

Suv Bug' Reaksiyasi Bilan Gaas Epitaksial Qatlamlarning O'stirish Texnologiyalari

*Usmonov Jafar Isroilovich*¹

Annotatsiya: Biz taklif qilayotgan tadqiqot ishi GaAs ning suv bug' reaksiyasi bilan parchalanishini batafsil o'rganamiz va bu reaksiyaga asoslangan epitaksial qatlamlarning o'sish texnikasini, o'sish tezligini va har bir soniyalarda bir necha nm ga o'sishi mumkinligini ko'rsatamiz. Bu yarim izolyatsiyalovchi va qalin epitaksial qatlamlarni ishlab chiqarishga iqtisodiy imkoniyatlari yaxshilanadi. Bu qatlamlar yuqori quvvatli elektronika, fotodetektor va mikroelektronika (bir biriga elektrofizik xususiyatlari juda yaqin yarim izolyatsion qatlamlarni ishlab chiqarish) kabi turli sohalarida foydalanishga imkon beruvchi elektron qurilmalarni (fotoelementlar) yaratish mumkinligini tajribalar orqali aytib o'tamiz.

Kalit so'zlar: Yarim o'tkazgich, epitaksiya, taglik, gofret, buffer, Choxral usul, reaktiv, kirishma, o'stirish.

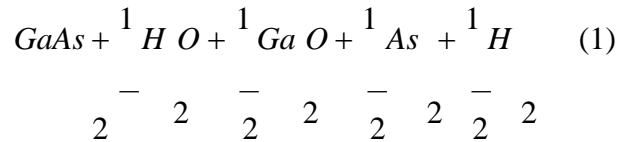
Kirish. Yarim o'tkazgichlarni ostirish va ulardan yangi turdagi fotoelementlarni olish bugungi kundagi eng muhim va dolzarb masala ekanligi barchamizga ma'lum. Yarim o'tkazgichlarni o'sish gazning parchalanishi yoki qattiq bug'lanish mahsulotlarini yotqizish, so'ngra ularning taglik yuzasiga reaksiyasi orqali olib boriladi. Kamroq tarqalgan usul-kimyoviy reaksiyaning termal muvozanatini o'stiriladigan material bilan bir xil tarkibga ega bo'lgan material va reaktiv o'rtasida almashtirishdir [1]. Bunday holda, manba material va reaktiv o'rtasidagi kirishmaviy jarayon, T haroratda, bosim gradientida tashiladigan uchuvchi kichik zarralarni beradi. *Si*, *Ge* va bir nechta III va V guruh yoki II va VI guruh birikmalari uchun kimyoviy kirishma reaksiya orqali o'sishga bir necha yillardan buyon tadqiqotlar olib borilgan. [2] An'anaviy epitaksial usullar bilan ishlab chiqarilgan qatlamlarga o'xshash strukturaviy, optik va elektron xususiyatlarga ega bo'lgan epitaksial qatlamlarni, xususan, GaAs misolida olish mumkinligi ko'rsatilgan.[3] Biroq, o'sish mexanizmi batafsil o'rganilmagan va parchalanish va qayta birikma reaksiyalari qanday sodir bo'lishi ma'lum emas. Keyinchalik pastroq haroratda sodir bo'ladigan teskari reaksiya orqali material taglikda qayta tuziladi (1-rasmga qarang). Manba va taglik o'rtasidagi qisqa masofadan foydalangan holda, uchuvchi zarralarni tashish faqat ikkita harorat, T va Θ va qisman bosim, P bilan belgilanadigan qisqa masofalarda bu'g transport epitaksiya jarayoni (tezligi) bilan amalga oshiriladi. Shunday qilib, gazni tashishda yuzaga keladigan qiyinchiliklarning oldini oladi. Bunday yaqin masofani qo'yish texnikasining yana bir afzalligi shundaki, uchuvchi zarralar oqimlarini bunyod qilish uchun foydalanadigan gaz transport vositasi doimiy ravishda qayta ishlatiladi, shunda cho'kish shartlari va osish tizimi geometriyasiga ta'sir qilmaydi: har bir komponentning to'g'ridan-to'g'ri tashilishi mavjud. Manba va tagliklarni ajratuvchi interval belgilangan o'lchamda bo'lishi ta'minlanishi lozim. Ushbu masalaning maqsadi kimyoviy birikmalarning kimyoviy va fizik xususiyatlarini bilish va GaAs o'sishida sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalarni tavsiflash. Amaliy tadqiqot natijadorligini belgilaydigan harorat oralig'ida eksperimental natijalarni mos ravishda manba va taglikda sodir bo'ladigan ikkita oddiy dominant reaksiya bilan hisobga olish mumkinligini ko'rsatish mumkin. Bundan tashqari, yuqori o'sish sur'atlariga erishish mumkinligi ko'rsatiladi, bu esa yarim izolyatsiya qiluvchi Choxral yoki Bridgman materiallaridan ko'ra, ko'proq ishlab chiqilgan elektron xususiyatlarga ega qalin qatlamlarni talab qiladigan kristallar

