

$$2. \frac{x^2 - x + 1}{x^2} = y_2 \Leftrightarrow \frac{x^2 - x + 1}{x^2} = 3 \Leftrightarrow \begin{cases} x^2 - x + 1 = 3x^2 \\ x \neq 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 2x^2 + x - 1 = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = -1 \\ x_2 = \frac{1}{2} \end{cases}$$

Juwapı: $x_1 = -1, x_2 = \frac{1}{2}$.

4-mısal. Teñlemenı sheshiñ

$$x^4 - 10x^3 + 35x^2 - 50x + 24 = 0$$

Sheshiw. Berilgen teñlemenı tómendegishe túrlendiremiz:

$$x^4 - 10x^3 + 35x^2 - 50x + 24 = 0 \Leftrightarrow (x^4 - 10x^3 + 25x^2) + (10x^2 - 50x) + 24 = 0 \Leftrightarrow (x^2 - 5x)^2 + 10(x^2 - 5x) + 24 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x^2 - 5x = y \\ y^2 + 10y + 24 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x^2 - 5x = y \\ y_1 = -6 \\ y_2 = -4 \end{cases}$$

$$1. x^2 - 5x = y_1 \Rightarrow x^2 - 5x = -6 \Leftrightarrow x^2 - 5x + 6 = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = 2 \\ x_2 = 3 \end{cases}$$

$$2. x^2 - 5x = y_2 \Rightarrow x^2 - 5x = -4 \Leftrightarrow x^2 - 5x + 4 = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x_3 = 1 \\ x_4 = 4 \end{cases}$$

Juwapı: $x_1 = 2, x_2 = 3, x_3 = 1, x_4 = 4$.

Ádebiyatlar

1. Баян Э.Н. "Новый репетитор по математике". -Ростов на Дону: "Феникс", 2018.
2. Литвиненко В.Н., Мордкович А.Г. "Практикум по элементарной математике". -Москва: "Просвещение", 1991.
3. Abduxamedov A.U, Nasimov X.A, Nosirov U.M, Xusanov J.N. Algebra hám matematikalıq analiz tiykarları. –N.: «Bilim» 2005.

REZYUME. Ushbu maqolada «Kvadrat tenglamaga keltirish orqali yechiladigan murakkab algebraik tenglamalarnı» yechish usullari ko'rsatilgan.

РЕЗЮМЕ. В этой статье приведены методы решения сложных алгебраических уравнений приведением к квадратным уравнениям.

SUMMARY. This article provides methods for solving complex equations by reduction to quadratic equations.

KIRISHMA ATOMLARINI KREMNIYGA ELEKTR MAYDON YORDAMIDA DIFFUZIYA QILISH

X.M.Iliyev – fizika-matematika fanlari doktori, professor

S.B.Isamov – fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

Z.B.Xudoynazarov – tayanch doktorant

R.O'Xolmonov – magistr

B.O.Isakov – tayanch doktorant

I.A.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Tayanch so'zlar: kremniy, elektrodifuziya, nikel, klasterlar, musbat va manfiy qutb.

Ключевые слова: кремний, электродиффузия, никель, кластеры, положительная и отрицательная полярность.

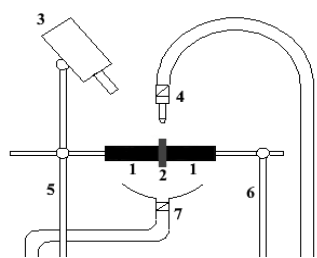
Key words: silicon, electrodiffusion, nickel, clusters, positive and negative polarity.

Kirish. Jadallik bilan rivojlanib borayotgan elektronika sohasida, fundamental parametrlari an'anaviy yarimo'tkazgich materiallaridan farq qiluvchi yangi materiallarni olish ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. O'zbekiston Respublikasida elektronika sohasini rivojlantirish, mavjud korxonalardagi ishlab chiqarish bazalarini yangilash va zamonaviy texnologiyalarni joriy etishsiz elektronika sanoatini rivojlantirishni amalga oshirib bo'lmaydi. Shu sababli, elektronika sanoatining korxonalaridagi qurilma va uskunalardan oqilona foydalanish maqsadida ularni doimiy ravishda zamonaviylariga yangilab turish va bozor talablariga mos tarzda takomillashtirish talab etladi. Yarimo'tkazgich materiallar asosidagi asboblar va qurilmalarni olishda ko'plab texnologik bosqichlar amalga oshiriladi. Hozirgi kunda elektrodifuziya usulida yangi materiallarni olish va ularning elektrofizik parametrlarini o'rganish elektronikada, ayniqsa, nanoelektronikada istqbolli yo'nalishlardan hisoblanadi [1-3].

