

Вплив магнітного поля на автоколивальні процеси на міжфазній поверхні провідник-електроліт.

Влияние магнитного поля на автоколебательные процессы на межфазной поверхности проводник-электролит.

Influence of magnetic field on auto-oscillating processes on interface surface conductor-electrolyte.

1. **Номер державної реєстрації роботи** - 0109U001601.
2. **Науковий керівник (вчений ступінь, звання)** - Горобець Юрій Іванович, д.ф.-м.н., професор, член-кор. НАПН України, Горобець Юрий Иванович, Gorobets Yurii Ivanovich.
3. **Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Розроблено нові принципи керування автоколивальними процесами на міжфазній поверхні провідник-електроліт за допомогою зовнішнього постійного магнітного поля. Отримано детальний опис автоколивальних явищ на міжфазній поверхні провідник-електроліт при накладанні постійного магнітного поля, яке є новим прикладом нелінійної самоорганізації в системі, що далека від термодинамічної рівноваги.

Показано, що залежність маси стравленої сталі від часу має квазіперіодичний характер, який залежить, зокрема, від складної конфігурації потоків електроліту, що виникають під час процесу травлення, а також від геометрії розташування зразка. Отримано залежності коливальних характеристик від величини зовнішнього постійного магнітного поля, концентрації електроліту, температури, при якій відбувається корозія; вивчено вплив передісторії зразка, зокрема, попереднього відпалу та розмагнічування, на коливальні характеристики, а також вплив орієнтації магнітного поля по відношенню до виділених напрямків зразка. Розраховані характеристичні статистичні параметри автоколивального процесу травлення сталеві пластины, зокрема, обчислені середня швидкість травлення, середньоквадратична швидкість травлення, максимальна та мінімальна швидкості травлення, а також середній період автоколивального процесу при різних концентраціях електроліту. Наукова новизна результатів НДР базується на ідеї залучення до досліджень таких параметрів впливу на хід реакцій, як взаємне розташування характерних напрямків зразка та зовнішнього магнітного поля, а також комбінації цього впливу з впливом гравітаційного поля Землі. Показано, що за допомогою комбінації складових реакцій та зовнішніх чинників можна досягти оптимальних значень фізичних характеристик автоколивального процесу на міжфазній поверхні провідник-електроліт.

(рос.)

Разработаны новые принципы управления автоколебательными процессами на межфазной поверхности проводник-электролит с помощью внешнего постоянного магнитного поля. Получено детальное описание автоколебательных явлений на межфазной поверхности проводник-электролит при наложении постоянного магнитного поля, которое является новым примером нелинейной самоорганизации в системе, далекой от термодинамического равновесия.

Показано, что зависимость массы стравленной стали от времени имеет квазипериодический характер, который зависит, в частности, от сложной конфигурации потоков электролита, возникающих в процессе травления, а также от геометрии расположения образца. Получены зависимости колебательных характеристик от величины внешнего постоянного магнитного поля, концентрации электролита, температуры, при которой происходит коррозия; изучено влияние предистории образца, в частности, предварительного отжига и размагничивания, на колебательные характеристики, а также влияние ориентации магнитного поля по отношению к выделенным направлениям образца. Рассчитаны характеристические статистические параметры автоколебательного процесса травления стальной пластины, в частности, вычислены средняя скорость травления, среднеквадратическая скорость травления, максимальная и минимальная скорости

травлення, а также средний период автоколебательного процесса при разных концентрациях электролита. Научная новизна результатов НДР базируется на идее привлечения к исследованиям таких параметров воздействия на ход реакций, как взаимное расположение характерных направлений образца и внешнего магнитного поля, а также комбинации этого влияния с влиянием гравитационного поля Земли. Показано, что с помощью комбинации составляющих реакции и внешних факторов можно достигнуть оптимальных значений физических характеристик автоколебательного процесса на межфазной поверхности проводник-электролит.

(англ.)

New principles of operating autooscillating processes in interphase of conductor-electrolyte by means of external permanent magnetic field are developed. Detailed description of autooscillating phenomena is obtained in interphase of conductor-electrolyte in permanent magnetic field. It is a new example of nonlinear self-organization in system that is dissimilar to thermodynamic equilibrium.