¹ TIQXMMI MTU Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti mustaqil tadqiqotchisi, jafarusmonov1986@gmail.com

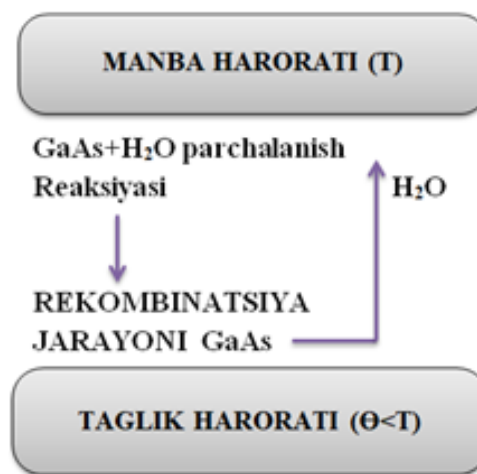


uchun epitaksial qatlamlarni, shuningdek, yupqa va qalin qatlamlarni olish imkonini tug'diradi. Biz ushbu kristallarning ba'zilarini qisqacha tasvirlab beramiz.

O'stirish mexanizmlari. Yarimo'tkazgichlar bilan uchuvchi boshqa turlani hosil qiluvchi reaktivlar oksidlar, xloridlar, elementlar bo'lishi mumkin GaAs o'sishi uchun suvdan foydalanish mumkin, chunki o'sish jarayonida kislorod bilan ifloslanish elektr faol markazlarni hosil qilmaydi[8]. Shu sababli, tejamkor bo'lganidek, biz reaktiv sifatida suvni tanladik va o'sishni reaksiya orqali o'rgandik:



H₂ atmosferasida (10⁵ Pa) sodir bo'ladi. O'sishni amalga oshirish uchun ishlatiladigan haroratlarda, 700 dan 900 °C gacha, As₂ ning qisman bosimi; As₂, As₄ va Ga shunday (800 °C da mos ravishda 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁶, Pa) As₄ turlarining mavjudligini e'tiborsiz qoldirish mumkin [9]. Bu esa reaksiya Ga₂O₂ yoki Ga₂O₃ emas, faqat Ga₂O ni o'z ichiga oladi, deb taxmin qilamiz [10±13], chunki ko'rinadigan faollashuv kuzatilgan reaksiya bilan bog'liq energiya yo'qligini ko'rsatmoqda. (1-rasm)



1-rasm. Qisqa masofalarda suv bug' tashuvining reaksiya jarayoni.

Rasmdan ko'rinib turibdiki yaqin oraliq masofalarda yarim o'tkazgichlarni o'stirish parchalanish va rekombinatsiya reaksiyalari bilan amalga oshiriladi. Rekombinatsiya jarayoni muvozanatli zaryad tashuvchilar elektron va kovaklar uchrashib, ularning yo'q bo'lishi. Bunda elektron yana kimyoviy bog'lanish holatiga qaytadi. Rekombinatsiya o'z tabiatiga qarab zonalar orasida, zona va rekombinatsiya sathi orasida bo'lishi mumkin. Rekombinatsiya jarayonida ajralib chiqadigan energiya issiqlik ajralishi yoki kvant holatida chiqishi mumkin. Elektron va kovaklarning o'zaro uchrashib yo'q bo'lishga (rekombinatsiya bo'lishiga) imkon yaratuvchi nuqsonlar va ular hosil qilgan energetik sathlar mavjud bo'ladi. Rekombinatsiya bo'lishi uchun, rekombinatsiya sathidan elektronning o'tkazuvchanlik zonasiga qaytish ehtimoli, uning valent zonasiga qaytish ehtimolidankam bo'lishi kerak. Bu degan so'z bunday sathni hosil qiluvchi nuqsonlarning ham elektron, ham kovak yutish yuzasi ancha katta va bir-biriga yaqin bo'ladi.

