

Использованные литературы

1. Доровский В.Н., Перепечко Ю.В. Теория частичного плавления // Геология и геофизика, 1989, No. 9, С. 56-64.
2. Baishemirov Z., Tang J.-G., Imomnazarov Kh., Mamatqulov M. Solving the problem of two viscous incompressible fluid media in the case of constant phase saturations // Open Engineering, 2020, Vol.~6, issue. 1, pp. 742-745.
3. Sarvar Kuyliev, Kholmatzhon Imomnazarov, and Ilham Iskandarov The regularity of a Stokes-type problem for a stationary system of the two-velocity hydrodynamics on the plane // AIP Conference Proceedings 2365, 070006 (2021).
4. Жабборов Н.М., Имомназаров Х.Х. Некоторые начально-краевые задачи механики двухскоростных сред. Ташкент, 2012, 212 с.
5. Васильев Г.С., Жиан-Ган Тан, Мамасолиев Б.Ж. Инвариантные подмодели системы уравнений двухскоростной гидродинамики с равновесием фаз по давлению // СЭМИ, 2018, т. 15, с. 585-602.
6. Имомназаров Х.Х., Васильев Г.С., Мамасолиев Б.Ж. Математическое моделирование динамических процессов в двухжидкостной среде с одним давлением. Монография. - Т. Университет, 2020. -102 с.

**SI <N> ТИПЛИ ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАРДА ГЕТЕРОСТРУКТУРАЛАР
ЮЗАГА КЕЛАДИГАНДА ЭЛЕКТРОНЛАРНИ КЎЧИШЛАРДАГИ
ҚАТЛАМЛАРНИ ҲОСИЛ ҚИЛИШ**

**О.О. Маматкаримов, Б.Х. Қўчқаров, А.А. Абдулхаев, Б.Қ.
Неъматуллаев**

Наманган мухандислик технология институти

Аннотация. Vodород atomlari barqaror Si-H hosil qila oladigan 350⁰ C haroratda silikon bog'lanishi o'zaro ta'siri tufaylidir. Yupqa plyonkalardagi nuqsonlarni passivatsiya qilish ya'ni metal yuzasini nuqsonlar korroziyasidan himoyalash uchundir. Ularning shakllanishi energetik jihatdan qulay, chunki kompleksning umumiy energiyasi H₂ umumiy energiyasidan 1,2 eV kamroq ajratilgan neytral vodorod atomlari difuziyalanib o'zini o'zi tutib olishi kuzatiladi. Eng oddiy nuqsonlarni yumshatish, osilgan bog'lanishlarni tiklash bilan birga keladi va vodorodning bog'langan holatidan chiqishi ko'rsatib o'tiladi. Si-H bog'lanishning uzilish energiyasini taxminan 1,8 eV ekanini tashkil qiladi va atom vodorodining diffuziya energiyasi taxminan 0,48 eV ni tashkil qiladi

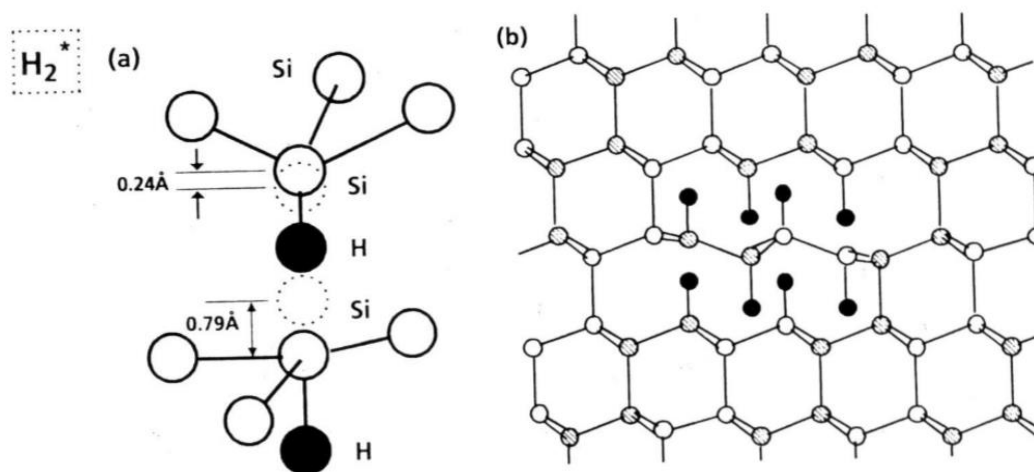
СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

Kalit so'zlar. Passivatsiya-korruziyadan ximoya, antibog'lovchi, Klaster, komplekslar, termodinamik, immobilizatsiya, monoatomic, radikal, konfiguratsiya, lamellar, gofretlar, anizotropik, mikroavita, eksfoliatsiya, energiya, gidrogenlash, substrat, bug'lanish.

