



SiO₂ NAMUNA SIRTIGA GE QATLAMLARINI O'TKAZISH JARAYONI VA QIZDIRISHDAN SUNG Ge QATLAMLARINING KIMYOVIY VA FIZIK XOSSALARINI O'RGANISH.

Yorqulov Ruslan Maxammadi o'g'li.

Fizika-matematika fanlari falsafa doktori, dotsent. (Ruyo1990@mail.ru)

Mizomov Nurzod Odiljon o'g'li

“Neft va gaz ishi” kafedrasi talabasi

Annotatsiya: SiO₂ ustidagi Ge qatlamlarini holatni namlash hodisasi odatda qatlam funksiyasi sifatida tekshiriladi. Qalinligi d_{Ge} (10 -86 nm gacha) va toblanish harorati 580–700 °C. Ge qatlamlarining shakllanish qalinligi mos ravishda 10-60 va 86 nm. Bu temperaturada kanal kengligi sezilarli darajada torayadi va o'rtasida yupqalashgan Ge qatlamining shakllanish bosqichi boshlanadi.

Kalit so'zlar: Oksid, mikron, termal, plyonka, yarimo'tkazgich, dielektrik, kvant nuqta, submikron, fotonik, nanoplyonka, toblash, morfologiya, polikristall, orolchalar, aglomeratsiyasi.

Abstract: The wetting of Ge layers on SiO is usually investigated as a function of the layer thickness. The thickness of dGe (up to 10 -86 nm) and the annealing temperature are 580–700 °C. The formation thickness of the Ge layers is 10-60 and 86 nm, respectively. At this temperature, the channel width narrows significantly and the formation phase of the thinned Ge layer in the middle begins.

Keywords: Oxide, Micron, thermal, film, semiconductor, dielectric, quantum dot, Submicron, photonic, nanoplyonka, glazing, morphology, polycrystalline, islets, agglomeration.

KIRISH

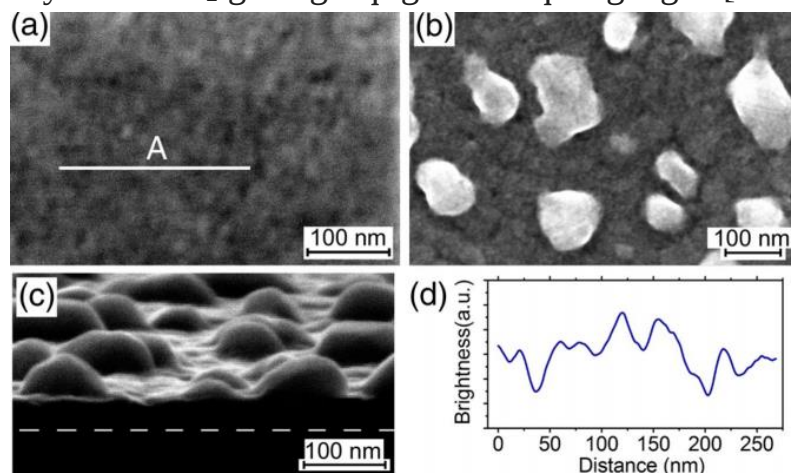
SiO₂ namuna yuzasi tabiiy oksid bilan qoplangan bo'lib, u keyingi Ge bilan bog'lanish jarayoniga kam miqdorda halaqit berishi mumkin[1]. Kimyoviy ravishda o'stirilgan SiO₂ oksidiga o'tkaziladigan Ge oksidini SiO₂ namuna bog'lanish jarayoni minimal kichik haroratlardan boshlab boshlanishi mumkin. Ushbu tadqiqotda mikron o'lchamdagi Ge zarralarini olish uchun biz dastlab xona haroratida SiO₂ ustiga 10 dan 86 nm qalinlikgacha Ge ni yotqizamiz. SiO₂ sirtida Ge qatlamlarining bir xil bo'lmagan zarrachalarning shakllanishi yuz beradi. 1 mkm qalinlikdagi termal SiO₂ plyonkasi bilan qoplangan Si (100) plitalari substrat

sifatida ishlatiladi [2] Ge o'tkazilib bo'lingandan sung, turli temperaturalarda qizdirish yo'li bilan bog'lanish hosil bo'lish jarayonini tekshirish.