H₂O bosimiga bog'liq, shuning uchun Ga atomlari o'rtasida ta'sirlashuvlar reaksiyalar mavjud bo'lmaydi. Berilgan haroratda muvozanatdagi o'stirishlar yoki kirishmalar quyidagicha aniqlanadi.

$$K(T) = \exp\left[-\frac{\Delta H}{RT}\right] \quad (2)$$



Bunda ΔH epitaksiya reaksiyasida uchuvchi modda zarralarining bosimlari birikmalari.

Qisqa masofada bug' gaz transporti elementlar GaAs dan Ga_2O va As_2 kelib chiqadi. Kichik hajmda bog'langan holda manba va taglik o'rtasida (rasmga qarang) parchalanish va rekombinatsiya reaksiyalarida amalga oshiriladi, $P(Ga_2O)$, $P(As_2)$, biz uni P bilan belgilaymiz.

Bundan tashqari, $P(H_2)$ va $P(H_2O)$ shartlar bilan belgilanadi tajribada $P(H_2)$ va $P(H_2O)$ doimiy saqlanib qoladi. Natijada, tashuvchilarining bosimi P ma'lum haroratdagi birikma quyidagicha ifodalanadi:

$$P(T) = p^2 \exp\left[-\frac{\Delta H}{2RT}\right] \quad (3)$$

Bu yerda p suvning qisman bosimi

Yaqin oraliqda bug' transport tashuvchisi (CSVТ) tizimida 1-rasmda tasvirlangan bo'lsa, muvozanatdan o'zgartiriladi T haroratidagi manba taglikka, pastroq harorat Θ , manba va taglik mavjud kichik masofa d bilan ajratilgan (ya'ni taglik bilan solishtirganda manba va taglikning o'lchami). Suv qisman H_2 gazidagi p bosimi ga kiritish orqali o'rnatiladi reaksiya kamerasi H_2 , suv bug'ida o'stirish imkonini beradi. Odatda diapazonda o'zgarib turadigan bu bosim $10^2 \pm 10^3$ pa, oddiy gigrometr yordamida o'lchanadi.

O'sish sur'ati, ya'ni tashuvchi komponentlarning manbadan taglikka, keyin tashqi tomonidan boshqariladi bosim gradienti va parchalanish tezligi bo'yicha amalga oshiriladi. Bosim gradienti bo'lgan holatda ortiqcha ifloslanishni yoki keraksiz zarralarni cheklaydi va quyidagicha hisoblanadi

$$J = \frac{D}{d} \left(\frac{P(T)}{RT} - \frac{P(\Theta)}{R\Theta} \right)$$

J -Modda oqimi, ya'ni istochnikdan (yuqoriroq xaroratdagi yarim o'tkazgichli podlojka) taglikka (pastrok haroratdagi yarim o'tkazgichli podlojka) o'tayotgan modda oqimi (vaqt birligida o'tayotgan modda miqdori)

$$J = \frac{Dp^2}{dR} \left(\frac{\exp\left(-\frac{\Delta H}{2RT}\right)}{T} - \frac{\exp\left(-\frac{\Delta H}{2R\Theta}\right)}{\Theta} \right) \quad (5)$$

Ifodada tasvirlangan umumiy reaksiya amalda bir nechta individual reaksiyalarni o'z ichiga oladi ΔH qiymati aslida eng past o'tish tezligiga to'g'ri keladi. Sababi eng yuqori ΔH qiymatiga qachonki, uchuvchi birikmalarning uzatilishi tezroq bo'ladi. Manba va taglikdagi reaksiyalarga qaraganda o'sish tezligi bu reaksiyalar bilan cheklangan.[6]

$$J = \lambda(p) \exp\left(-\frac{\Delta G}{RT}\right) \frac{\left[\exp\left(-\frac{\Delta H}{RT}\right) - \exp\left(-\frac{\Delta H}{R\Theta}\right) \right]}{1 + \exp\left(-\frac{\Delta G}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{\Theta} \right) \right)} \quad (6)$$

