KREMNIY NAMUNALARINI OLMOS SIMLI KESISh QURILMASIDA TAYYORLASh VA MARGANETS, TEMIR, NIKEL KIRISHMA ATOMLARI O‘ZARO TA’SIRINI O‘RGANISh UChUN METODIK YONDAShUV

Zikrillayev Xayrulla Fatxullayevich – *fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent*
zikrillayev_khayrulla@tdtu.uz
Hamroqulov Shahzodbek Ixtiyor o‘g‘li – *tayanch doktorant*
hamroqulovsh1993@gmail.com
Toshkent davlat texnika universiteti

МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ КРЕМНИЯ МЕТОДОМ АЛМАЗНОЙ ПРОВОЛОЧНОЙ РЕЗКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ МАРГАНЦА, ЖЕЛЕЗА И НИКЕЛЯ

Зикриллаев Хайрулла Фатхуллаевич – *кандидат физико-математических наук, доцент*
Хамрокулов Шахзодбек Ихтиёрович – *базовый докторант*
Ташкентский государственный технический университет

METHODOLOGY FOR THE PREPARATION OF SILICON SAMPLES BY DIAMOND WIRE SAWING FOR THE INVESTIGATION OF INTERACTIONS AMONG MANGANESE, IRON, AND NICKEL IMPURITY ATOMS

Zikrillaev Khayrulla Fatkhullaevich – *Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor*
Hamrokulov Shahzodbek Ikhtiyorovich – *Doctoral student*
Tashkent State Technical University

Tayanch so‘zlar: kremniy, STX-402 namunalarni kesish uchun olmos simli kesish qurilma, namuna tayyorlash, marganets, temir, nikel, diffuziya, klaster, kirishma atomlar

Rezyume. Maqolada kremniy namunalarini ilmiy tajribaga tayyorlashning muhim bosqichi – olmos simli kesish usuli ko‘rib chiqilgan. STX-402 olmos simli kristall kesish qurilmasining tuzilishi, ishlash prinsipi va texnik imkoniyatlari taqdim etilgan. Ushbu imkoniyatlardan foydalangan holda 1mm×5mm×10mm o‘lchamdagi kremniy namunalari tayyorlangan. Kremniy asosidagi marganets (Mn), temir (Fe) va nikel (Ni) kirishma atomlari hamda ularning klasterlararo o‘zaro ta’sirini tadqiq etish uchun takrorlanuvchan o‘lchamga ega namunalarni tayyorlash metodik asos sifatida qaraladi.

Ключевые слова: кремний, STX-402 алмазная проволочная установка для резки образцов, подготовка образцов, марганец, железо, никель, диффузия, кластеры, примесные атомы.

Резюме. В статье рассмотрен важный этап подготовки образцов кремния к научному эксперименту – метод алмазной проволочной резки. Представлены конструкция, принцип работы и технические возможности установки для алмазной проволочной резки кристаллов STX-402. С использованием данной установки были подготовлены образцы кремния размером 1мм×5мм×10мм. Подготовка образцов с воспроизводимыми геометрическими размерами рассматривается как методическая основа для исследования примесных атомов марганца (Mn), железа (Fe) и никеля (Ni) в кремнии, а также их межкластерного взаимодействия.

Key words: silicon, STX-402 diamond wire sawing machine, sample preparation, manganese, iron, nickel, diffusion, clusters, impurity atoms.

Summary. The article considers an important stage in the preparation of silicon samples for scientific experiments, namely, the diamond wire sawing method. The design, operating principle, and technical capabilities of the STX-402 diamond wire sawing machine for crystal cutting are presented. Using this equipment, silicon samples with dimensions of 1mm×5mm×10mm were prepared. The preparation of samples with reproducible geometric dimensions is considered a methodological basis for investigating manganese (Mn), iron (Fe), and nickel (Ni) impurity atoms in silicon, as well as their intercluster interactions.