It is shown that dependence of mass of etched steel on time has quasi-periodic character that in particular depends on complex configuration of electrolyte vortexes which are formed in the etch processes as well as on the geometry of sample arrangement. The dependences of oscillating characteristics are obtained on value of external permanent magnetic field, electrolyte concentration, temperature of corrosion. The influence of the sample prehistory on oscillating characteristics is also studied, in particular, of such factors as preliminary annealing and demagnetizing. The influence of magnetic field orientation with respect to dedicated directions of sample is also researched. Characteristic statistical parameters of autooscillating process of steel plate etching are calculated, in particular, average speed of etch, mean square speed of etch, maximum and minimum speeds of etch, as well as average period of autooscillating process at various electrolyte concentrations. Scientific novelty of the results of research is based on the idea to involve to research the such parameters of influence on reaction as mutual bracing characteristic directions of a sample and external magnetic field as well as combination of this influence with one of Earth gravitation. It is shown the possibility to achieve the optimal values of physical characteristics of autooscillating processes in interphase of conductor-electrolyte by means of combination of reaction components with external factors.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

- Патент на корисну модель №50249. Зареєстровано 25.05.2010.Спосіб переміщення магнітних мікрооб'єктів, автори: Ю.І.Горобець, Ю.І.Джежеря, І.О.Мельничук, С.В.Черепов, О.П.Кузь,І.О.).
- Патент України Кл. МПК (2009) B01D 35/06, B03C 1/30 (2010.01), H01F 1/00, № u 2009 11434 подано 10.11.2009, опубліковано 26.04.2010, бюл. № 8 Спосіб отримання високоградієнтної феромагнітної насадки магнітного фільтра. Автори: Горобець С.В., Горобець О.Ю., Біло О.М., Михайленко Н.О.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Відповідає світовому рівню, не має аналогів. Зокрема, вперше досліджено автоколивальні явища на міжфазній межі феромагнітний метал-електроліт в магнітному полі. Показано, що основним фактором, який викликає автоколивальні явища, є зміна магнітної доменної структури феромагнетика в зовнішньому магнітному полі.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Енергозберігаюче керування фізико-хімічними процесами підчас реакції металу з електролітом з урахуванням параметрів автоколивальних процесів на міжфазній поверхні метал-електроліт завдяки дії зовнішнього магнітного поля.

7. Потенційні користувачі (міністерства, відомства, підприємства, організації).

Результати можуть бути використані в електрохімічній галузі та приладобудуванні в процесі магнітоелектролізу, а також обробки мікроструктурованих поверхонь металів з заданими параметрами при корозії у магнітному полі.

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).

Розроблена методика керування фізичними параметрами автоколивальних процесів на міжфазній поверхні метал-електроліт в зовнішньому магнітному полі.

9. Існуючі результати впровадження. Немає

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

НТУУ «КПІ», фізико-математичний факультет, кафедра загальної та експериментальної фізики, (044) 406-82-48, e-mail: y.gorobets@kpi.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

Монографії:

1. В.Г. Бар'яхтар, Ю.Л. Болотін, А.В. Тур, В.В. Яновский. Физическая ткань Вселенной. – Харьков: Изд. НТК Институт монокристаллов. – 2010. – 510 стр.

Підручники:

1. В.Г. Бар'яхтар, І.В. Бар'яхтар. Молекулярна фізика. Курс лекцій. – К.: Наукова думка. – 2011. – 332 с.
2. В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова, М.М. Кирюхін, О.М. Кирюхіна. Фізика. Академічний рівень. Профільний рівень. Підручник з фізики для 11 класу. – К.: Ранок. — 2011. – 318 с.

Статті:

1. Gorobets O.Yu. Oscillating dependence of the etched steel mass on the external magnetic field / O.Yu. Gorobets, A. K. Zvezdin, and O.N. Bylo // Bulletin of the Lebedev Physics Institute – 2009. - Vol.36, № 3. - P. 79 - 83.
2. Горобец С.В. Травление стальной пластины с разными типами доменных структур в слабом растворе азотной кислоты \ С.В. Горобец, О.Ю. Горобец, О.М. Было \ \ Металлофизика и новейшие технологии - 2009. – Том 31, - № 7, - С. 1001 - 1010.
3. Горобець С.В. Отримання насадки магнітного сепаратора методом магнітокерування корозії для біомедичних застосувань \ С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, О.М. Біло, І.В. Дем'яненко \ \ Електроніка і зв'язь. – 2009.- ч.1, № 2-3. – С. 238-241.
4. Горобець С.В. Отримання функціональних покриттів за допомогою керування процесу травлення сталі під дією магнітного поля \ С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, О.М. Біло, М.М. Потьомкін \ \ Науково-технічний збірник. Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля – 2009. - №11, - С. 70-74.
5. Бар'яхтар В.Г., Горобець Ю.І., Потьомкін М.М. Магнітна пастка для локалізації мікрочастинок у потоці рідини//Наукові вісті. – Науково-технічний журнал. – НТУУ «КПІ» 2009г. – Випуск 3. – Ст. 143-147.
6. Горобець Ю.І., Решетняк С.А., Хоменко Т.А. Вклад обменного взаимодействия и анизотропии в отражение объемных спиновых волн от мультислойной структуры // Электроника и связь. – 2009. – №2-3. – Ч. 1. – С. 11-15.
7. Gorobets Yu.I. Formation of nonlinear magnetization oscillations by spin waves transmission through the boundary of two uniaxial ferromagnets O.Yu. Gorobets, T.A. Khomenko / Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. – 2010. – Vol. 15, №12 – P. 4198-4201.
8. Gorobets Yu.I. Reflection of Magnetoelastic Waves on the Boundary of Two Ferromagnetic Media with Different Strength of Coupling in the Interface / S.O. Reshetnyak, T.A. Khomenko // Acta Physica Polonica A. – 2010. – Vol. 117, № 1 – P.211 – 214.
9. Yu. I. Gorobets. Application of domain structures elements of ferrite-garnet films for transport of magnetic microparticles / Yu. I. Dzhezherya, I. A. Melnichuk, S. V. Cherepov, and A. P. Kuz // Journal of Applied Physics. – 2010. –Vol. 108, №1. – 6p.
10. Горобець С.В. Дослідження магнітної сприйнятливості дрібнодисперсних

- порошків на основі Fe і Fe₃O₄ / О.Ю. Горобець, О.К. Двойненко, Ю.О. Кузнецов // Вісник Донецького національного університету, Сер. А: Природничі науки – вип. 1. – 2010. – С. 169-173.
11. Біло О.М., Михайленко Н.О. (ст.), Сопіна А.В. (ст.), Овсієнко Т.В. (ст.), Горобець О.Ю. Отримання функціональних покриттів методом магнітокерованої корозії // Наукові праці студентів і аспірантів – переможців щорічних конкурсів на здобуття фінансової підтримки НТУУ «КПІ» для виконання науково-дослідних робіт. – НТУУ «КПІ», 2010. – с. 6-8.
 12. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Двойненко О.К., Михайленко Н.О. (ст.) Очищення стічних вод від іонів купруму (II) магнітокерованим біосорбентом за допомогою високоградієнтних ферромагнітних насадок// Наукові вісті НТУУ "КПІ", «Проблеми біології та біотехнології». – 3. – 2010. – с. 21-25.
 13. С.О. Решетняк. Особливості релаксації та заломлення обмінних спінових хвиль в багатопідґратковому антиферромагнетикі типу CsCuCl₃ // Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. – 2011. – № 1. – С.86-93 .
 14. S.A. Reshetnyak , A.S. Berezhinskiy. Refraction of spin waves by bifocal surface ferromagnetic lens in external magnetic field directed along the hard axis // The Open Condensed Matter Physics Journal. – 2011. – Vol. 4. – P. 4-7.
 15. С.О. Решетняк, А.С. Бережинський. Параметри поверхневої двофокусної спін-хвильової лінзи // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2011. – № 4. – С. .
 16. С.О. Решетняк, О.М. Юрченко. Поширення об’ємних спінових хвиль в неколінеарному антиферромагнетикі типу CsCuCl₃ з релаксацією та заломленням // Вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Фізико-математичні науки. – 2011. – № . – С. .
 17. I.V. Gerasimchuk, V.S. Gerasimchuk, Yu.I. Gorobets, J.-U. Sommer. Localization of Polymer Chains at Two Penetrable Interfaces in a Constant Magnetic Field // Ukrainian Physical Journal. – 2011. – Vol. 56, No. 1. – P. 21-29.
 18. V. G. Bar'yakhtar, A. G. Danilevich, V. A. L'vov. Magnetoelastic resonance in a crystal with lattice phase transition // Ukrainian Physical Journal. – 2011. – Т. 56, № 10. – С. 532 – 536.