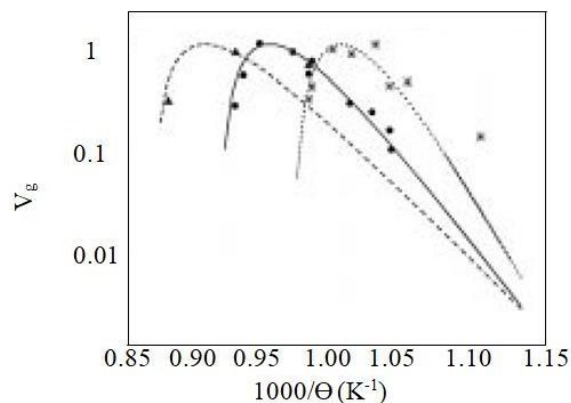
Bu yerda: ΔG - o'suvchi yarim o'tkazgichlarning erkin energiyasi

γ - suv bosimiga bog'liq (p) o'suvchi yarim o'tkazgich parametri.



Tadqiqotning asosiy yo'nalishi bu eksperimental ma'lumotlarni tahlil qilamiz ya'ni ikkita modeldan qaysi biri haqida xulosa chiqarishga imkon beradi. Diffuziya yoki reaksiya cheklangan modellarning tahlilni keltiramiz. Tadqiqotlarni olib borish jarayonida chegaralovchi reaksiyalarni aniqlay olish va bajarish imkonini beruvchi faktlar aniqlandi. Harorat berilganda o'sish amalga oshiriladigan joyda, GaAs uchun tarkibida issiqlikni saqlash As_2 bilan muvozanatda parchalanish 45 kkal mol^{-1} , bu suv uchun 58 kkal mol^{-1} va As_2 uchun 50 kkal mol^{-1} Ga_2O uchun bo'lishi mumkin [9, 10]. GaAs Yuqoridagi tuzilma elementlaridan kichikroq bo'lishi kerak va Ga_2O hosil bo'lishi cheklovchi bo'lmasligi lozim.[5]

Biz ishlab chiqqan texnologiya (reaktor) zanglamaydigan alyumendan iborat, ko'chirish va qulay foydalanish imkonini mavjud. Yuvilishi va to'ldirilishi mumkin bo'lgan kamera kerakli qisman bosimda suv qo'shilgan toza H_2 , gigrometr bilan o'lchanadi. Ichkarida, ikkita GaAs qoplami, yuqoriga diametri ikki dyuymgacha, 1 kvarts halqasi bilan ajratilgan qalinligi 2 mm gacha, ikkita elektr o'rtasida siqiladi. Pirolitik (havosi so'rib olingan ma'lum haroratga moslashtirilgan) kamera ichiga o'rnatilgan isitgichlar. 2-rasmda ko'rsatilgan.



2-rasm. Ostki taglik haroratiga nisbatan normallashtirilgan o'sish tezligi manba (yuqori taglik) haroratining uchta qiymati uchun grafik.

Rasmda olingan ma'lumotlarni o'sishining o'zgarishi tasvirlangan (V_g). Ostki taglik harorati Θ , parallel ravishda manba harorati, T . Bu ma'lumotlar normal ma'lum suv, qisman bosimi p hisobga olinadi (3-formula) munosabatga ko'ra, $V_g p^{1/2}$ bilan chiziqli ortadi, deb hisoblang. V_g ning p ga bog'liqligi (4) ifodaga ko'ra, ikkala modelda ham amal qiladi.[7]

Qalinligi odatda $50 \mu\text{m}$ dan o'zgarib turadigan qatlamlar $500 \mu\text{m}$ gacha o'stirildi va ularning strukturaviy, kimyoviy xossalari yordamida optik va elektron xossalari o'rganilgan ikki kristalli rentgen nurlari diffraksiyasi, rentgen topografiyasi, ikkilamchi ion massa spektroskopiyasi, fotoluminensiya, infraqizil yutilish, Xoll effekti va sig'im texnologiyasi tahlil qilindi. Odatda bu qatlamlar to'g'ri tuzilishga ega xususiyatlarini namoyish etadi. Kirishma miqdori 10^{14} sm^{-3} (n yoki p bo'lgan materialning tabiatiga qarab isitgichlar o'rnatilgan va ularni ajratib turadigan halqa taglikdan) manba qo'llanildi. Bu qatlamlarning muhim xususiyati shundaki, ular ma'lum bo'lgan $EL2$ nuqsonlarining katta konsentratsiyasini o'z ichiga olishi mumkin. As bilan bog'lanishning konsentratsiyasi bu nuqsonlar C_{EL2} o'sishi bilan darajasi ortadi [11]. Odatda o'stirilgan qatlam past tezlik, $0,1 \mu\text{m min}^{-1}$ danpast, konsentratsiyani o'z ichiga oladi.