Kirish. Kremniyda marganets kirishma atomlari klasterlarining temir va nikel kirishma atomlari bilan o‘zaro ta’sirini eksperimental o‘rganishda namunaning boshlang‘ich geometrik o‘lchamlari, kesish sifati va yuzalarning holati muhim metodik omillardir. Ayniqsa, diffuziya tajribalarida bir xil o‘lchamdagi namunalar bilan ishlash tajriba sharoitlarini taqqoslash va natijalarni qayta ishlashni yengillashtiradi. Shu sababli kremniy kristallini tajriba talab qiladigan o‘lchamlarga ajratish muhim texnologik bosqichi hisoblanadi [1, 2, 3].

STX-402 olmos simli kesish qurilmasi katta kristallarni, jumladan kremniy (Si) ni, olmosli sim yordamida kesish uchun mo‘ljallangan. Qurilmada namuna ushlagichining burchagi sozlanishi mumkin. Bu xususiyat kremniy namunasi yuzasini kerakli yo‘nalishda joylashtirish imkonini beradi [4].



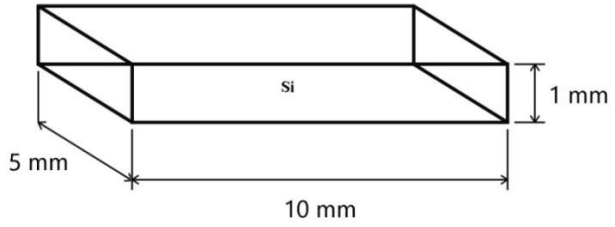
1-rasm. STX-402 olmos simli kristall kesish qurilmasining umumiy ko‘rinishi

Adabiyotlar tahlili va tadqiqot metodologiyasi. Kremniy namunalarning o‘lchami bir xil bo‘lishi, kesishdan keyingi geometrik holat qayd etilishi va har bir namuna identifikatsiya qilinishi maqsadga muvofiq [5]. Bunda STX-402 olmos simli kesish qurilmaning raqamli boshqariladigan o‘qlaridan foydalanish namuna joylashuvini takroriy tarzda sozlash imkonini beradi. Qurilmaning texnologik imkoniyati faol ish yuzasi X o‘qi bo‘yicha 1 dan 110mm gacha, Y o‘qi bo‘yicha 0,01 dan 110mm gacha bo‘lib, Y yo‘nalishidagi aniqlik ±0,01 mm sifatida ko‘rsatilgan. Namuna yuzasini yo‘naltirish uchun vertikal va gorizontal ravishda qo‘lda burish imkoniyati mavjud. Kesish rejimida uzatish tezligi 0,05–40 mm/min, qaytish tezligi 1–100 mm/min oralig‘ida sozlanadi. Chiqib ketish chuqurligi 0,1–100 mm va joylashuv aniqligi ±0,01 mm deb ko‘rsatilgan. Kesish rejimi avtomatik tarzda bajariladi. Mazkur parametrlar namuna tayyorlash jarayonida kesish tezligi va geometriyasini tajriba maqsadiga mos tanlash uchun texnik asos bo‘lib xizmat qiladi.Qurilmaning kesuvchi elementi diametri 0,45 mm dan kichik va uzunligi 80 m bo‘lgan olmosli sim sifatida berilgan. Simlarni qayta almashish harakat tezligi 0–2 m/s diapazonida ko‘rsatilgan [6,7].

1-jadval. STX-402 olmos simli kesish qurilmaning texnik parametrlari.

Parametr	Qiymat	Izoh
X o‘qi ish sohasi	1–110 mm	Avtomatik, raqamli panel orqali boshqariladi
Y o‘qi ish sohasi	0,01–110 mm	Aniqlik ±0,01 mm
Joylashuv aniqligi	±0,01 mm	Namuna yo‘nalishini aniq sozlash
Uzatish tezligi	0,05–40 mm/min	Kesish rejimida sozlanadi
Qaytish tezligi	1–100 mm/min	Oldinga-orqaga harakat
Chiqib ketish chuqurligi	0,1–100 mm	Avtomatik kesish rejimi
Olmosli sim diametri	<0,45 mm	Uzunligi 80 m

Mazkur ishning tajriba qismi uchun namuna o‘lchamining qalinligi 1 mm, eni 5 mm va uzunligi 10 mm etib qabul qilingan. Shu sababli ushbu o‘lcham keyingi diffuziya va Mn, Fe, Ni o‘zaro ta’siri tajribalari uchun qabul qilinadigan namuna o‘lchami sifatida berilgan.



