

Effect of annealing temperature on the structural and magnetic properties of barium hexaferrite powders prepared by a modified co-precipitation technique

P. Peneva^{1*}, T. Koutzarova¹, S. Kolev¹, Ch. Ghelev¹, B. Vertruyen², R. Closset²,
C. Henrist², R. Cloots² and A. Zaleski³

¹*Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tzarigradsko Chaussee, 1784 Sofia, Bulgaria*

²*Structural Inorganic Chemistry, Chemistry Department B6, University of Liege, Sart Tilman, B-4000 Liege, Belgium*

³*Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences, 50422 Wroclaw, Poland*

Received October 10, 2016; Revised November 11, 2016

We report studies on the influence of the temperature of a high-temperature treatment on the microstructural and magnetic properties of nanosized single-domain BaFe₁₂O₁₉ powders synthesized by the modified co-precipitation method. The average particle size decreased from 90 nm to 25 nm as the synthesis temperature was decreased from 900 °C to 800 °C; also, they did not exhibit the well-defined hexagonal shape that is characteristic for the hexaferrites. The value of the saturation magnetization M_s measured was very high, namely, 61.24 emu/g. The coercivity H_c of the powders ranged from 44 Oe to 103 Oe, which indicated that the particles were in a near-superparamagnetic state.

Keywords: hexaferrites, co-precipitation, magnetic properties, superparamagnetic.

INTRODUCTION

Barium hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) particles are widely used as permanent magnets, in microwave components and devices, such as circulators and absorbers, as well as a magnetic recording material, due to their unique characteristics, such as a high coercivity, a modest magnetic moment, a low or positive temperature coefficient of coercivity and an excellent chemical stability against environmental corrosion [1, 2]. The magnetic properties of powders of magnetic oxides are fundamentally related not only to their chemical composition, but also to the powders' particle size, crystal structure and morphology, which can vary depending on the preparation route. Conventional techniques for preparation of magnetic nanoparticles include co-precipitation [3, 4], microemulsion [5, 6], sol-gel auto-combustion processing [7, 8], mechano-chemical treatment [9], hydrothermal decomposition [10, 11], spark-plasma processing [12], aerosol pyrolysis [13], glass-ceramic route [14]. However, the particles prepared by these methods have a size of more than 100 nm. One of the reasons is that the hexaferrites are produced at high temperatures (above 1000 °C), which leads to an uncontrolled growth of the particles and worsening of their size and shape

homogeneity. It is, therefore, very important to find methods to reduce the synthesis temperature for preparation of single-domain nanosized hexaferrite particles with a size below 100 nm and with a high degree of homogeneity which concerns their size and shape. The most widely used method for synthesis of BaFe₁₂O₁₉ is co-precipitation; we present here a modified co-precipitation method – ultrasonically assisted co-precipitation, to produce single-domain nanosized powders of barium hexaferrite. When the solution is subjected to high-power ultrasound, bubbles are formed, grow, and implodingly collapse. The collapse of bubbles caused by cavitation produces intense local heating and high pressures, with very short lifetimes. It also produces hot spots with effective temperatures of about 5000 K, pressures of 1000 atm, and heating and cooling rates above 10¹⁰ Ks⁻¹ [15, 16]. This acoustic cavitation generates chemical reactions, in our case co-precipitation. We studied the influence of the high temperature treatment on the structural and magnetic properties.

EXPERIMENTAL

The BaFe₁₂O₁₉ powders were synthesized by modified co-precipitation induced by applying a high-power ultrasound wave (ultrasonically assisted co-precipitation). Ba(NO₃)₂ and Fe(NO₃)₃ were dissolved in deionized water in a molar ratio of Ba to Fe 1:10 due to the weak solubility of barium

*To whom all correspondence should be sent:
E-mail: petya_venelinova_peneva@abv.bg

hydroxide in water ($10^{-3.6}$ at 25 °C) [17, 18, 19]. The co-precipitation was caused by adding NaOH at pH = 11.5. High-power ultrasound (Sonics ultrasonic processor 750 W) was applied to assist this process, which, as it is known, enhances the reaction rate, the mass transport and the thermal effects. The ultrasound wave with amplitude 40% was applied for 15 min, pulse on: 2 s, pulse off: 2 s. The precipitate was separated in a centrifuge, dried and milled. The precursor obtained was synthesized at 800 °C (YLT1C), 850 °C (YLT1B) and 900 °C (YLT1A) for 4 h.

