

12-30-2020

PENETRATION OF IMPURITIES INTO THE CRYSTAL LATTICE OF SOLID BODIES WITH THE HELP OF ION IMPLANTATION AND BOMBARDMENT

Rustam Ummatkulovich Elmurodov
Gulistan State University, elmuratov55@gmail.com

Shovqi Kulaganovich Niyazov
Gulistan State University

Gulom Bazarboevich Samatov
Gulistan State University

Abdurahmon Abdullaev
Gulistan State University

Ilhom Maripov
Gulistan State University

See next page for additional authors.
Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/gulduvestnik>



Part of the [Higher Education Administration Commons](#)

Recommended Citation

Elmurodov, Rustam Ummatkulovich; Niyazov, Shovqi Kulaganovich; Samatov, Gulom Bazarboevich; Abdullaev, Abdurahmon; Maripov, Ilhom; and Faizullaev, Abduazim (2020) "PENETRATION OF IMPURITIES INTO THE CRYSTAL LATTICE OF SOLID BODIES WITH THE HELP OF ION IMPLANTATION AND BOMBARDMENT," *Bulletin of Gulistan State University*. Vol. 2020 : Iss. 4 , Article 8.
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/gulduvestnik/vol2020/iss4/8>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Bulletin of Gulistan State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

PENETRATION OF IMPURITIES INTO THE CRYSTAL LATTICE OF SOLID BODIES WITH THE HELP OF ION IMPLANTATION AND BOMBARDMENT

Authors

Rustam Ummatkulovich Elmurodov, Shovqi Kulaganovich Niyazov, Gulom Bazarboevich Samatov,
Abdurahmon Abdullaev, Ilhom Maripov, and Abduazim Faizullaev

Fizika

УДК 539.2/.6

**PENETRATION OF IMPURITIES INTO THE CRYSTAL LATTICE OF SOLID BODIES
WITH THE HELP OF ION IMPLANTATION AND BOMBARDMENT**

**ПРОНИКНОВЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ РЕШЕТКУ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПОД
ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ И БОМБАРДИРОВКИ**

**ИОНЛАР ИМПЛАНТАЦИЯСИ ВА БОМБАРДИРОВКАСИ ТАЪСИРИДА ҚАТТИҚ
ЖИСМЛАРНИНГ КРИСТАЛЛ ПАНЖАРАЛАРИГА АРАЛАШМАЛАРНИ КИРИБ БОРИШИ**

**Элмуродов Рустам Умнаткулович, Ниязов Шовки Кулаганович,
Саматов Гулом Базарбоевич, Абдуллаев Абдурахмон,
Марипов Илхом, Файзуллаев Абдуазим**

Гулистон давлат университети, 120100. Сирдарё вилояти, Гулистон шаҳри, 4-мавзе
E-mail: elmuratov55@gmail.com

Abstract. The article explains that by methods of ion implantation or bombardment it is possible to inject foreign impurities into the crystal lattice of metal substrates. For this purpose, a special experimental setup with a high vacuum condition is used. Under normal conditions, atoms or molecules of the atmosphere interact with the surface of solids. As a result of the diffusion process, atoms or molecules of the atmosphere penetrate into the near-surface region, into the crystal lattice of solids and form a connection of some type. Usually, this diffusion process occurs very slowly and for a long time, as a result, the penetration of foreign atoms or molecules into the crystal lattice of solids occurs in very small quantities. Various methods can be used to accelerate the diffusion of foreign atoms and molecules of matter, gas or solid body atoms, by ion implantation or bombardment. These methods make it possible without breaking the crystal lattice of solids or metals, introduces them in large quantities and at a sufficiently high speed, foreign impurities. This process can be carried out in special experimental facilities with high vacuum conditions. In order to obtain samples, the method of simultaneous bombardment with inert gas ions and thermal spraying of various metal materials on the surface of a substrate made of other metal materials was used. As a result of bombardment with inert gas ions, cathodic sputtering of the substrate material occurs and cascading collisions of gas ions with the atoms of the film and substrate materials, resulting in a process of mixing the atoms of the film and substrate material. The article describes the mechanisms of individual modes and prikryvaem cascading collisions. During the simultaneous bombardment of inert gas ions and thermal deposition of various metallic materials on the surface of the substrate, surface and near-surface areas of the crystal lattice of the film-substrate system, radiation-stimulated diffusion, defects, recombination of defects, particle annihilation, vacancies, migration of defects, etc. occur. The film-substrate systems obtained by this method change the physicochemical, mechanical, electrical, corrosion resistance, adhesion, mechanical hardening and other properties. Thus, the use of this method makes it possible to obtain a new type of materials for the needs of science and technology