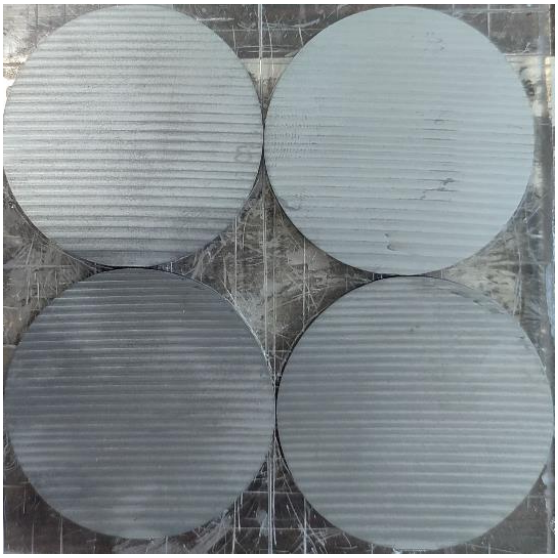
2-rasm. Kremniy namunasini 1mm×5mm×10mm o‘lchamli kesishning metodik sxemasi.

2-rasmda namunani kesishga tayyorlashning metodik sxemasi berilgan. Namuna STX-402 olmos simli kesish qurilmaning maxsus joyida barqaror mahkamlanadi, kerakli yo‘nalish bo‘yicha tekislanadi va olmos simning harakat trayektoriyasiga mos ravishda kesiladi. Shu nuqtayi nazaridan kesish bosqichining asosiy vazifasi – Mn, Fe va Ni bilan bog‘liq diffuziya tajribalarida bir xil boshlang‘ich o‘lchamga ega Si namunalarini olishdir. Bunday standartlashtirish keyingi bosqichlarda diffuziya sharoitlarini o‘zaro taqqoslash, namunalar bo‘yicha natijalarni jadval va grafiklarda bir xil birliklarda ifodalash hamda Mn–Fe va Mn–Ni o‘zaro ta’sirini tahlil qilishni qulaylashtiradi.

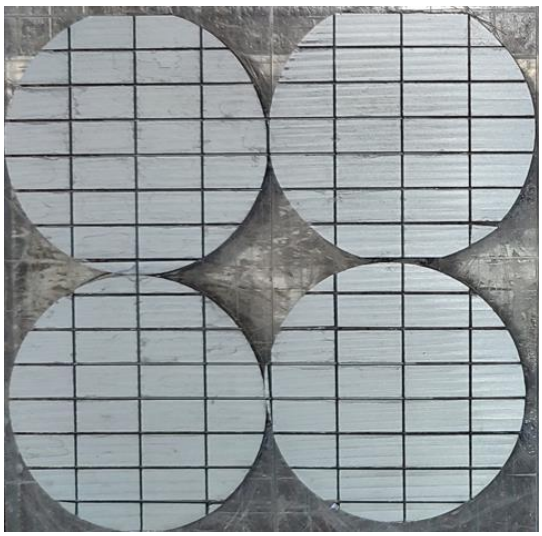
Muhokama va natijalar. Kremniy namunalari tayyorlangandan so‘ng ularni Mn, Fe va Ni kirishma atomlari bilan bog‘liq tajribalarda ishlatish mumkin. Mazkur maqolaning asosiy qismi – “Kremniydagi marganets kirishma atomlari klasterlarining temir va nikel kirishma atomlari bilan o‘zaro ta’siri” mavzusiga mos holda namuna tayyorlash bosqichini eksperimental zanjirning boshlang‘ich qismi sifatida asoslashdir. Ushbu metodik yondashuv natijasida ilmiy tadqiqotda ishlatiladigan kremniy namunalarini tayyorlashning izchil tartibi shakllanadi. Bir xil o‘lchamdagi namunalar Mn, Fe va Ni diffuziyasi bo‘yicha tajribalarni bir-biri bilan solishtirish imkonini beradi. Keyinchalik olingan tajriba natijalari bo‘yicha Mn atomlari klasterlarining Fe va Ni atomlari bilan o‘zaro ta’siri, diffuziya jarayonining namuna bo‘ylab taqsimlanishi va kirishma atomlarining konsentratsion o‘zgarishlari tahlil qilinishi mumkin. 2-jadvalda namuna tayyorlashning bosqichlar keltirilgan.