Kremniydagi vodorodning fizik xossalari.

Si panjarasidagi vodorod atomlarining xususiyatlari ularning kimyoviyligi bilan bog'liq tabiati va implantatsiya qilingan vodorod konsentratsiyasiga bog'liq. Implantatsiya kremniy vodorod atomlarining kichik dozalari osilgan bog'lanishlarning passivatsiyasi tufayli radiatsiya nuqsonlarining tovlanishini rag'batlantiradi.

Vodorod atomlari barqaror $Si-H$ hosil qila oladigan $350^{\circ}C$ haroratda silikon bog'lanishi o'zaro ta'siri tufaylidir. Shuningdek, kuchlanishli $Si-Si$ bog'lanishiga qo'shib, ogohlantiruvchi amorf kremniyning kristallanishi vujudga keladi. Yupqa plyonkalaridagi nuqsonlarni passivatsiya qilish ya'ni metal yuzasini nuqsonlar korroziyasidan himoyalash uchun, turli haroratlarda, passivatsiya qilish uchun zarur bo'lgan vodorod ulushi mumkin nuqson zichligidan sezilarli darajada oshib ketishi kuzatiladi. Buning sababi passivatsiya osilgan va zaiflashgan $Si-Si$ aloqalari H_2 ning hosil bo'lishida sodir bo'ladi yoki H_n komplekslar xisoblanadi. (1-rasm). Ularning shakllanishi energetik jihatdan qulay, chunki kompleksning umumiy energiyasi H_2 umumiy energiyasidan 1,2 eV kamroq ajratilgan neytral vodorod atomlari difuziyalanib o'zini o'zi tutib olishi kuzatiladi.



1-rasm. H_2 tuzilishi * (a) va H_n * (b) vodorod komplekslari.

Holatda H_2 murakkab, bitta atom vodorod $Si-Si$ bog'ida markaziy o'rinni egallab, $Si-H$ bog'ini hosil qiladi va ikkinchisi H atomi antibog'lovchi oraliq holatda bo'lib, $Si-H$ bog'ini hosil qiladi. Osilgan bog'lanish vodorod ta'sirida kristallanishi amorf Si yupqa plyonkalar $Si-Si$ aloqalariga vodorodni kiritish mexanizmlari va energiyasiga ajraladi. Kompleks H_n kengaytirilgan sifatida

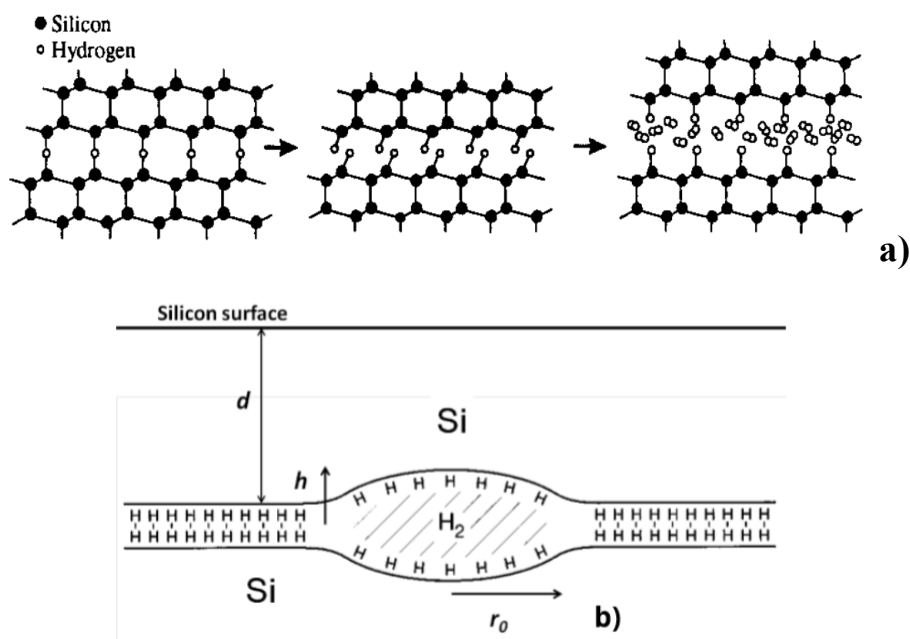
СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