Keywords: Solid body, diffusion, atoms, molecules, surface, implantation, ion bombardment, film-substrate system, defect, cascade, microhardness, adhesion, corrosion.

Аннотация. В данной статье, мы изложим о том, что, методами ионной имплантации или бомбардировки, можно внедрять чужие примеси в кристаллическую решетку металлической подложки. Для этой цели, используется специальная экспериментальная установка с высоким вакуумным условием. В обычных условиях, атомы или молекулы атмосферы взаимодействуют с поверхностью твердых тел. В результате процесса диффузии, атомы или молекулы атмосферы проникают в приповерхностную область, в кристаллическую решетку твердых тел и образуют соединение какого-нибудь типа. Обычно этот процесс диффузии происходит очень медленно и длительно, в результате проникновение чужих атомов или молекул, в кристаллическую решетку твердых тел, происходит очень малом количестве. Различными способами можно ускорить диффузию чужеродных атомов и молекул вещества, газа или атомов твердые тела, методами ионной имплантации или бомбардировкой. Эти методы дают возможности, не нарушая кристаллической решетки твердых тел или металлов, вводить в них в больших количествах и с достаточно большой скоростью, посторонние примеси. Этот процесс может осуществляться в специальных экспериментальных установках в условиях высокого вакуума. С целью получения образцов применялся метод одновременной бомбардировки ионами инертных газов и термическое напыление различных металлических материалов, на поверхность подложки, изготовленной из других металлических материалов. В результате бомбардировки ионами инертных газов, происходит катодное распыление материала подложки и каскадные столкновения ионов газа, с атомами материалов пленки и подложки, в результате чего, возникает процессе перемешивание атомов материала пленки и подложки. В статье описаны механизмы режимов отдельных и прикрываемых каскадных столкновений. При одновременной бомбардировке ионами инертных газов и термическое напыление различных металлических материалов, на поверхность подложки, поверхностных и приповерхностных областях кристаллической решетки системы пленка-подложка происходят процессы радиационно-стимулированной диффузии, дефекты, рекомбинации дефектов, аннигиляции частиц, вакансии, миграции дефектов и т.д. Полученные таким методом системы пленка-подложка, меняют физико-химические, механические, электрические, коррозионные устойчивости, адгезию, механические упрочнения и другие свойства. Таким образом, использование этого метода дает возможность получения нового типа материалов, для нужды в сфере науки и техники.

Ключевые слова: твердые тела, диффузия, атомы, молекулы, поверхность, имплантация, ионная бомбардировка, система пленка-подложка, дефект, каскад, микротвердость, адгезия, коррозия.

Кириш. Нормал шароитларда, қаттиқ жисмлар, хусусан металлларнинг кристалл панжараларига диффузияланадиган атроф-муҳитнинг, яъни газ молекулаларининг ёки бошқа моддаларнинг атомлари ва молекулаларининг миқдори жуда кам бўлади. Бундан ташқари, бегона атомларнинг ёки молекулаларнинг диффузия тезлиги ҳам жуда кичик бўлади. Шу боис, қаттиқ жисмларнинг ёки металлларнинг кристалл панжараларига кириб борган бегона аралашмаларнинг физикавий-кимёвий таъсирлари ҳам секин амалга ошади.