Qalin epitaksial qatlamlar Choxral usuli bilan olinadigan yarim o'tkazgich qatlamlar bilan raqobatlasha oladi. Hosil qilingan yarim o'tkazgichli bufferlar, gofretlar, mavjud. Ularning bir qancha afzalliklari bor:

texnik imkoniyatlarga qarab ularning qalinligi aniq bo'lishi mumkin ya'ni texnologik talabga moslashtirilgan;

- kiritmalarni birikmaviy sturukturalarga foydalanish mumkin;
- elektr o'tkazuvchanligi bir biriga yaqin bo'lgani uchun juda katta va Choxral Cz



materialiganisbatan bir necha marta yuqori

➤ zarralarning harakatchanligi bir necha barobar oshishi mumkin.

Biz GaAs o'sishi uchun epitaksial qatlamlar olish va uning samaradorligi yuzasidan o'z takliflarni berib o'tdik. Bu texnologiyalarni ishlatishda yuqori yoki ommabop qurilmalar, jihozlar foydalanilmaydi. Bundan tashqari, uni qurish va ishlatish juda arzon. Bu tadqiqot ishida biz batafsil jarayonni yoritishga harakat qildik. O'sishni cheklaydigan turli reaksiyalar va o'stirish mexanizmlarini yuqori o'sish sur'atlariga erishish mumkinligini ko'rsatadi. Bu xarakterli xususiyat qatlamlarni o'stirish uchun ishlatilgan bir necha yuz mikrometr qalinlikda va ularni o'rganish uchun qulay vosita.

ADABIYOTLAR

1. Ubaydullayeva, D., Ubaydullayeva, S., & Usmonov, J. (2022, June). The development of electronic educational resources is an important step towards the digitalization of the agricultural economy. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2432, No. 1, p. 040022). AIP Publishing LLC.
2. Усманов, Ж. И. (2021). Исследование влияния положения уровня ферми на фотопроводимость монокристаллического кремния Si< B, MN> с. Экономика и социум, (3-2), 494-498.
3. Bahadirxanov M. K., Isamov S. B., Zikrillayev N. F., Xaydarov K. Nanorazmernaya varizonnaya struktura v kremnii s mnogo zaryadni minano klasterami. *Mikroelektronika*, 2015, T. 42, № 6, S. 444-446.
4. Усманов, Ж., Насриддинов, Ш., & Хамидов, Б. (2017). Разработка фотоэлементов на основе кремния с нанокластерами атомов марганца. *Современные материалы, техника и технологии*, (5 (13)), 91-95.
5. Isroilovich, U. J. (2022). Kremniy Tagliklari Asosida Gaas Li Quyosh Elementlari Olish Texnologiyasini Yaratish Omillari. *International Journal of Formal Education*, 1(8), 43-48.
6. Усманов, Ж. И., & Абдуллаев, М. Ш. (2022). СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ. *Universum: технические науки*, (4-10 (97)), 37-40.
7. Bahadirxanov M. K., Ayupov K. S., Mavlyanov G. X., Iliyev X. M., Isamov S. B. Fotoprovodimost' kremniya s nanoklasterami atomov margansa. *Mikroelektronika*, 2018, tom 39, № 6, s. 426-429.
8. Усманов, Ж. И. (2023). ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВЫБОР СТРУКТУРЫ ЭФФЕКТИВНЫХ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 13, 179-185.
9. Bakhadyrkhanov M.K., Isamov S.B., Zikrillaev N.F., 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.
10. Z. M. Saparniyazova, M. K. Bahadirxanov, O. E. Sattarov, X. M. Iliyev, K. A. Ismailov, N. Norkulov, D. J. Asanov. Vzaimodeystviye mnogozaryadnix nanoklasterov atomov margansa i seri v kremnii neorganicheskiye materiali, 2017, tom 48, № 3, S. 1-4.
11. Усманов, Ж. И. (2023). РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР ВЫРАЩИВАНИЯ ИЗОТИПНЫХ ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ AlGaAs-GaAs и InGaAs/GaAs. *Gospodarka i Innowacje.*, 33, 381-386.