qaraladi, natijada hosil bo'lishi mumkin. Kremniydagi planar nuqson bir kristalli kremniydagi nuqsonlar gidrogenlash natijasida hosil bo'ladi. Klasterlar H_2 komplekslar vodorodli kremniydagi vodorod komplekslari xisoblanadi.

Eng oddiy nuqsonlarni yumshatish, osilgan bog'lanishlarni tiklash bilan birga keladi va vodorodning bog'langan holatidan chiqishi ko'rsatib o'tiladi. Si-H bog'lanishning uzilish energiyasini taxminan 1,8 eV ekanini tashkil qiladi va atom vodorodining diffuziya energiyasi taxminan 0,48 eV ni tashkil qiladi, y'ani Vodorod ta'sirida kremniy sirt qatlamining parchalanishining termodinamik modeli.

Ga binoan adabiyot ma'lumotlariga ko'ra Kremniy *p-n* - birikmasida vodorod atomlari immobilizatsiyasi ya'ni harakatsizligi kuzatiladi. Mukammal kremniy panjarasida, konfiguratsiya H_2 ichida tetraedral oraliqlarning holati individual monoatomiklarga (yagona atom sifatida) qaraganda ancha barqaror vodorod radikallari mavjud bo'ladi. Shuning uchun ham 200⁰C haroratda tovlanishdan keyin kremniyda H_2 molekulari hosil bo'ladi. p-tipidagi kremniyda bu jarayon asosan relaksatsiya natijasida yuzaga keladi. $H^+ + H^0 \rightarrow H_2 + h^+$. H_2 molekulari orasidagi kimyoviy o'zaro ta'sir keyinchalik vodorod pufakchalari paydo bo'lishiga olib keladi.

Vodorod pufakchalarining hosil bo'lish mexanizmi ko'plab mualliflar tomonidan o'rganilgan eksperimental qatlamni bo'lish jarayoni vodorod bilan joylashtirilgan Si, Ge, SiC va olmosli substratlar hamda Sabablari va silikon gofretni bog'lashda haroratga bog'liq pufakchalarning oldini olish va nazariy bog'langan silikon plastinalarda interfeys pufakchalarining shakllanishi, vodorod ta'sirida kremniy sirt qatlamining parchalanishining termodinamik modeli, shakllanishda gofret bo'linishiga olib keladigan implant zichligining pastki chegarasi mos keladigan substrat tuzilmalari hamda vodorod ion nurlarini kremniyga izolyator materiallari texnologiyasida qo'llash orqali tushintiriladi. Vodorod implantatsiyasi birinchi navbatda o'z ichiga olgan qatlamli nuqsonlar (2-rasm) shakllanishiga olib keladi. Vodorod atomlari $\langle 100 \rangle$ yoki $\langle 111 \rangle$ tekisliklarga parallel bo'lgan tekisliklarda. Jarayonda tovlanish, diffuz vodorod idial nuqsonlari kirib va H_2 molekularini hosil qilashi tufayli ideal atomlar ichidagi bosim vodorod gazining mavjudligi, ularning hajmining oshishiga olib keladi. Shu bilan birga, boshida bosqichlarida o'sish asosan satxlar yo'nalishda sodir bo'ladi.



2-rasm. a) vodorod qatlamli nuqsonlarning hosil bo'lishi va ularning vodorod pufakchalariga aylanishining sxematik tasviri; (b) vodorodning devorlardan va uning atrofida hajmdan tarqalishi natijasida qatlamli nuqsondan kremniy yuzasidan d chuqurlikda hosil bo'lgan balandligi h va radiusi r_0 bo'lgan qabariqning sxematik diagrammasi.