Тадқиқот объекти ва қўлланиладиган методлар

Қаттиқ жисмларнинг ёки металлларнинг кристалл панжараларига суъний равишда, турли хил усуллар билан қатта миқдорда ва етарлича қатта тезликда бегона газ молекулаларини ёки моддаларнинг атомларини диффузиясини тезлатиш орқали бошқа қаттиқ жисмлар ёки металлларнинг кристалл панжараларга бегона аралашмаларни кириб боришини амалга ошириш мумкин. Бу ионлар имплантацияси ва бомбардировкаси методи орқали амалга оширишилади. Биз ўз тадқиқотларимизда ушбу методдан фойдаландик.

Олинган натижалар ва уларнинг таҳлили

Ҳозирги пайтда, қаттиқ жисмларнинг ёки металлларнинг кристалл тузилишини бузмасдан туриб, уларга бегона аралашмалар киритишнинг бир қанча усуллари яратилган. Бундай усулларга: 1. Турли металллардан тайёрланган тагликларга (нишонларга) газ молекулаларини ёки моддаларнинг атомларини ионлаштириб, уларни электр майдонида тезлаштириб, катта энергия бериб, имплантация қилиш; 2. Қаттиқ жисмларнинг ёки металллардан тайёрланган тагликларга газ молекулаларини ионлаштириб, бомбардировка қилиш; 3. Қаттиқ жисмлар ёки металллар сиртига бошқа моддаларни термик буғлатиш ёки катод емириш орқали пленка ва қопламалар ўстириш жараёнида, газ молекулаларини ионлаштириб, бомбардировка қилиш каби усулларни келтириш мумкин. Бундай суъний равишда бегона аралашмаларни кристалл панжараларга киритиш юқори вакуум ҳосил қилинган қурилмаларда амалга оширилади. Биринчи ҳолда, тагликлар (нишонлар) яхлит соф металллардан ёки қаттиқ жисмлардан тайёрланиши, ёки бу яхлит нишонлар сиртига, вакуумда, аввалдан буғлатиш йўли билан тайёрланган, бошқа металл материалларидан ўстирилган пленка ёки қопламалар (пленка-таглик системаси) бўлиши мумкин. Бунда, пленка-таглик системаси аввалдан тайёрланиб олинади. Бундай плёнка-таглик системасини қўллашан мақсад шуки, бу системага ионлар имплантацияси қилинаётганда, тўқнашишлар натижасида, ионлар билан бирга, пленка материалнинг атомлари ҳам, нишон (таглик) материалга кириб бориши рўй беради, яъни катта энергияли ионлар зарбидан, пленка материалларининг атомлари, нишон материалга қараб ҳаракатланади ва кириб боради. Бу эса, нишон материалларининг кристалл панжараларида икки хил бегона моддаларнинг атомларини аралашшига олиб келади. Иккинчи ҳолда ҳам, ионлар бомбардировкаси яхлит нишонларга ёки нишонлар сиртига буғлатиш йўли билан ўстирилган пленка-таглик системасида амалга оширилади. Бироқ, ионлар энергияси кичик бўлгани учун, аралашлар миқдори кам бўлади, яъни етарлича катта миқдорда аралашмаларни киритишни амалга ошириб бўлмайди. Шунинг учун, учинчи бир усул кашф қилинди. Бу усул, қаттиқ жисмлардан тайёрланган нишонларни ионли бомбардировка қилиш билан бирга, бир пайтда, буғлатиш орқали нишонлар сиртига бошқа моддалардан пленка ва қопламалар ўстиришдан иборатдир. [1-2]

Ҳар учала ҳолда ҳам, бир модда материалнинг кристалл панжараларига, бошқа моддаларнинг ионлашган ҳолдаги атомларини ёки молекулаларини кириб бориши ва қаттиқ ҳолда аралаштириш юз бериши, яъни қаттиқ қотишмалар ҳосил бўлиши кузатилади. Бу ҳолларда, таглик материалнинг кристалл панжараларида асосий структуравий бузилишлар рўй бермайди.