Дисертації:

1. С.О. Решетняк „Спінхвильова оптика в суттєво неоднорідних магнітних структурах”. Дисертація на здобуття вченого ступеня *доктора* фізико-математичних наук. – 2009.
2. Біло О.М. “Вплив магнітостатичних полів на автоколивальну корозію ферромагнітних металів” . Дисертація на здобуття вченого ступеня *кандидата* фізико-математичних наук. – 2010.
3. Хоменко Т.А. “Лінійні та нелінійні спінові збурення у дво- та мультишарових ферромагнетиках”. Дисертація на здобуття наукового ступеня *кандидата* фізико-математичних наук. – 2011.

Матеріали конференцій:

1. Горобець С.В., Горобець Ю.И., Легенький Ю.А., Пименов Ю.Н. Угловая анизотропия эффективности улавливания прямоугольной решетки сферических ферромагнитных насадок. Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу, наукових співробітників та аспірантів Донецького національного університету за підсумками науково-дослідної роботи за період 2007-2008 рр. Донецьк, 6 квітня - 14 травня 2009 року. Т. 1 - Природничі науки. - С. 170-171.
2. Горобець С.В., Горобець Ю.И., Легенький Ю.А., Пименов Ю.Н. Концентрационная зависимость скорости цементационного осаждения медных дендритов на сферическую ВГФН в магнитном поле. Матеріали наукової

конференції професорсько-викладацького складу, наукових співробітників та аспірантів Донецького національного університету за підсумками науково-дослідної роботи за період 2007-2008 рр. Донецьк, 6 квітня - 14 травня 2009 року. Т. 1 - Природничі науки. - С. 166-167.

3. Ю.И. Горобец, С.А. Решетняк, Т.А. Хоменко. Релаксация и отражение поверхностных спиновых волн в мультислойных ферромагнетиках // Труды XXI международной конференции “Новое в магнетизме и магнитных материалах”. – Москва, 2009. – С. 124-126.
4. Ю.І. Горобець, С.А. Решетняк. Проблеми викладання математики для студентів інженерних спеціальностей українських ВНЗ // Матеріали за 7-а міжнародна научна практична конференція «Новината за напреднали наука». – София, Болгария, 17-25.05.2011. – ”Бял ГРАД-БГ” ООД, 2011. – Т.14. – С.74-75.
5. С.А. Решетняк. Проблемы подготовки школьников к обучению в высших учебных заведениях // Матеріали VII mezinárodní vědecko - praktická konference «Vědecký pokrok na přelomu tisyachalety - 2011». – Praha, Czech Republic, 27.05.2011-05.06.2011. – Publishing House “Education and Science”. – Dil. 15.– С.6-8.

Тези конференцій:

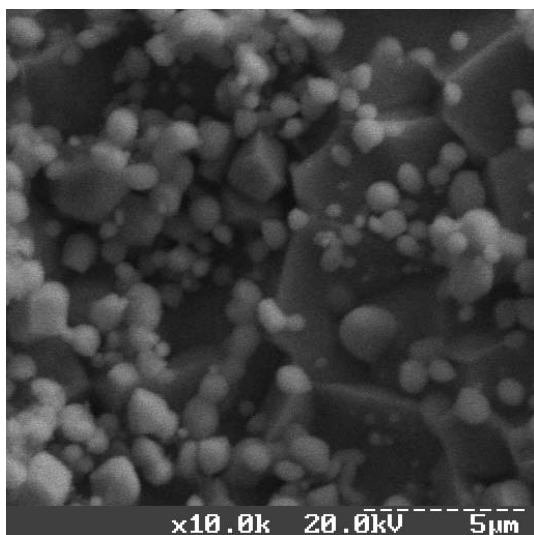
1. Gorobets S.V. Influence of ferromagnetic domain structure on its etching process in weak solution of nitric acid / S.V. Gorobets, O.Yu. Gorobets, O.N. Bylo // Abstracts of the International Conference “Functional Materials-2009 (Partenit, - 5 - 10 October – 2009). Partenit, - 2009. - P.409.
2. Gorobets S.V., Gorobets Yu.I., Legenkiy Yu.A, Pimenov Yu.N. Effect of magnetic field on the concentration dependence of the velocity of copper contact deposition on ferromagnetic sphere. International conference “Functional Materials” ICFM-2009, Ukraine, Crimea, Partenit, 2009, –p.434.
3. Gorobets S.V., Gorobets Yu.I., Legenkiy Yu.A, Pimenov Yu.N. Anisotropy of capture ability of ferromagnetic heads ordered structure. International conference “Functional Materials” ICFM-2009, Ukraine, Crimea, Partenit, 2009, –p.410
4. Горобець Ю.І., Горобець О.Ю., Лізунов В.В., Бондар І.А. Вплив доменної структури ферромагнітного електроду на просторовий розподіл електричного потенціалу подвійного електричного шару на міжфазній поверхні електрод-електроліт. International scientific workshop: oxide materials for electronic engineering – fabrication, properties and application. June 22-26, Lviv, 2009.
5. Ю.И. Горобець. Осциллирующая зависимость параметров процесса окисления железа в слабом растворе азотной кислоты от магнитного поля \ Ю.И. Горобец, О.Ю. Горобец, О.М. Было \ Тезисы 3-я международная научно-практическая конференция «Структурная релаксация в твердых телах» май 19-21, Украина, Винница, - 2009. - С.47.
6. Yu.I. Gorobets, S.A. Reshetnyak, T.A. Homenko. Inelastic scattering of bulk spin waves at the non-ideal boundary of biaxial ferromagnets // International Conference “Functional Materials”. – Book of abstracts. – Crimea, Partenit, 2009. – P.
7. Yu.I. Gorobets, S.O. Reshetnyak, T.A. Khomenko. Nonideal boundaries and propagation of bulk magnetoelastic waves // International Scientific Workshop “Oxide Materials for Electronic Engineering – fabrication, properties and application”. – Book of abstracts. – Lviv, 2009. – P. 172.
8. Gorobets S.V., Gorobets O.Y., Demjanenko I.V., Dvoynenko O.K., Mykhailenko N.O. Measurement of magnetic susceptibility of magnetically-labeled nanocomposites based on Fe-NaCl nanopowder. International Workshop Magnetic Phenomena in Micro- and Nano- Structures MPMNS 2010 Donetsk, Ukraine May 27-29, 2010. P.126.
9. Gorobets S.V., Dvoynenko O.K., Mykhailenko N.O. Properties of fractal nickel