Biroq, bu jarayon vodorod atomlari bilan qoplangan ikkita tekislik orasidagi plastinka nuqsoni ichida harakat qiluvchi van der Waals kuchlari bilan chegaralanadi. eksperimental Stressli qatlam nuqsonlarining parallel cho'zilishi vodorod ion nurlarini kremniyga izolyator materiallari texnologiyasida qo'llash tomonidan kuzatilgan[15-16]. Bundan tashqari, vodorod bilan joylashtirilgan kremniyda ko'rsatilgan edi, toblanish vaqtining ma'lum bir chegara qiymatiga qadar, materialning asosiy qismida ko'milgan vodorod to'planishi qavariq shaklga ega. Shu asosda, lamellar nuqsonlari yopiq shaklda ma'lum bir tanqidiy o'lchami r_{crit} gacha o'sadi. Bunda ichki bosim vodorod atomlari bilan qoplangan sirtlarning o'zaro ta'siri bilan bog'liq bo'lgan sirt energiyasi γ_p qiymatidan kattaroq bo'ladi, degan xulosaga kelinadi. γ_p ni bo'linish usuli bilan aniqlash mumkin bo'lgan mos keladigan kremniy tekisliklarining sirt energiyasi γ_s dan ancha kichik deb taxmin qilish mumkindir.

Bog'langan silikon plastinalarda interfeys pufakchalarining shakllanishida qabariq yadrolari ikki plastinka orasidagi interfeysda sodir bo'lganda r_{crit} uchun ifodalar olingan. Shuni ta'kidlash kerakki, bu holda pufakning elastik energiyasini tavsiflovchi ifoda pufak radiusi r va plastinka qalinligi d (yoki paydo bo'lgan pufak ustidagi kremniy qatlamining qalinligi) nisbatiga kuchli

СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

bog'liqdir. Kritik qabariq yadrolanish radiusi pufakdagi ideal vodorod gazi bosimining funktsiyasi sifatida aniqlandi. Pufak ichidagi bosim doimiy deb qabul qilingan. dr uchun quyidagi ifoda olingan:

$$r_{crit} = \{16 \gamma_p E d_1^3 / [9\alpha (1-\nu^2) \Delta p^2]\}^{1/4}, \quad (1)$$

Bu erda Δp - qatlam nuqsoni ichidagi va tashqi atmosferadagi bosim o'rtasidagi farq, E -Young moduli, ν - Puasson nisbati, α - hisoblashning tafsilotlariga bog'liq bo'lgan 1 tartibli sonli koeffitsientdir. E'tibor bering, (1) ifoda qatlamli nuqson 96 ning ikkala tomonidagi kremniy qatlamlarining qalinligi teng bo'lgan holatlar uchun amal qiladi. Qatlamli nuqson ustidagi yuqori kremniy qatlamining qalinligi substrat qalinligidan ancha past bo'lsa, (1) ifoda quyidagi shaklga o'zgartiriladi.

$$r_{crit} = \{32 \gamma_p E d_1^3 / [9\alpha (1-\nu^2) \Delta p^2]\}^{1/4}, \quad (2)$$

bu erda d_1 - yuqori qatlamning qalinligi (yoki pufak hosil bo'lgan chuqurlik). (1) va (2) ifodalardan ko'rinib turibdiki, plitalar qalinligining kamayishi bilan vodorod pufakchasining yadrolanishi uchun kritik radius kamayadi. Boshqacha qilib aytganda, yupqa plyonkalarda kichikroq radiusli pufakchalarning shakllanishi ko'proq afzaldir. Xuddi shunday ta'sir ham lamellar nuqsoni ichidagi bosimning oshishi bilan kuzatiladi. Eksperimental tarzda, bu ta'sirning namoyon bo'lishi shundaki, yupqalashtirilgan plastinka yuzasi birlashtirgandan keyin yanada qavariq bo'lib qolganligi kuzatiladi[1-2].