Yarimo'tkazgich materiallarning hajmiga elektr maydon ta'sirida kirishma atomlarini kiritish va ularni taqsimlanishining mexanizimini ochib berish keng ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Adabiyotlardan ma'lumki yuqori haroratli diffuziya jarayonida kirishma atomlar xaotik harakatlanadi va asosan musbat ion ko'rinishida bo'ladi. Ma'lumki kirishma atomlarining diffuziya parametrlari, masalan; diffuziya koeffitsienti, kirishma atomlarining eruvchanligi va ularning kristall panjarada joylashish holati, diffuziya harorati va vaqtga bog'liq bo'ladi[4-6]. Kirishma atomlarning elektr maydoni ta'sirida kirenniyga kiritish va ularni hajm bo'yicha taqsimlanishini bilish juda muhim ilmiy ma'lumotlarni olish imkonini beradi. Yetarlicha katta tok zichligidagi elektr maydonida ($J=25\div 40$ A/sm²) diffuziya jarayoni sezilarli darajada tezlashtiradi, hamda kirishma atomlarni diffuziya qilish haroratini, gazli fazadagi diffuziya haroratiga nisbatan $T=150\div 200^{\circ}\text{C}$ ga pasayishga olib keladi.

Elektr maydoni ta'sirida musbat zaryadlangan ionlarning ko'chishini kuchaytirish asosida, gazli fazadagi diffuziya haroratiga nisbatan past haroratlarda ham, kirishma atomlarining eruvchanligini 1,5÷2 darajaga oshirish mumkinligi aniqlangan [1]. Bu holatni oddiy diffuziya sharoitida amalga oshirishning deyarli imkoni yo'q tashqi elektr maydoni ta'sirida chuqur energetik sath hosil qiladigan kirishma atomlarining eruvchanligini hamda elektr faol atomlar sonini boshlang'ich namunada sezilarli oshirishga imkon beradi. Namunadan oqib o'tayotgan tok kuchini boshqarib kirishma atomlarning konsentratsiyasini namuna sirti va hajmidagi taqsimotini nazorat qilish mumkin bo'ladi. Tashqi elektr maydon ta'sirida kirishma atomlarni kremniy hajmiga kirib, kirishma atomlarini kristall panjaradagi holatini o'zgartirishga imkon beradi. Ya'ni, kirishma atomlar kremniy kristall panjarasining tugunlarda yoki tugunlararo joylashishini elektr maydon yordamida boshqarish mumkin. Elektr maydoni ta'siridagi diffuziya usuli, kirishma atomlarining turli zaryad holatlariga boshlang'ich material kremniyning atomlari bilan o'zaro ta'sirini vujudga keltiradi. Katta miqdorda kiritilgan kirishma atomlar o'z navbatida kirishma atomlarining nanoklasterlarini kremniyda shakllanishiga olib keladi.

Nazariy tahlil. Ma'lumki, hozirgi vaqtda yarimo'tkazgich materiallarga kirishma atomlarning diffuziyasini elektr maydon yordamida amalga oshirishda tajriba qurilmalar va usullar mavjud emas. Bu ilmiy maqolada elektr maydon yordamida kirishma atomlarning kremniyga diffuziya qilish uchun yaratilgan yangi qurilmadan foydalanib amalga oshirish taklif qilindi (1-rasm). Qurilma vakuumda namuna hajmidan oqib o'tayotgan tok kuchini 15÷40 A oraliqda boshqarish, kirishma atomlarni elektr maydon ta'sirida diffuziya qilish imkonini berdi.