- deposit by means of magnetoelectrolysis. International workshop «Magnetic phenomena in micro- and Nano-Structures» 2010. May 27-29. Donetsk – P. 88-89.
10. Gorobets S.V., Dvoynenko O.K., Mykhailenko N.O. Magnetic filters matrix receiving method for liquid media purification. International conference «Physics of liquid matter: modern problems» PLM MP – 2010. May 21-24. KYIV- P.196
 11. Gorobets S.V. Investigation of magnetically-driven liposome size distribution and their magnetic properties / O.N. Bylo, I.V. Demjanenko, R.N. Nikolaienko // International conference «Physics of liquid matter: modern problems» PLM MP – 2010. May 21-24. Kyiv- p.323.
 12. Gorobets S.V. Influence magneto-static field of domain structure on etching process./ O.Yu. Gorobets, O.N. Bylo // International conference «Physics of liquid matter: modern problems» PLM MP – 2010. May 21-24. KYIV- P.199.
 13. Gorobets O.Yu. Influence of magnetostatic field distribution of ferromagnetic plate on the etching of its surface in an aqueous solution of nitric acid. / I.A. Bondar, O. N. Bylo // 5th International Conference Physics of Liquid Matter: Modern Problems PLMMP 2010 Kyiv, Ukraine May 21-24, 2010. P.188.
 14. Gorobets O.Yu. Formation of quasi-stale phases in electrolyte under etching ferromagnetic metals./ I.A. Bondar, O. N. Bylo // International Workshop Magnetic Phenomena in Micro- and Nano- Structures MPMNS 2010 Donetsk, Ukraine May 27-29, 2010. P.85.
 15. Gorobets Yu.I. 3D Nonlinear solutions of Landau and Lifshitz equations. / O.Yu. Gorobets // International Workshop Magnetic Phenomena in Micro- and Nano-Structures MPMNS 2010 Donetsk, Ukraine May 27-29, 2010. P.15-16.
 16. Gorobets Yu.I. Nonlinear spin waves in the structure consisting of two uniaxial ferromagnets. / T.A. Khomenko, O.Yu. Gorobets // International Workshop Magnetic Phenomena in Micro- and Nano- Structures MPMNS 2010 Donetsk, Ukraine May 27-29, 2010. P.44-45.
 17. Горобец Ю.И. Спектр спиновых волн в мультислойном магнетике с неидеальными магнитными свойствами границ раздела слоёв. / Т.А. Хоменко// VI Международная научно – техническая конференция «Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии».- Севастополь - 26 - 30 апреля 2010. – с. 14.
 18. S. Berezhinskii, S. A. Reshetnyak. Magnetic field influence on characteristics of two-focus spin-wave lens// Abstracts of International workshop “Magnetic Phenomena in Micro- and Nano-Structures”/ – Donetsk, 27-29.05.2010. – P.33.
 19. Горобец С.В., Двойненко О.К. Михайленко Н.О., Лебеда Г.Л., Чередниченко Д.А. Технологія очищення стічних вод від іонів важких металів за допомогою високоградієнтних магнітних полів// Всеукраїнська конференція з питань безпеки харчування. Тези доповідей, 27-29 березня 2010. – Київ, 2010. – с. 54.
 20. Yu.I. Gorobets, S.A. Reshetnyak, T.A. Homenko. Inelastic scattering of bulk spin waves in a biaxial multilayer ferromagnetic structure // International Conference “Functional Materials-2011”. – Book of abstracts. – Crimea, Partenit, 03.10.2011-08.10.2011. – P. 301.
 21. S.A. Reshetnyak, A.S. Berezhinskiy. Surface bifocal spin-wave lens // International Conference “Functional Materials-2011”. – Book of abstracts. – Crimea, Partenit, 03.10.2011-08.10.2011. – P. 305.
 22. Gerasimchuk I.V., Gerasimchuk V.S., Gorobets Yu.I. Adsorption of Polymer Chains at Two Penetrable Interfaces in a Constant Magnetic Field// International Conference “Functional Materials-2011”. – Book of abstracts. – Crimea, Partenit, 03.10.2011-08.10.2011. – P. 400.
 23. V. G. Bar'yakhtar, A. G. Danilevich, V. A. L'vov, Magnetoelastic Waves in the Ferromagnets near Martensite Phase Transition// Abstracts of International

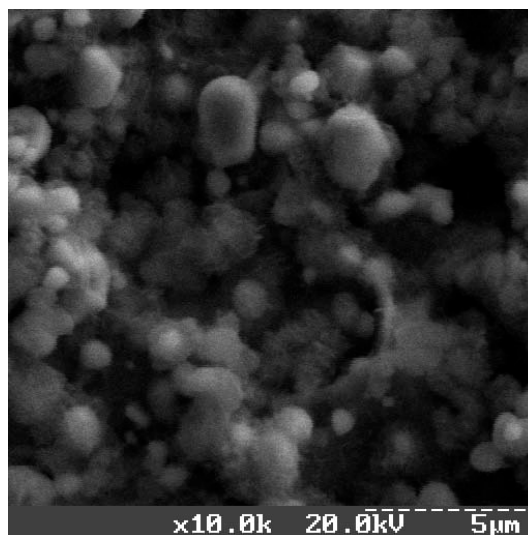
Conference Quantum Electrodynamics and Statistical Physics (QEDSP-2011), p. 144.

24. V. G. Bar'yakhtar, A. G. Danilevich, V. A. L'vov, Magnetoelastic waves in the ferromagnetic shape memory alloys near martensite phase transition // International Conference "Functional Materials-2011". – Book of abstracts. – Crimea, Partenit, 03.10.2011-08.10.2011. – P. 15.

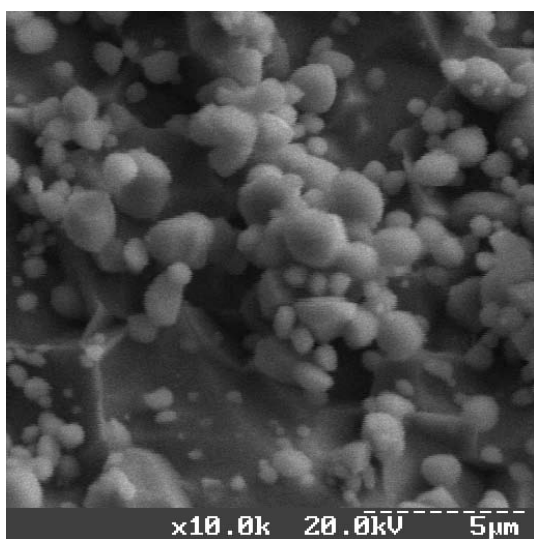
12. Фото / схема, слайди презентації розробки в електронному вигляді.