Qatlamli nuqsonning radiusi kremniy qatlamining qalinligidan ancha kichik bo'lsa (ya'ni vodorod pufakchasining yadrolanishi r dan ancha katta chuqurlikda sodir bo'ladi), vodorod pufakchasi yadrolanishining kritik radiusi bog'langan silikon plastinalarda interfeys pufakchalarining shakllanishiga ega.

$$r_{crit} = 32 \gamma_p E \beta^3 / [9\alpha f(1-\nu^2) \Delta p^2], \quad (3)$$

bu erda $\beta \sim 2,5$ - kremniy texnologiyasida qo'llaniladigan vodorod uzatish standartining qalinligiga nisbatan kremniy gofretidagi vodorod pufakchasining maksimal qiymatini ko'rsatadigan qiymat, ya'ni $r \leq d / \beta$. $r = d / \beta$ shartidan $f \sim 2$ geometrik parametr tanlanadi. Ushbu shart $r \leq d / \beta$ (ifoda (3)) va $r > d / \beta$ (1) ifodasi) uchun olingan bog'liqliklarni moslashtirish imkonini beradi. Ifoda (3) kichik pufakchalar hosil bo'lishining kritik radiusi yuqori kremniy qatlamining qalinligiga bog'liq emasligini ko'rsatadi.

Bog'langan silikon plastinalarda interfeys pufakchalarining shakllanishidagi (1) va (3) iboralari bilan bir qatorda, pufak ichidagi bosim qo'shilgan gofretlar orasidagi kremniy yuzasidan desorbsiyalangan H_2 molekularining kontsentratsiyasiga mutanosib deb hisoblangan. $r > r_{crit}$ da qabariq o'sish kinetikasi uchun ifoda olindi. Shu bilan birga, hosil bo'lgan ifoda bir nechta noma'lum parametrlarga ega bo'lib, ular parametrlarni zaruriy

СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

moslashtirmasdan, ko'pik o'sishini miqdoriy tahlil qilish imkonini bermaydi, lekin bizga, masalan, Si/Si va Si/SiO_2 o'sish chegaralarida kuzatilgan ko'plab eksperimental xususiyatlarni tushuntirishga imkon beradi [4-5].

Undagi gaz molekulari bosimining oshishi tufayli pufakning anizotropik o'sishi jarayoni H_2 harorat oshishi bilan vodorod implantatsiyasi natijasida kremniy va boshqa kristallarning eksfoliatsiyasi tasvirlangan. Implantatsiya qilingan joylarda H_2 molekularining to'planishi hududida kuchlanishdagi anizotropiya chunki paydo bo'ladi hosil bo'lgan $(Si-H)-(H-Si)$ bog'lanishlar bilan zaiflashgan tekisliklarning sirt energiyasi, quyma kremniyning siqish va kesish energiyasidan ancha kam. Bunday holda, qabariq kremniy bilan bog'langan bir-biriga yaqin joylashgan vodorod atomlarining bug'lanishi va pufakda H_2 molekulasini hosil qilish orqali o'sadi. Pufak ichidagi bosim molekular soniga mutanosib N azot pufakning shakli matritsaning elastik energiyasidan, mikrokvantaning (mikro pufakchalar) sirt energiyasidan va gazning erkin energiyasidan tashkil topgan umumiy erkin energiya bilan belgilanadi. molekular, bu erda ham ideal gaz sifatida qaraladi. Pufak balandligi h va uning radiusi r_0 ga nisbatan umumiy erkin energiya ifodasini minimallashtirish orqali Vodorod implantatsiyasi natijasida kremniy va boshqa kristallarning eksfoliatsiyasi haroratga bog'liq holda pufakning mos keladigan geometrik parametrlarini oldilar. Bunda, kritik qabariq yadrolanish radiusi [7] holatida bo'lgani kabi, natija pufak o'lchami va uning chuqurligi d o'rtasidagi nisbatga bog'liq edi. Olingan iboralar quyidagicha:

$$r_0 = (1/4\pi) \{3kTN_0/[\gamma p - (3/4) p_0 k T f(T) \ln(3TN_0/4\pi\gamma p)]\}, \quad (4)$$