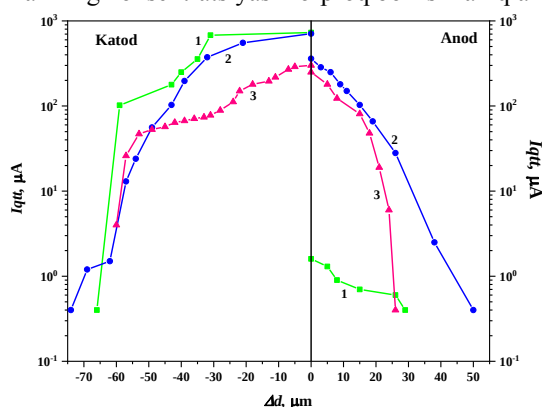
1-rasm Kremniyga kirishma atomlarini elektr maydon ta'sirida diffuziya qilish uchun yaratilgan qurilmaning tuzilishi: 1-grafit; 2-namuna (kremniy); 3-termopara; 4-namunani sovutish bloki; 5,6-elektrodlar(grafiddan); 7-sovitgich.

Kirishma atomlarining konsentratsiyasining kremniydagi taqsimoti namunadan o'tayotgan tok zichligi va elektr maydoniga bog'liq bo'lishi aniqlandi. Bu natijalar kirishma atomlarining kremniy hajmida taqsimlanishning mexanizmini tushuntrishda elektrodifuziya jarayonida kirishma atomlarining ko'chishini hamda zaryadlarning harakatchanligini aniqlash imkonini beradi. Kirishma atomlarning konsentratsiyasining taqsimoti namunadan oqib o'tayotgan tok zichligi va elektr maydoniga bog'liq bo'lganligi sababli, yaratilgan qurilmada oqib o'tayotgan tok zichligini boshqarish yordamida, kirishma atomlarning konsentratsiyasini nazorat qilish imkonini beradi.

Tajriba natijalari. Kremniyga nikel kirishma atomlarining elektrodifuziyasi VUP-4 rusumidagi vakuum qurilmasi asosida yaratilgan elektrodifuziya qurilmasida o'tkazildi.

Dastlab VUP-4 vakuum qurilmasiga KEF-100 markali kremniy namunasiga nikel (Ni) kirishma atomlari uchirib namuna sirtiga yupqa metall qatlam hosil qilindi.

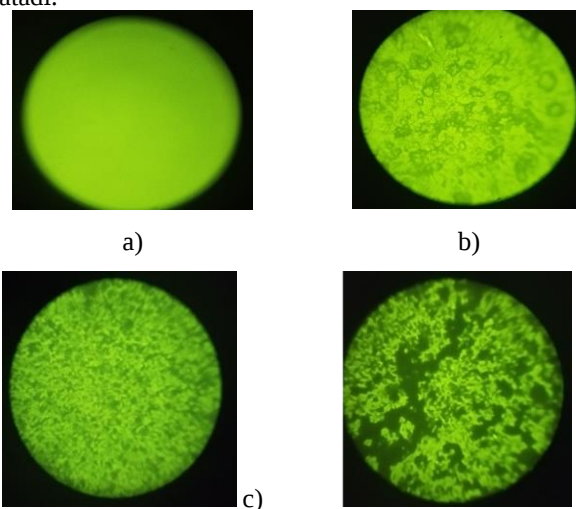
KEF-100 markali monokristall kremniyga nikel (Ni) kirishma atomlari elektr maydon ta'sirida diffuziya qilingandan so'ng namunalarning sirtidagi o'tkazuvchanlik turi termozont yordamida aniqlandi. 2-rasmda namunalardagi qisqa tutashuv tokini chuqurlik bo'yicha taqsimoti ko'rsatilgan. Bunda, kremniyga nikel kirishma atomlari elektrodifuziya usuli bilan harorat $T=700-900^{\circ}\text{C}$ oralig'ida, tok zichligi $I=18-25\text{ A/sm}^2$, da $t=30$ daqiqa davomida diffuziya qilindi. Olingan natijalarning tahlili shuni ko'rsatdiki, $T=700-900^{\circ}\text{C}$ harorat oralig'ida elektr maydon ta'sirida nikel kirishma atomlari kremniyga diffuziya qilinsa, namunaga musbat qutb ulangan tomonda, manfiy qutub ulangan tomonga nisbatan nikel kirishma atomlarining konsentratsiyasi ko'proq bo'lishi aniqlandi.