SiO₂ sirtiga, Ge yotqizish jarayoni o'ta yuqori vakuumli kamerada amalga oshiriladi, bu bosim $1 \cdot 10^{-10}$ Torr. Ge ni SiO₂ yuzasida o'tirish tezligi taxminan $\sim 1,0$ nm/min. Plyonkani o'tkazish o'sish kamerasida taxminan 450 °C haroratda muntazam qizdirib turish orqali amalga oshiriladi. Ge ni namuna yuzasiga o'tkazish 30 yoki 120 daqiqa davomida amalga oshiriladi. Hosil bo'lgan plyonka yuzasini Skanerli elektron mikroskopda (SEM) da ko'zatishimiz mumkin [2]. Bu yerda taqdim etilagan barcha o'lchov natijalarimizning SEM tasvirlari 30 daqiqa davomida toblanganidan keyin namunalardan olingan. SiO₂ namuna yuzasi avvalambor yuqori vakuumda kuchli qizdirish yo'li bilan tozalanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA.

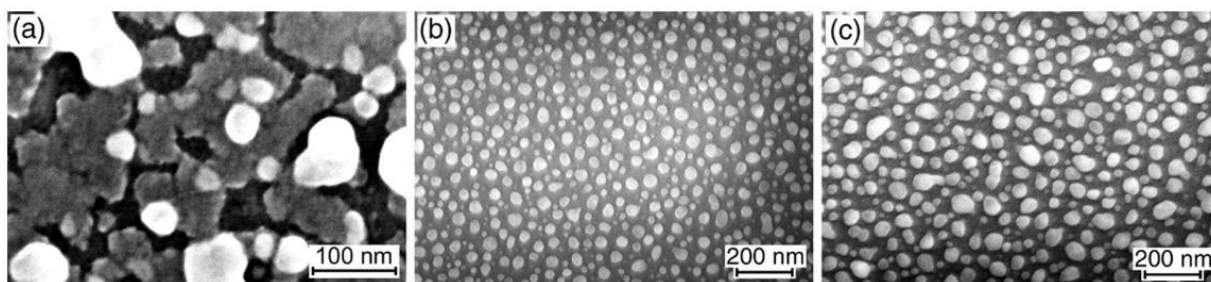
Qattiq jismni namlash hodisasidan yarimo'tkazgichlarda yuqori mahsuldorlikka erishish mumkin. Mikron o'lchamdagi dielektrik zarralar yorug'lik bilan o'zaro ta'sirlashganda magnit va elektr rezonanslarini hosil qiladi. Ge ning sindirish ko'rsatkichi SiO₂ dan katta ekanligini hisobga olgan holda ularning yorug'lik yutilish koeffitsiyentlarining spektral bog'liqligi hisobga olsak, Ge materialini elektromagnit nurlanish uchun istiqbolli material sifatida ko'rish mumkin. SiO₂ da Ge qatlamlarini o'tkazish paytida qattiq holatda namlanish hodisasi yuz beradi, zarrachalar o'z-o'zidan hosil bo'ladi va shakli hamda hajmi bo'yicha keng yoyiladi. SiO₂ sirtlarida Ge zarrachalarining shakllanishini o'rganish mobaynida nano o'lchamdagi ya'ni 40 nm gacha bo'lgan uch o'lchovli Ge orolchalari va kvant nuqtalari namoyon bo'ldi [3-10]. Ge orolchalari nisbatan past haroratlarda, ya'ni toblanishdan keyin hosil bo'lishi mumkinligi ko'rsatdi. Hisob-kitoblarga ko'ra, o'lchamlari ko'rinadigan va infraqizil spektral diapazonlarda, fotonik qo'llash uchun submikron va mikron o'lchamdagi dielektrik zarrachalar talab qilinadi. Ge/Si/SiO₂/Si tuzilmalari 700 °C da (30 katta o'lchamdagi SiGe zarralari o'stirildi. Ge qatlamlarini namlash jarayonini SiO₂ ga bog'liqligi kamroq o'rgangan [11-12].