Қаттиқ жисмлар сирти ва сиртига яқин соҳаларга ионлар имплантацияси ёки бомбардировкаси амалга оширилаётганда, ионлар қаттиқ жисмларнинг кристалл панжараларидаги атомлар билан тўхтовсиз тўқнашишларга дучор бўлади. Натижада, бу ионларнинг энергияси, тўқнашишларда кристалл панжаралардаги атомларга узатилади, ионларнинг энергияси камайиб, ҳаракатдан тўхтайдиган ва ионлар, кристалл панжараларнинг тугунларидаги вакант (бўш) жойларга ёки панжаралар ораликларидаги жойларга (дефектларга) ўрнашиб қолади, яъни аралашмаларни ҳосил қилади. Бу аралашмаларни ҳажм бирлигидаги сони, яъни концентрацияси ва кристалл панжаралардаги тақсимоти, ионларнинг энергиясига, ионлар дозасига, ионларнинг турига, ионларнинг ток зичлигига ҳамда, қаттиқ жисмларнинг сирти ва сиртига яқин бўлган соҳаларнинг физикавий-кимёвий хусусиятларига боғлиқ бўлади.

Бошқа моддаларнинг атомлари ёки молекулалари аралаштириш натижасида нишон (таглик) материалнинг кристалл панжараларида кўплаб, турли типдаги дефектлар, радиацион-стимуллашган диффузия, ваканциялар, миграциялар (кўчишлар), дислокациялар юзага келади. Бу эса, таглик материалда кўплаб ўзгаришларни келтириб чиқади. Бу ўзгаришларга, таглик материалнинг механикавий хоссаларидан, микроқаттиқлигини, мустаҳкамлигини, шикастланишига чидамлилигини, адгезиясини (ёпишқоқлигини), электр ўтказувчанлигини,

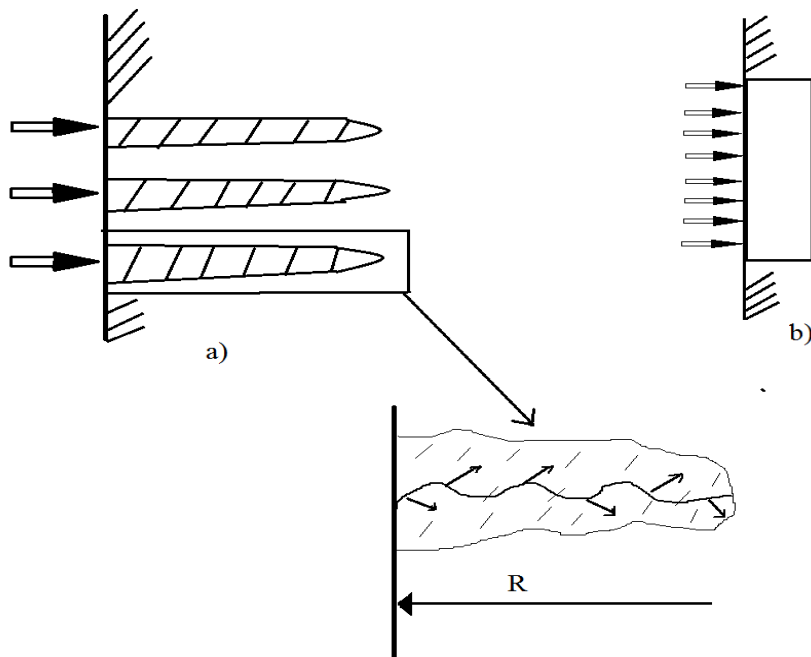
*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy va qishloq xo'jaligi fanlari seriyasi. 2020. № 4