2-rasm. Namunadagi qisqa tutashuv tokini chuqurlik bo'yicha taqsimoti

3-rasmda jilvirlangan (polirovka qilingan) nikel kirishma atomlari kiritilgan kremniy namunalari INFRAM-I rusumidagi elektron mikroskopi yordamida olingan tasvirlar berildi. 3-a rasm KEF-100 boshlang'ich kremniy namunasining diffuziyadan oldingi sirt holati. Bu

namunadan infraqizil nur to'liq o'tganini ko'rish mumkin. 3-b rasmda nazorat namunasi (KEF-100) nikel kirishma atomlarisiz 800°C haroratda elektrodifuziya qilingandan so'ng infraqizil nur namuna hajmidan to'liq o'tmaganini ko'rish mumkin. 3-c rasmda qurilmaning musbat qutbida joylashgan namunaga elektr maydon ta'sirida nikel kirishma atomlar diffuziya qilingan holat. Namuna sirtidagi qora dog'lar kremniy hajmidan infraqizil nurni to'liq o'tmayotganini ko'rsatadi. Bu tasvir nikel kirishma atomlarini kremniy hajmida mavjudligini ko'rsatadi, shu sababli nikel kirishma atomlari metal bo'lganligi uchun infraqizil nurni o'tkazmaydi. 3-d rasmda qurilmaning manfiy qutbi ulangan namunaga elektr maydon ta'sirida nikel kirishma atomlari diffuziya qilinganidagi sirt holati berildi. 3-d rasmdan ko'rinib turibdiki qora dog'larning kremniy sirtida ko'pligi va ularning yuzasining o'lchamlari kattaligini aniqlandi bu nikel kirishma atomlari qurilmaning manfiy qutbida joylashgan namunaga ko'p miqdorda kirganini anglatadi.



3-rasm. Kremniy namunalarning elektrodifuziyadan oldingi (a), nazorat namunasi (b), qurilmaning musbat qutbida joylashgan namuna (c) va qurilmaning manfiy qutbida joylashgan namuna (d)ning sirt holati NFRAM-I rusumidagi elektron mikroskopa aniqlandi.

Tajriba natijalarining tahlili asosida, qurilmaning manfiy qutbida joylashgan namunada hosil bo'lgan nikel kirishma atomlarining klasterlarni o'lchami, qurilmaning musbat qutbida joylashgan namunada hosil bo'lgan klasterlarning o'lchamidan sezilarli darajada katta ekanligi aniqlandi. Bu shuni anglatadiki, manfiy qutbda joylashgan namunaga, musbat qutbda joylashgan namunadan ko'ra nikel kirishma atomlari elektr maydon ta'sirida ko'proq tortilgan. Olingan natijalar asosida kremniy namunasiga diffuziya qilinayotgan nikel kirishma atomlarining elektr faol konsentratsiyasini, elektr maydon ta'sirida diffuziya qilinganda sezilarli oshirish mumkinligi aniqlandi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, nikel kirishma atomlarning elektr maydoni ta'sirida kremniyga maksimal kiritish imkonini beradi. Shuningdek, elektrodifuziya kirishma atomlarining kremniy hajmi bo'yicha taqsimotini, eruvchanligini hamda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini boshqarishning yangi usuli ekanligidan dalolat beradi. Elektrodifuziya usuli yordamida kremniy kristal panjarasida elektrofaol kirishma atomlarning konsentratsiyasini sezilarli darajada oshishiga erishish mumkin ekan. Bunda holat kimyoviy elementlar jadvalidagi metal gurihi o'tish elementlarining yarimo'tkazgich materialiga diffuziya qilishning boshqa usullariga nisbatan imkoniyatlari katta ekanligidan dalolat bermaydi.

Adabiyotlar

1. Бахадырханов М.К. Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – Ленинград: 1982. –С. 479.

2. Зикриллаев Н.Ф., Кушиев Ф.А., Абдурахманов Б.А., Курбонова Ў.Х., Вахобов Қ.У. “GeSi1-x бирикмалари мавжуд кремний материали олишнинг истиқболлари”. // журнал ДАН РҮз, 2022. №5. –С. 21-26.
3. Захаров А.Г., Какурин Ю.Б., Филипенко Н.А. Моделирование процессов массопереноса в неоднородных твердых телах с учётом электродиффузии. // Естественные науки. 2009. № 2. -С. 35-37.
4. Варехов А.Г. Электродиффузия зондирующих ионов к поверхности частиц биокolloидов. // Научное приборостроение. 2017. Т. 27. № 4. -С. 24-33.
5. Шалимова К.В. Физика полупроводников. –Москва: энергоатомиздат 1985.
6. Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. -Ленинград: «Наука», 1972.