Rasm-1. (a–c) SiO₂ ga yotqizilgan 20, 86 va 60 nm qalinlikdagi Ge qatlamlarining SEM tasvirlari hamda mos ravishda 560, 700 va 650 °C da 30 daqiqa davomida vakuumda toblashdan keyingi rasmlar keltorilgan (1d) [11-12].

SiO₂ ustidagi 10–40 nm qalinlikdagi Ge qatlamlari 200 °C gacha bo‘lgan temperaturada toblaganda, SiO₂ da o‘stirilgan Ge elementi polikristall ekanligini ko‘rsatdi. Namunalarni 550°C va undan past haroratda toblanishi uch o‘lchamli zarrachalarning shakllanishiga olib kelmaydi. Sirt morfologiyasidagi o‘zgarishlar asosan 550 °C dan yuqori haroratlarda toblashdan sung kuzatildi (2-rasm).

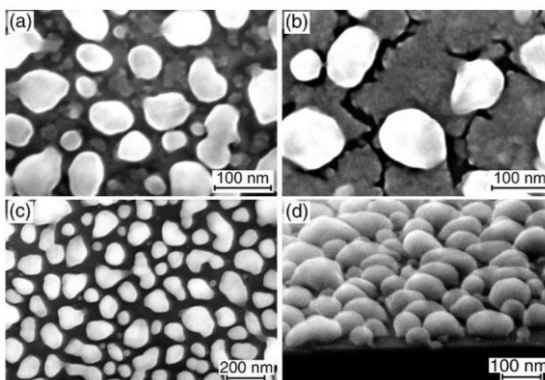
Ge qatlamlari yuzasida SEM tasvirlaridan ko‘rinadiki to‘lqinlar paydo bo‘ladi. SiO₂ ustiga qalinroq Ge qatlamlari o‘tkazilganda nanoplyonka sirti yorqinroq va aniqroq ko‘rinadi (2d-rasm). SiO₂ sirtida yupqaroq (20 nm) Ge qatlamlari o‘tkazilganda hosil bo‘lgan plyonka yuzasi sezilarli darajada kichikroq bo‘lar ekan (2 b,c-rasmlar). Ge qatlamlari polikristal bo‘lganligi sababli, ularning yuzasi turli xil orolchalardan iborat bo‘lar ekan.



2-rasm. SiO₂ ga o‘tkazilgan Ge qatlamlarini vakuumda toblashdan sung keltirilgan SEM dagi tasvirlar. 2a - da 20 nm qalinlikdagi Ge qatlamini 580 °C da toblashdan keyingi tasvir. 2b va 2c tasvirlar mos ravishda 10 va 20 nm qalinlikdagi Ge qatlamlarini 600 °C da toblashdan keyingi tasvir.

