101016X
- [8] Alfimova D.L., Lunin L.S., Lunina M.L. [Growth and properties of \$\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}_z\text{As}_{1-x-z}\text{Bi}_x\$ solid solutions on GaP substrates.](#) *Inorganic Materials* 2014, vol. 50, no 2, p. 113-119; DOI: 10.1134/S0020168514020010
- [9] [Priyanka V.](#), [Balbir S.P.](#), [Nagesh T.](#) Synthesis and investigation of topological behavior and structural modification in Se-Te-Ge-Bi nanostructured alloys. *Applied Surface Science Advances* 2022, Vol. 8, p. 100220; <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2022.100220>
- [10] Зайнабидинов С.З., Саидов А.С., Бобоев А.Й., Абдурахимов Д.П. Структура, морфология и фотоэлектрические свойства $\text{n-GaAs-p-(GaAs)}_{1-x}(\text{Ge}_2)_x$ гетероструктуры. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана Сер. Естественные науки*, 2022, №1, с. 72-87. DOI: 10.18698/1812-3368-2022-1-72-87.
- [11] Li, D.C., Yang, M., Zhao, S.Z., Cai, Y.Q., Feng, Y.P. First principles study of Bismuth alloying effects in GaAs saturable absorber. *Opt. Express* 2012, Vol. 20, p. 11574–11580;