REZYUME. Kremniya elektrodifuziya usuli bilan nikel kirishma atomlari klasterlarini hosil qilish orqali manfiy qutbga joylashgan namunaga, kirishma atomlarini yuqori konsentratsiyada kirish hodisasi kuzatilgan. Kremniy namunasi o'tayotgan elektr maydonini boshqarish orqali, nikel klasterlari konsentratsiyasini boshqarish mumkinligi ko'rsatilgan.

РЕЗЮМЕ. Путём формирования кластеров легирующих атомов никеля в кремнии методом электродиффузии наблюдалась высокая концентрация легирующих атомов в образце, расположенном у отрицательного полюса. Показано, что путем управления электрическим полем, проходящим через образец кремния, можно управлять концентрацией кластеров никеля.

SUMMARY. By forming clusters of alloying nickel atoms in silicon by electrodiffusion, a high concentration of alloying atoms was observed in the sample located at the negative pole. It is shown that by controlling the electric field passing through the silicon sample, it is possible to control the concentration of nickel clusters.

$La_{2-x}Sr_xCuO_4$ YUPQA PARDASI O'TAO'TKAZUVCHANLIK HARORATINING HOSILAVIY QIYMATLARI HAQIDA

A.S.Jalekeshov – tayanch doktorant

Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogika instituti

Tayanch so'zlar: kritik harorat, deformatsiya (bosim), Boze-Eynshteyn kondensatsiyasi, kupratlar.

Ключевые слова: критическая температура, напряжение (давление), Бозе-Эйнштейновская конденсация, купраты.

Key words: critical temperature, strain (pressure), Bose-Einstein condensation, cuprates.

1. **Krish.** Yuqori haroratli o'tao'tkazuvchanlik (YHO'O') hodisasi 1986-yilda G.Bednorz va K.A.Myuller tomonidan 30 K haroratda $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ birikmasida kashf etildi [1]. Oradan ko'p vaqt o'tmay P.Chu tomonidan 90 K dan yuqori o'tao'tkazuvchanlik kritik harorati- (T_c) ga ega Y-asoli kuprat sintez qilingan [2]. Hozirgi kungacha erishilgan eng yuqori natija bu $T_c \approx 164 K$ [3] bo'lib, u $HgBa_2CaCu_3O_{8+x}$ kupratida yuqori gidrostatik (odatiy bosimda $T_c \approx 133 K$ [4]) bosim ostida olingan. Bu kashfiyotlardan keyin bunday noodatiy yuqori- T_c li o'tao'tkazuvchanlikning mikroskopik kelib chiqishini aniqlash bo'yicha juda ko'plab nazariy va eksperimental tadqiqotlar olib borildi va hali ham olib borilmoqda. Olib borilayotgan tadqiqotlarga qaramasdan, hozirgi kungacha kupratlardagi bunday noodatiy yuqori- T_c li o'tao'tkazuvchanlikning mikroskopik kelib chiqishini tushuntirish uchun umumiy kelishuvga kelinmagan. Mavjud nazariy modellar kupratlarning o'tao'tkazuvchanligining barcha jihatlari tushuntirib bera olmaydi. $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ (LSCO) eng oddiy kristall tuzilishga ega bo'lgan kupratlardandir. Shunga qaramay hatto uning ham T_c to'liq tushuntirilmagan. LSCO yupqa pardasining o'tao'tkazuvchanlik xususiyatlari hajmiy namuna LSCO ning o'tao'tkazuvchanlik xususiyatlaridan biroz farq qiladi. LSCO yupqa pardalarining o'tao'tkazuvchanligi bo'yicha bir qator maqolalar chop etildi [5-7].