кимёвий хусусиятларидан, коррозияга чидамлилигини ўзгаришини, иссиқлик ўтказувчанлигини, иссиқликка бардошлилигини ва бошқа хусусиятларини ўзгаришига олиб келади. Бундан, ионларни имплантация қилиш ёки ионли бомбардировка қилиш натижасида, таглик материалнинг физикавий-кимёвий, механикавий, электр хоссаларини ўзгартириш орқали, хусусиятлари яхшиланган, янги материаллар олиш мумкинлиги келиб чиқади. Қаттиқ жисмларга ионлар имплантация қилинганда ёки ионли бомбардировка қилинганда, бу ионлар қаттиқ жисмларнинг сирти ва сиртига яқин бўлган соҳаларда, кристалл кўп марта кетма-кет (каскад) тўқнашишга дучор бўлади. Каскад тўқнашишлар жараёнининг ривожланиши сифат жиҳатидан уч босқичга бўлинади. Биринчи босқич, ионлашган атомларни ёки молекулаларни қаттиқ жисмлардан тайёрланган таглик сиртига бориб урилиши билан бошланиб, таглик ичига кириб бориши босқичида $t \sim 10^{-13}$ секунд вақт давом этади. Бу босқичда, каскад тўқнашишларда иштирок этаётган зарраларнинг кинетик энергияси, ҳаракатнинг бошланиш чегаравий энергиясидан пастроқ бўлади. Бу босқич, тўқнашишлар босқичи деб юритилади. Тўқнашишлар босқичи тугагандан сўнг, каскад кучли тартибсиз ҳолатда бўлиб, кристал панжарадаги (тагликдаги) механик кучланганлик (зўриқиш) жуда қисқа, тахминан $t \sim 10^{-12}$ секунд вақтда, спонтан равишда, аввал юзага келган дефектларни рекомбинациялайди (қоплайди, тугатади), яъни аралашма зарралар кристалл панжараларда тақсимланиб, жойлашиб бўлади. Каскад ҳудудини бундай ривожланиши релаксация босқичи деб аталади. Кейинги босқич, тахминан $t \sim 10^{-11}$ секунд вақтда амалга ошади. Каскад (тўқнашишлар) ҳудуди, кристалл панжаранинг бошқа ҳудудларига қараганда, юқорироқ температурага эга бўлади, бу эса, ўз навбатида, каскад ҳудудидаги нуктавий дефектларнинг ҳаракатланишига ва қисман кўшиб кетишига, жуфтлашишига (аннигиляцияланишига) олиб келади. Бу босқич термолизация (температуранинг тенглашиши) босқичи деб юритилади. Термолизация босқичи каскад ҳудуди ва бу ҳудудни ўраб турган бошқа кристалл панжаралардаги температуранинг тенглашиши билан тугайди. Ионли имплантация ёки ионли бомбардировка натижасида, таглик материалларида юзага келадиган каскад тўқнашишлар схемаси 1-расмда келтирилган.

Бунга алоҳида, битта заррача (ионлашган атом ёки молекула) юзага келтирадиган каскад тўқнашишлар (1-расм, а) соҳаси ва зарралар оқими юзага келтирадиган каскад тўқнашишлар соҳаси (1-расм, б) кўрсатилган.

Ионлар токининг зичлиги $j = 1 \frac{mkA}{sm^2}$ бўлганида, таглик сирти 1 секундли интерваллар орасида, $R = 20 \text{ \AA}$ бўлган каскад юзага келади.

Ток зичлигининг ниҳоятта катта қийматларида ҳам, алоҳида каскад вақти, беркитиш (қоплаш) вақтига қараганда, бир неча тартибга юқори бўлади. Шунинг учун, каскад юз бериши momentiда, тагликнинг кичик ҳажмида тўпланган энергия зичлиги, каскадлар ўлчамидан етарлича катта бўлган ҳажмга сочилади. Каскад соҳасида термик (температуравий) мувозанат юзага кела бошлайди. Бу вақтга келиб, каскад ҳудудидаги нуктавий дефектларнинг концентрацияси, термик (иссиқлик) мувозанатидаги қийматларидан анча катта бўлиши мумкин.