MUHOKAMA

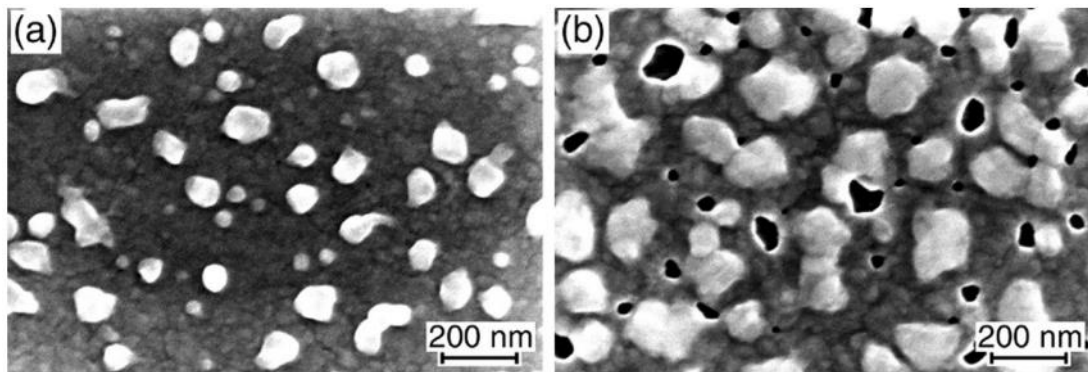
SiO₂ sirtiga o‘tkazilgan Ge qatlami 580 °C da 30 daqiqa davomida toblangandan so‘ng, 10 va 20 nm Ge qatlamlarining qisman aglomeratsiyasi kuzatiladi. Bu tor kanallar va kichik zarrachalar shaklida shakllangan teshiklar yaqinida nisbatan katta zarrachalar hosil bo‘lishidan iboratdir. 2a-rasmda Ge qatlami qolgan joylari 580 °C da uzoqroq (2 soat) toblanishdan sung Ge qatlamlarining qolgan joylarining to‘liq yo‘qolishiga olib keladi. Biroq, ularning o‘rtacha hajmi 580 °C da toblashdan keyingi zarrachalarnikidan kichikroq. 600 °C va 800 °C da toblashlar o‘zaro solishtirilganda, toblashlardan sung bir xil shaklga ega bo‘lgan ixcham zarrachalar hosil bo‘ladi, ularning konsentratsiyasi va orolchalarning o‘rtacha kattaligi sezilarli darajada farq qilmasligi aniqlandi [11-12].



3-rasm. 3a rasm 30 nm va 3b-rasm 40 nm qalinlikdagi Ge qatlamlari bilan qoplangan SiO_2 namunalarini 600 °C da toblashdan keyingi SEM tasvirlari keltirilgan. 3c-rasmda 40 nm qalinlikdagi Ge qatlamini 800 °C da toblashdan keyin tasvir ko‘rsatilgan. 3d rasmda 700 °C da toblashdan keyin 40 nm qalinlikdagi Ge qatlamining tasviri keltirilgan [11-12].

SiO_2 namuna sirtiga o‘tkazilgan 30 va 40 nm qalinlikdagi Ge qatlamlari 600 °C da toblanganda Ge qatlamlarining qisman quruqlanish jarayoni ko‘zatildi (3a-rasm). Ge qatlamlari katta orolchalari strukturasi buzilishining boshlanishi va bir vaqtning o‘zida tor kanallarning shakllanishi ko‘zatildi (3b-rasm). Bu ikki tajriba o‘rtasidagi farq asosan toblanish haroratiga bog‘lik ekanligi bilan baholanadi. 40 nm qalinlikdagi Ge qatlamlari mos ravishda 700 va 800 °C da (3c,d-rasm) toblanishdan keyingi Ge zarralarining tuzilishi keltirilgan. Shuni ta‘kidlash mumkinki, toblanishni boshlash uchun odatda yuqori harorat talab qilinadi [13].

Yuqori haroratlarda toblanganda, Ge zarralarining kontsentratsiyasi undan ancha yuqori bo‘lib, ular sirt bo‘ylab bir tekis taqsimlanadi.



4-rasm. 4a- 700 °C, 4b- 800 °C larda SiO_2 sirtiga o‘tkazilgan, 86 nm qalinlikdagi Ge namunalarning SEM tasvirlari [14].

4a va 4 b-rasmlarda ko‘rinib turibdiki, namuna 800 °C da 2 soat toblangandan sung, namunaning sirt morfologiyada ozgina o‘zgarishni ko‘rish mumkin. Tajribada aniqlandiki sirt morfologiyasining o‘zgarishi toblashning dastlabki daqidalarida sodir bo‘ldi [14].

XULOSA

SiO_2 va uning sirtiga o‘tkazilgan Ge orasidagi kimyoviy bog‘lanish 580-700 °C haroratda boshlanadi. Past haroratlarda, Ge qatlamlari yuzasida to‘lqinlanish paydo bo‘lishi aniqlandi. Bog‘lanishdan sung hosil bo‘lgan plyonka polikristall ekanligi aniqlandi.