Kupratlardagi o'tao'tkazuvchanlik T_c ni o'rganish bilan birga ularning deformatsiya ($\partial T_c / \partial \epsilon_i$) va bosim $\partial T_c / \partial P_i$) hosilalarini o'rganish ham YHO'O' likni o'rganishda ahamiyat kasb etadi. La-asosli kupratlar uchun bunday o'rganishlar [8-12] adabiyotlarda keltirilgan. Kupratlarning hosilaviy qiymatlariga deformatsiya ham o'z ta'sirini tekkizadi. Kupratlardagi anizotropiya sababli ulardagi bir o'qli deformatsiyaning T_c ga ta'siri biroz murakkab hisoblanadi [8]. Parda va taglik o'rtasida panjara mos kelmasligi natijasida paydo bo'ladigan deformatsiya asosiy ro'lni o'ynaydi [7]. Bundan tashqari Sr konsentratsiya- x ham T_c ning o'zgarishiga o'z hissasini qo'shadi. Ishning keyingi qismida biz hisoblashlarni amalga oshirish modeli bilan tanishtiramiz.

2. **Nazariy qism.** Kupratlar kuchli bog'langan elektron va kuchli elektron-fonon tizimi sifatida tavsiflanadi. Bunday tizimni kengaytirilgan Holstein-Xabbard modeli (KHXM) doirasida o'rganish qulay [13]. Kupratlarda tugunlararo bipolaronlar ideal Boze gazini hosil qiladi va bipolaronlarning massasi polaron massasidan ikki marta katta, ya'ni $m_{bp} = 2m_p$ deb hisoblaymiz. So'ngra Boze-Eynshteyn kondensatsiyasi harorati ($T_{BEC} = T_c$) ni to'g'ridan-to'g'ri panjara deformatsiyasi ϵ_i ($i = a, c$) bilan bog'laymiz [10]:

$$T_{BEC} = \frac{3.31 \hbar^2 n^{2/3}}{2k_B m^*} e^{-g^2}, \quad (1)$$

bu yerda n -bipolaronlar konsentratsiyasi, $\hbar$ -Plank doimiysi, k_B -Bolsman doimiysi, $m^* = \hbar^2 / 2t(a) a^2$ -effektiv massa, va g^2 -polaron tizimning massa renormalizatsiyasi omili. Uning ifodasini olish uchun CuO_2 tekisligidagi kovakning apikal kislorod ionlarining tebranishlari bilan o'zaro ta'sirini o'rganish uchun Aleksandrov va Kornilovich [14] tomonidan kiritilgan 1-rasmdagidek zanjirli model panjarasidan foydalanamiz. Farqli jihati shundaki, ular panjara doimiylari ideallashtirilgan tarzda 1 ga teng qabul qilishgan. Biz esa ularni haqiqiy panjara doimiylari bilan bog'laymiz.

$$g^2 = \gamma E_p / \hbar \omega \quad (2)$$

Bu ifodada $\hbar \omega = 75 meV$ ga teng bo'lib, kupratlarga xos fonon energiyasini ifodalaydi,

$$\gamma = 1 - \frac{\sum_m [f_m(n) \cdot f_m(n+a)]}{\sum_m [f_m^2(n)]} \quad (3)$$

formula bilan hisoblanuvchi birliksiz miqdor,

$$E_p = \frac{1}{2M\omega^2} \sum_m f_m^2(n). \quad (4)$$

Bu yerda E_p -polaron energiyasi, M -apikal kislorod ionlar massasi, $f_m(n)$ - CuO_2 tekisligi zaryad tashuvchisi va kislorod apikal ionlari orasidagi elektron-fonon ta'sir kuchi bo'lib, u quydagi ifodadan topiladi

$$f_m(n) = \frac{\kappa \hbar \omega (1 - \epsilon_{ho})}{((n-m)(1-\epsilon_a))^2 - (\hbar \omega (1 - \epsilon_{ho}))^2}^{2/3}. \quad (5)$$

Bu yerda κ -biror koeffitsiyent, $|n-m|$ -panjara doimiysi a birliklari bilan o'lchanadigan masofa, a - CuO_2 tekisligidagi ikkita kislorod ioni orasidagi masofa, $\hbar \omega$ -mis ioni va apikal kislorod ioni orasidagi masofa. ϵ_a va ϵ_c esa i ($i = a, c$) o'qlar bo'ylab deformatsiyani ifodalaydi va $\epsilon_a = (a_{unst} - a_{str}) / a_{uns}$ va $\epsilon_c = (c_{unst} - c_{str}) / c_{uns}$ ifodalar bilan hisoblanadi.