1-расм. Каскад тўқнашишлар рўй беришининг схематик кўриниши. а) алоҳида каскадлар режими ионлар дозаси $< 10^{13} \text{ см}^{-2}$, $R=20 \text{ А}$, $t_q = 10^{-12}$ сек; б) қоплаш каскадлар режими ионлар дозаси $< 10^{13} \text{ см}^{-2}$, $t_q = 5 * 10^{-14}$ сек.

Шу сабабли, каскад тўқнашишлар натижасида юзага келадиган радиацион дефектлар ҳисобига, кристалл панжараларда янги йўналишларда кўчишларга сабаб бўладиган шароитлар юзага келади. Кристалл панжарада юзага келган турли дефектлар, зарраларнинг активлик энергияси катталигига сезиларли даражада таъсир кўрсатади. Бу энергия, кристалл панжараларда зарраларнинг кўчишларида асосий роль ўйнайди. Шу сабабли, радиацион дефектлар коэффициентлари, кристалл панжаралардаги термик (температуравий) диффузия коэффициентларидан етарлича катта бўлади. Назарий ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, каскадли жараёнларда, диффузия процесси, зарраларнинг тўқнашишлари жараёнидан эффе́ктлироқ бўлади, яъни диффузия ҳисобига рўй берадиган аралашмиш жараёни, зарраларнинг тўқнашишлари туфайли амалга ошадиган аралашмишдан каттароқ бўлади. Бу асосан, ионли бомбардировкалар жараёнида рўй беради. Бунга сабаб, ионли бомбардировкада, ионлар энергияси паст бўлади, улар тўқнашишларда ўз энергиясини жуда тез йўқотади ва таглик кристалл панжарасининг ички қисмига диффузияланиш ҳисобига кириб боради. Бу жараёнда, зарраларнинг силжиши бир неча юз ангстремга етиши аниқланган. Каттиқ жисмлар сиртига ўстирилган ёки ўстирилаётган пленка ва қопламалар бўлган ҳолда, ионли бомбардировка, таглик сиртига яқин бўлган соҳаларда, зарраларнинг диффузия жараёнини кучайтиради. Ионли бомбардировка натижасида, каттиқ жисмларда (тагликларда) юзага келадиган дефектлар, зарраларнинг кристалл панжараларга диффузияланиб ўтиш активлиги имкониятларини оширади. Кристалл панжараларидаги дефектлар комплекс (кластер) формасида комбинацияланиши мумкин, Бу комбинация аралашма-дефект-кластер формасида бўлиб, жуда актив бўлиши ва дефектлар концентрацияси градиенти ёки аралашма зарралар градиенти мавжуд бўлган ҳолда, радиацион-активлашган диффузия жараёнини юзага келтиради. Бу диффузиянинг узунлиги, яъни зарраларнинг таглик ичига тўқнашишларсиз кириб бориш узунлиги, бомбардировка қилаётган ионларнинг тўқнашишлар орқали кириб бориши чуқурлигидан узун бўлиши мумкин. Радиацион-активлашган диффузиянинг узунлиги, дефектлар зичлиги ва бўш ўринлар (ваканциялар) билан аниқланади. [3]