2-jadval. Kremniy namunalarini tajribaga tayyorlash bosqichlari

№	Bosqich	Tavsif
1	Boshlang‘ich Si kristalli tanlash	Namuna holatini tekshirish
2	O‘lcham va yo‘nalishni belgilash	1mm×5mm×10mm o‘lcham
3	STX-402 olmos simli kesish qurilmada mahkamlash	Namuna yuzasini aniq yo‘naltirish
4	Olmos sim bilan kesish	Avtomatik oldinga-orqaga harakat
5	Kesilgan namunani ajratish	Keyingi diffuziya tajribasiga tayyorlash



3-rasm. Kremniy plastinkalarining tasviri



4-rasm. Kremniy namunasining 1 mm (qalinlik) × 5 mm (eni) × 10 mm (uzunlik) o‘lchamda kesilgandagi tasviri

Xulosa. STX-402 olmos simli kristall qirqish qurilmasi asosida kremniy namunalarini tajribalariga tayyorlash metodikasi ishlab chiqildi. Qurilmaning olmos simli kesish prinsipi, avtomatik oldinga-orqaga harakati, sozlanadigan uzatish tezligi, ±0,01 mm joylashuv aniqligi va taxminan ±10 mkm kesish aniqligi namuna tayyorlash bosqichini nazorat qilish uchun muhim texnik parametrlar sifatida ajratilgan. 1mm×5mm×10mm o‘lchamli kremniy namunasi ko‘rsatildi va ilmiy tadqiqot tajribalarining metodik namunasi sifatida qabul qilindi. Natijada kremniy namunalarini kesish bosqichi “Kremniydagi marganets kirishma atomlari klasterlarining temir va nikel kirishma atomlari bilan o‘zaro ta’siri” mavzusidagi tadqiqotning tajribaviy tayyorgarlik qismi bilan bevosita bog‘landi. Tayyorlangan namunalar asosida Mn, Fe va Ni diffuziyasini amalga oshirish mumkin.

Adabiyotlar

1. Bakhadyrkhanov M.K., Iliev Kh.M., Tursunov M.O., Isamov S.B., Koveshnikov S.V., Majitov M.Kh. Electrical Properties of Silicon Doped with Manganese via High-Temperature Diffusion. // Inorganic Materials, 2021, Vol. 57, № 7. – P. 655-662.

2. Ismailov K.A., Iliev Kh.M., Tursunov M.O., Ismaylov B.K. Formation of complexes consisting of impurity Mn atoms and group VI elements in the crystal lattice of silicon. // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics, 2021, Vol. 24, № 3. – P. 255-260.

3. Zikrillaev N.F., Kurbonova U.Kh., Mavlonov G.Kh., Kenjaev Z.T., Ismaylov B.K., Ismailov T.B. Магнитные свойства кремния, легированного примесными атомами марганца. // Муқобил энергетика, 2024, Т. 1, № 12.

4. Würzner S., Herms M., Kaden T., Möller H.J., Wagner M. Characterization of the Diamond Wire Sawing Process for Monocrystalline Silicon by Raman Spectroscopy and SIREX Polarimetry. // Energies, 2017, Vol. 10, № 4. – P. 414.

5. Zikrillaev N.F., Koveshnikov S.V., Trabzon L., Mavlonov G.Kh., Ismaylov B.K., Ismailov T.B., Urakova F.E. Ферромагнитные свойства кремния, легированного атомами марганца. // Электронная обработка материалов, 2024, Т. 60, № 3. – С. 28-33.

6. Pala U., Kuster F., Wegener K. Characterization of electroplated diamond wires and the resulting workpiece quality in silicon sawing. // Journal of Materials Processing Technology, 2020, Vol. 276. – 116390.

7. Gao Y., Ge P., Zhang L., Bi W. Material removal and surface generation mechanisms in diamond wire sawing of silicon crystal. // Materials Science in Semiconductor Processing, 2019, Vol. 103. – 104642.