SiO_2 da Ge qatlamlarini o‘tkazish paytida qattiq holatda namlanish hodisasi yuz beradi, zarrachalar o‘z-o‘zidan hosil bo‘ladi va shakli hamda hajmi bo‘yicha keng yoyiladi. SiO_2 sirtlarida Ge zarrachalarining shakllanishini o‘rganish mobaynida nano o‘lchamdagi ya‘ni 40 nm gacha bo‘lgan uch o‘lchovli Ge orolchalari va kvant nuqtalari namoyon bo‘lishi aniqlandi.

SiO_2 sirtiga o‘tkazilgan Ge qatlami 580 °C da 30 daqiqa davomida toblangandan so‘ng, 10 va 20 nm Ge qatlamlarining qisman aglomeratsiyasi kuzatiladi. Bu tor kanallar va kichik zarrachalar shaklida shakllangan teshiklar yaqinida nisbatan katta zarrachalar hosil bo‘lishidan iboratligi aniqlandi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. M Trautmann F Cheynis F Leroy S Curiotto P Muller 2017 Interplay between deoxidation and dewetting for ultrathin SOI films Appl. Phys. Lett. 110 161601
2. C Dabard AA Shklyaev VA Armbrister AL Aseev 2020 Effect of deposition conditions on the thermal stability of Ge layers on SiO₂ and their dewetting behavior Thin Solid Films 693 137681
3. AA Shklyaev M Shibata M Ichikawa 2000 High-density ultrasmall epitaxial Ge islands on Si(111) surfaces with a SiO₂ coverage Phys. Rev. B 62 1540 1543
4. A Barski M Derivaz JL Rouvière D Buttard 2000 Epitaxial growth of germanium dots on Si(001) surface covered by a very thin silicon oxide layer Appl. Phys. Lett. 77 3541 2543
5. AA Shklyaev M Ichikawa 2002 Effect of interfaces on quantum confinement in Ge dots grown on Si surfaces with a SiO₂ coverage Surf. Sci. 514 19 26
6. I Berbezier A Karmous A Ronda A Sgarlata A Balzarotti P Castrucci M Scarselli M Crescenzi De 2006 Growth of ultrahigh-density quantum-confined germanium dots on SiO₂ thin films Appl. Phys. Lett. 89 063122
7. CD Poweleit CW Hu IS Tsong J Tolle J Kouvetakis 2007 Optical characterization of Si_{1-x}Ge_x nanodots grown on Si substrates via ultrathin SiO₂ buffer layers J. Appl. Phys. 101 114312
8. M Aouassa I Berbezier L Favre A Ronda M Bollani R Sordan A Delobbe P Sudraud 2012 Design of free patterns of nanocrystals with ad hoc features via templated dewetting Appl. Phys. Lett. 101 013117
9. KA Lozovoy AP Kokhanenko VV Dirko NYu Akimenko AV Voitsekhovskii 2019 Evolution of epitaxial quantum dots formed by Volmer–Weber growth mechanism Cryst. Growth Des. 19 7015 7021
10. KA Lozovoy AG Korotaev AP Kokhanenko VV Dirko AV Voitsekhovskii 2020 Kinetics of epitaxial formation of nanostructures by Frank–van der Merwe, Volmer–Weber and Stranski–Krastanow growth modes Surf. Coat. Technol. 384 125289
11. Y Kojima T Kato 2008 Nanoparticle formation in Au thin films by electron-beam-induced dewetting Nanotechnology 19 255605
12. HJ Choe SH Kwon C Choe JJ Lee CH Woo 2016 Sn microparticles made by plasma-induced dewetting Thin Solid Films 620 165 169
13. M Trautmann F Cheynis F Leroy S Curiotto P Muller 2017 Interplay between deoxidation and dewetting for ultrathin SOI films Appl. Phys. Lett. 110 161601
14. PR Gadkari AP Warren RM Todi RV Petrova KR Coffey 2005 Comparison of the agglomeration behavior of thin metallic films on SiO₂ J. Vac. Sci. Technol. A 23 1152 1161