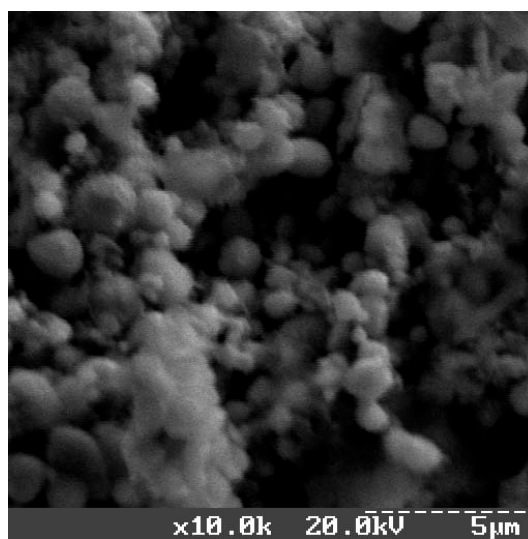
а) напруженість магнітного поля 800 Е,



б) напруженість магнітного поля 1100 Е,



в) напруженість магнітного поля 2500 Е,



г) напруженість магнітного поля 2800 Е.

Рис 1. – Зображення кородованої наноструктури поверхні сталі при 10 хв. від магнітного поля:

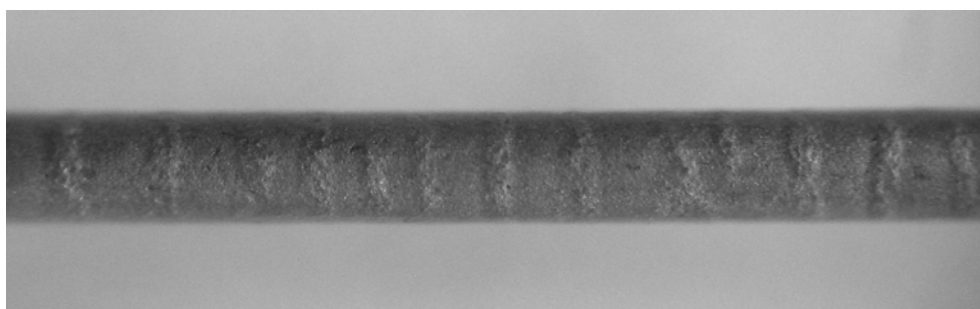


Рис 2. – Морфологія поверхні ферромагнітного циліндра після травлення в водному розчині азотної кислоти в зовнішньому МП

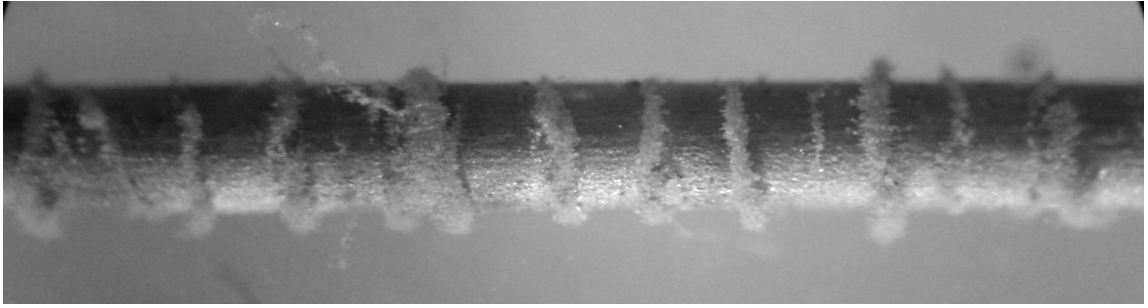


Рис. 3 – Оптичне зображення осадження дрібнодисперсного парамагнітного порошку на феромагнітний циліндр $d=460$ мкм протягом 15 хв під впливом зовнішнього МП $B=0,3$ Тл