$$h = (NDkT/d)^{1/2}, \text{ uchun } r_0 \ll d \quad (5)$$

$$h = (NDkT/r_0)^{1/2}, \text{ uchun } r_0 \gg d \quad (6)$$

bunda $D=(1-\nu^2)/E$; H_0 - pufak yuzasida Si bilan bog'langan vodorod konsentratsiyasidan oshib ketgan mahalliy vodorod zichligiga to'g'ri keladigan boshlang'ich vaqt momentida pufakda qolib ketgan molekular soni ($T=0$ da eruvchanlik chegarasi deb ataladi); $f(T)$ vodorodning pufak devorlarini tark etuvchi termodinamik ulushi; H - vodorod atomlarining bir qismi Si sirtlaridan bug'langandan keyin $T>0$ da qabariqdagi vodorod molekularining umumiy soni: $N=\rho_s(\pi r_0^2)f(T)$, bu erda ρ_s - vodorod atomlarining sirt zichligi. Ifoda. (4) harorat oshishi bilan vodorod pufakchasi radiusi qanday o'zgarishini ko'rsatadigan asosiy ifodadir. Vodorod pufakchasi ochiladigan kritik harorat T_e ham vodorod implantatsiyasi natijasida kremniy va boshqa kristallarning tozalashda aniqlangan:

$$kT_e f(T_e) \ln(3T_e N_0/4\pi\gamma p) \approx 4\gamma p/3\rho_s, \quad (7)$$

СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

Olingan (5) va (6) ifodalardan ko'rinib turibdiki, to'g'ri pufak balandligi h pufakchalar katta bo'lsa, pufakcha radiusiga bog'liq emas va $h/r_0 \ll 1$ nisbat. Kichik pufakchalar uchun h/r_0 undan ham kichikroq. Darhaqiqat, amaliyotda bir vaqtning o'zida bir nechta pufakchalar o'sib bormoqda. Bunday holda, ba'zi pufakchalar boshqalar tomonidan so'rilishi mumkin va ajratish harorati T_e dan oshishi mumkin [6-5].

Tajriba nuqtai nazaridan sirtning shishishi uchun sharoitlarni aniqlash muhim ahamiyatga ega. Ya'ni, qabariq maksimal balandlikka erishish shartlari h . Taxmin qilish mumkinki, qabariq ustidagi qatlamning buzilishi h balandligi pufakcha radiusi r_0 bilan solishtirish mumkin bo'lganda sodir bo'ladi [7]. Bu bo'shliq plastinka yuzasining kuchli egriligi tufayli yuzaga keladi. Boshqacha aytganda, bu holatda egilish energiyasi elastik energiyaga nisbatan ortadi. Qobiqning egilish energiyasini hisoblash juda muammoli. [8] da o'lchamlar asosida egilish energiyasining taxminiy ifodasi olingan. Bu holda qabariq o'lchamlari ham r_0 va h ga nisbatan minimallashtirish yo'li bilan hisoblanadi pufakning sirt energiyasidan tashqari, hajmning elastik energiyasi va vodorod gazining erkin energiyasi, egilish energiyasini hisobga oladigan umumiy erkin energiya uchun ifodalar.

Bunday holda, qabariq parametrlarining nisbati ifodasi quyidagi shaklga ega:

$$h/r_0 = (NDkT/\pi d^3)^{1/2}, \quad (8)$$

va qatlamning shishish harorati quyidagi ifoda bilan tavsiflanadi:

$$kT_{blst} \approx c(\pi d^3/ND), \quad (9)$$

bu erda c - sonli doimiy (taxminan 10^{-2}). Ifoda (9) shishish haroratining vodorod implantatsiyasi chuqurligi d ga kuchli bog'liqligini ko'rsatadi. (9) va (7) iboralarni solishtirganda, kichik d uchun pufakchalar o'sishidan oldin ham ochilishi mumkinligini taxmin qilish mumkin.

Ya'ni, sayoz chuqurlikda joylashishini, biz past haroratlarda rivojlangan yuzaga ega bo'lamiz. Nihoyat, shuni ta'kidlash kerakki, miqdorlarning qiymatlari hech kim tomonidan aniqlanmaganligi sababli to'sqinlik qilishi mumkin nazariy yoki eksperimental tatqiqotlarga yo' ochiladi. Masalan, (7) ifodada mutlaq qiymat ajratish harorati ikkita vodorod atomining bug'lanish energiyasiga bog'liq mikrokavitanning kremniy sirtlari, xususan: $f(T) \sim \exp(-\Delta kT)$. Kimyosorbtsiya energiyasi qayta tiklangan kremniy yuzasida ikkita vodorod atomi aniq ma'lum emas.