Хулоса

Ионли имплантация ёки ионли бомбардировка қилинаётганда, қаттиқ жисмларнинг сиртига тушаётган ёки учиб бориб урилаётган зарраларнинг кинетик энергияси икки турда сарф бўлиши мумкин: биринчиси, таглик материалининг атоми ядросига сарфланадиган энергия (ядровий тормозланишга сарфланадиган энергия), иккинчиси, таглик материалининг атомларидаги электронларни ғалаёнлантиришга сарфланадиган энергия деб ҳисобланади. Бу сарфланадиган энергияни эътиборга олган ҳолда, каскад тўкнашишларини асосий ўлчамини, каскадга аралашган зарраларнинг тақсимотини ва каскад тўкнашишлар натижасида, таглининг ичида, кристалл панжараларда атомларнинг силжиши сонини тақрибан аниқлаш мумкин. Қаттиқ жисмларнинг кристалл панжараларидаги атомларни ўзлари эгаллаб турган жойларидан силжишлари натижасида, кўп сонли дефектларни келтириб чиқаради. Бу дефектлардан бири, бўш ўринлар - ваканциялар бўлиб, бу ваканцияларга, имплантация ёки бомбардировка қилаётган ионларнинг ёки пленка ва қопламалар материалининг атомлари, кетма-кет тўкнашишлар натижасида, ёки диффузияланишлар оқибатида кириб боради. Бунинг натижасида, кристалл панжараларга бегона атомлар ёки молекулаларнинг аралашшишига олиб келади. Бу эса, қаттиқ жисмларнинг физикавий, кимёвий ва бошқа хусусиятларини ўзгартиради.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Satoshu Fukui, Ri-ichi Murakami and Daisuke Yonekura. "Effect of Dynamic Ion Mixing Coating Condition for Fatigue Properties of Stainless Steel with TiN Film" // Trans Tech Publications, Swtzerland 2007.- P.////
2. [A. Seidl](#), [K. Fujii](#), [M. Kiuchi](#) [M. Satou](#) and [M. Takai](#) "Simulator for Dynamic Ion Beam Mixing" // Government Industrial Research Institute Osaka, Midarigaoka 1-8-31, Ikeda, Osaka 563 Published online by Cambridge University Press: 25 February 2011.
3. N. Kishimoto, Y. Takeda, N. Umeda, V. T. Gritsyna, C. G. Lee and T. Saito, "Metal Nanocrystal Formation in Magnesium Alminate Spinel and Silicon Dioxids iwht High-Flux Cu Ions"// *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, vol. B166/16, 2000. –P. 840-845.

References:

1. Satoshu Fukui, Ri-ichi Murakami and Daisuke Yonekura. "Effect of Dynamic Ion Mixing Coating Condition for Fatigue Properties of Stainless Steel with TiN Film" // Trans Tech Publications, Swtzerland 2007.- P.////
2. [A. Seidl](#), [K. Fujii](#), [M. Kiuchi](#) [M. Satou](#) and [M. Takai](#) "Simulator for Dynamic Ion Beam Mixing" // Government Industrial Research Institute Osaka, Midarigaoka 1-8-31, Ikeda, Osaka 563 Published online by Cambridge University Press: 25 February 2011.
3. N. Kishimoto, Y. Takeda, N. Umeda, V. T. Gritsyna, C. G. Lee and T. Saito, "Metal Nanocrystal Formation in Magnesium Alminate Spinel and Silicon Dioxids iwht High-Flux Cu Ions"// *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, vol. B166/16, 2000. –P. 840-84.

Муаллифлар:

Элмуратов Р.У.- Гулистон давлат университети доценти, ф.-м.ф.н., E-mail: elmuratov55@gmail.com.
Ниязов Ш.К.- Гулистон давлат университети доценти, т. ф.н., E-mail: shniyazov48@gmail.com
Саматов Ғ.Б.- Гулистон давлат университети доценти, E-mail: ф.-м.ф.н., gsamatov52@gmail.com
Абдуллаев А.- Гулистон давлат университети доцент в.б., т.ф.н. E-mail: abdullayev48@gmail.com
Марипов И.- Гулистон давлат университети ўқитувчиси, E-mail: maripov521@gmail.com
Файзуллаев А.- Гулистон давлат университети магистранти, E-mail: fayzullayev96@gmail.com