Qayta tiklangan kremniy yuzasida ikkita vodorod atomining kimyosorbtsiya energiyasi aniq ma'lum emas. Mavjud ma'lumotlarga ko'ra, bu qiymat 0,2 dan 1 eV gacha o'zgarishi mumkin. Bundan tashqari, vodorod

СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

implantatsiyasi natijasida kremniy va boshqa kristallarning eksfoliatsiyasida olingan natijalar ajratish jarayonining kinetikasini hisobga olmaydi. Boshqa tomondan, ajratish vaqti vodorodni ajratish jarayonining aniqlovchi parametrlaridan biridir [8]. Bunday holda, kinetik vodorod atomlarining tarqalishi uchun to'siqlarni, shuningdek, vodorod molekulalarining hosil bo'lishi uchun to'siqlarni, kremniy sirtlaridan aralashmalarning olib tashlash lozim. Tartibsiz hududlarda vodorod atomlari o'zlarining muvozanat termodinamik geometriyasidan farq qiladigan *Si-H* aloqalarini hosil qilishi mumkin.

Shunday qilib, Vodorod implantatsiyasi natijasida kremniy va boshqa kristallarning eksfoliatsiyasida, qabariq hosil bo'lish jarayoni faqat H_2 molekulalari hosil bo'lgan hududga *H* atomlarining bug'lanishi hisobiga ko'rib chiqildi. Kremniy *p-n*-birikmasida vodorod immobilizatsiyasida vodorod pufakchalarining lateral o'sishi natijasida kremniy plastinaning bo'linishining termodinamik modeli ko'rib chiqildi, bu vodorod komplekslarining dissotsiatsiyasi va vodorod diffuziyasining samarali faollashuv energiyasiga bog'liq [13].

Hozirgacha kremniydagi vodorodning harakatini nazariy tahlil qilish muvaffaqiyatiga qaramay Uning shikastlangan kremniydagi xususiyatlari bilan bog'liq bir qator savollar hali ham qolmoqda. Asosiy hal qilinmagan muammolardan biri bu mexanizm bilan bog'liq muammodir vodorod ionlarining yuqori dozalari bilan nurlangan kremniy plyonkalarining kristallanishi va roli bu jarayonda o'ta katta ro'l o'ynaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. S.I Vlasov, F.A Saparov, B.Kh Kuchkarov. (2009). [Effect of the semiconductor-insulator interface on the characteristics of the metal-insulator-semiconductor structures](#). "Uzbekiston Fizika Zhurnali", 11(3), 203-206.
2. S.I Vlasov, A.V. Ovsyannikov, B.Kh Kuchkarov. (2012). [Influence of thermo cyclic treatments on \$SiO_2\$ -Si interface properties in Al- \$SiO_2\$ -n-Si structures](#). "Uzbekiston Fizika Zhurnali", 14(1), 20-22.
3. O.O Маматкаримов, P.X Хамидов, P.Г Жабборов, У.А Туйчиев, Б.Х Кучкаров. (2012). [Релаксационные изменения подвижности и концентрации носителей заряда в Si с глубокими примесными уровнями при воздействии импульсного давления](#). "Физическая инженерия поверхности", 10(4), 418-422.
4. S.I Vlasov, A.V Ovsyannikov, B.Kh Kuchkarov. (2012). [Influence of thermo cyclic treatments on \$SiO_2\$ -Si interface properties in Al- \$SiO_2\$ -n-Si<Ni> structures; Vliyanie termotsiklicheskih obrabotok na svojstva granitsy](#). "Uzbekiston Fizika Zhurnali".

СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

5. D.E Nazirov, S.I Vlasov, B.Kh Kuchkarov, K.U Bobokhuzhaev. (2013). [Influence of gadolinium on the electric properties on the interphase boundary of silicon–silicon oxide](#). “Science and world”, 12 (88), 26-28.
6. С.И. Власов, Б.Х. Кучкаров (2015). [Влияние термоциклических обработок на свойства границы раздела SiO₂-Si в Al-SiO₂-n-Si<n> структурах](#). “Educatio”, 3 (10)-9.
7. С.И. Власов, Б.Х. Кучкаров. (2016). [Управляемый конденсатор на основе структуры металл-стекло-полупроводник](#). “Восточно-европейский научный журнал”, 6(3), 144-146.
8. I.G Tursunov, B.H Kuchkarov. (2016). [The influence of the profile of impurity distribution on the parameters of varactors subjected to full hydrostatic compression](#). “Uzbekiston Fizika Zhurnali”, 18(5), 322-325.
9. Behzod Khoshimjonovich Kuchkarov, Odiljon Ohundedaevich Mamatkarimov. (2019). [Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures](#). “Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki”, 29(4), 125-134.
10. Behzod Khoshimjanovich Kuchkarov, Odiljon Oxundedaevich Mamatkarimov, Abrorbek Abdulloxonovich Abdulkhayev. (2019). [Relaxation dependence of the capacity of a three-layer structure in the process of charge formation of an inversion layer](#). “Scientific Bulletin of Namangan State University”, 1(6), 26-33.
11. Б.Х Кучкаров. (2019). [Влияние ультразвукового воздействия на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах металл-стекло-полупроводник](#). “Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки”, 29(4), 125-134.
12. Behzod Kuchkarov, Abrorbek Abdulkhayev. (2021). [Factors providing the efficiency of semiconductor lasers](#). “Scientific Bulletin of Namangan State University”, 3(5), 48-52.
13. О.О Маматкаримов, В.Н Кучкаров, N Yu Sharibaev, A.A Abdulkhayev. (2021). [Influence Of The Ultrasonic Irradiation On Characteristic Of The Structures Metal-Glass-Semiconductor](#). “European Journal of Molecular & Clinical Medicine”, 8(01), 610-618.
14. Икромжон Тухтасинович Ражапов, Кўчкаров Беҳзод Хошимжанович. (2021). [Photogalvanic characteristics of solar elements and coefficient nonidality of photovoltaic-current characteristic](#). “International Journal of Philosophical Studies and Social Sciences”, 1(3), 120-128.
15. I.T Rajarov, B.H Kuchkarov, M.O Turaeva. (2021). [Influence of temperature on fill factor of iv characteristics of illuminated solar cells](#). “Web of Scientist: International Scientific Research Journal”, 2(10), 148-154.

СЕКЦИЯ 4. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

16. Kuchkarov, B., Mamatkarimov, O., Abdulkhayev A. (2020). ICECAE IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 012027 “Influence of the ultrasonic irradiation on characteristic of the structures metal-glass-semiconductor”, Paper ID 116.

TiO₂ va ORGANIK BO'YOQLI FOTOELEMENTLARDAGI JARAYONLARNI MATEMATIK MODELLASHTIRISH.

¹N.Y. Sharibayev, ²A.Q. Ergashov, ³ Q.Q. Vohobjonov

Namangan muhandislik texnologiya instituti

E-mail: sharibayev_niti@mail.ru, abdurasul.ergashev.85@mail.ru

Bo'yoqli sezgirlashgan quyosh elementi (BSQE)da yarim o'tkazgich qatlami odatda nanozarrachalar tarmog'idan tuzilgan bo'lib, bir necha o'nlab mikron qalinlikdagi nanotrubalar, yoki nanotolalardan tashkil topadi. Nanostruktura yorug'likni yutish vazifasini bajaradigan bo'yoqli sezgirlashtiruvchilarning monoqatlamini joylashtirish uchun katta yuzaga ega bo'lishni ta'minlaydi[1]. Fotogeneratsiyalangan elektronlar o'z navbatida yarim o'tkazgichning o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadi va foydali ishlarni bajarish uchun fotoanodning nanostrukturali tarmog'i bo'ylab tashqi yuklama tomon harakatlanadi[2]. (BSQE)larining yorug'lik ostida electron yurituvchi kuch hosil bo'lishida bo'yoqlari yoki sensibilizatorlar fotonlarni eksitonlarga aylantirish uchun absorber material sifatida ishlashi sabab deb tushiniladi. 1-rasmda modellashtirilgan (BSQE) ning asosiy tarkibiy qismi hisoblangan TiO₂ ning electron mikroskopdagi tasviri keltirilgan[3].

Элемент	Вес.%	Сигма Вес.%
O	52.42	0.52
Al	2.21	0.09
Si	0.62	0.06
P	0.18	0.06
Ti	44.57	0.49
Сумма:	100.00	