The $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ powders were characterized using X-ray diffraction analysis with $\text{Cu-K}\alpha$ radiation and scanning electron microscopy (Philips ESEM XL30 FEG). The magnetic measurements were carried out at room temperature using a PPMS (Quantum Design) at a maximum magnetic field of 50 kOe. The magnetic measurements were conducted on a disoriented random assembly of particles.

RESULTS AND DISCUSSION

The XRD spectra of the samples exhibited the characteristic peaks corresponding to the $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ structure only (Fig. 1).

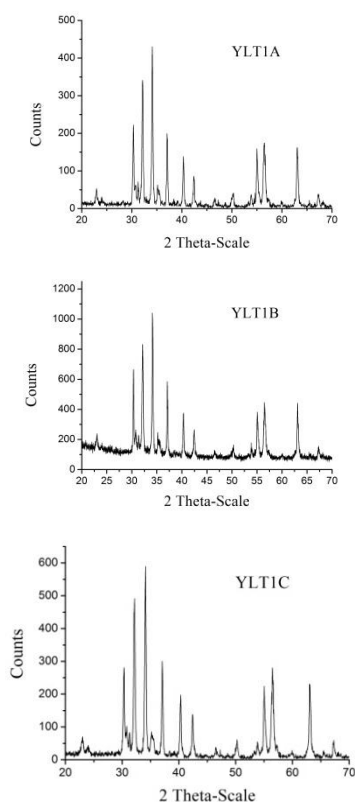


Fig. 1. XRD spectra of $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ powders: (a) - YLT1A, (b) - YLT1B, (c) - YLT1C.

Scanning electron microscopy (SEM) was used to examine the grain size and morphology (Fig. 2). The average particle sizes of samples YLT1A, YLT1B and YLT1C were 90 nm, 66 nm and 25 nm, respectively (Table 1). The critical diameter for single-domain barium hexaferrite particles is about 460 nm [20], so that the particles were single domain in all powder samples. The particles were agglomerated due to the strong attractive magnetic force and high surface energy of the nanoparticles. The aggregation was strongest for sample YLT1C annealed at 800 °C with the smallest particle size. They did not exhibit the well-formed hexagonal shape that is characteristic for the hexaferrites, but rather an irregular shape between a sphere and a hexagonal platelet, similar to that obtained by single microemulsion technique [5] for particles with a size of less than 150 nm. The particles of sample YLT1C had a shape closer to the spherical. The process of forming the platelet shape typical for the $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ hexagonal structure has not been completed due to the small particle size.

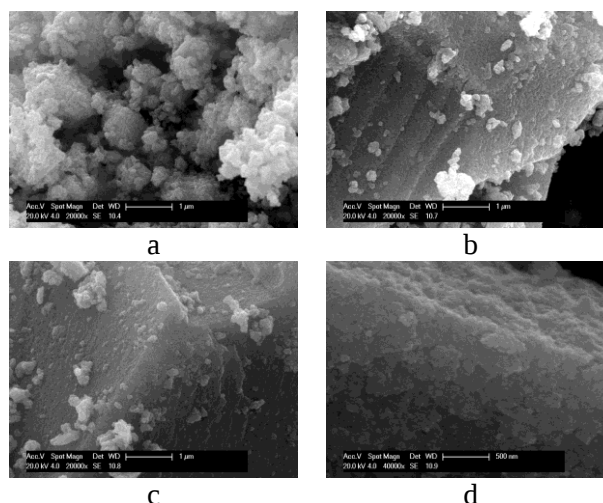


Fig. 2. SEM images of $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ powders: (a) - YLT1A, (b) - YLT1B, (c, d) - YLT1C.

The hysteresis loops of the powders YLT1A, YLT1B and YLT1C at room temperature at a maximum applied field of 50 kOe are shown in Fig. 3 (a, c, e), respectively. Figs. 3 (b, d, f) show the hysteresis loops at low magnetic field. The magnetic parameters, namely, magnetization at magnetic field of 50 kOe (M_{max}), the remanent magnetization (M_r) and coercivity field (H_c) obtained from the hysteretic curves are given in Table 1. All samples did not reach the saturation magnetization despite the high magnetic field of 50 kOe. The maximum value for M_{max} of 61.24 emu/g at room temperature was measured for

Table 1. Properties of barium hexaferrite powders. T - high temperature synthesis, D - average particle size, M_s - saturation magnetization at 50 kOe (300 K), M_r - remanent magnetization (300K), H_c - coercivity field (300K).

Sample	T , °C	D , nm	M_{max} , emu/g	M_r , emu/g	H_c , Oe
YLT1A	900	90	61.24	7.54	44.06
YLT1B	850	66	50.85	8.68	59.06
YLT1C	800	25	48.97	11.17	103.17

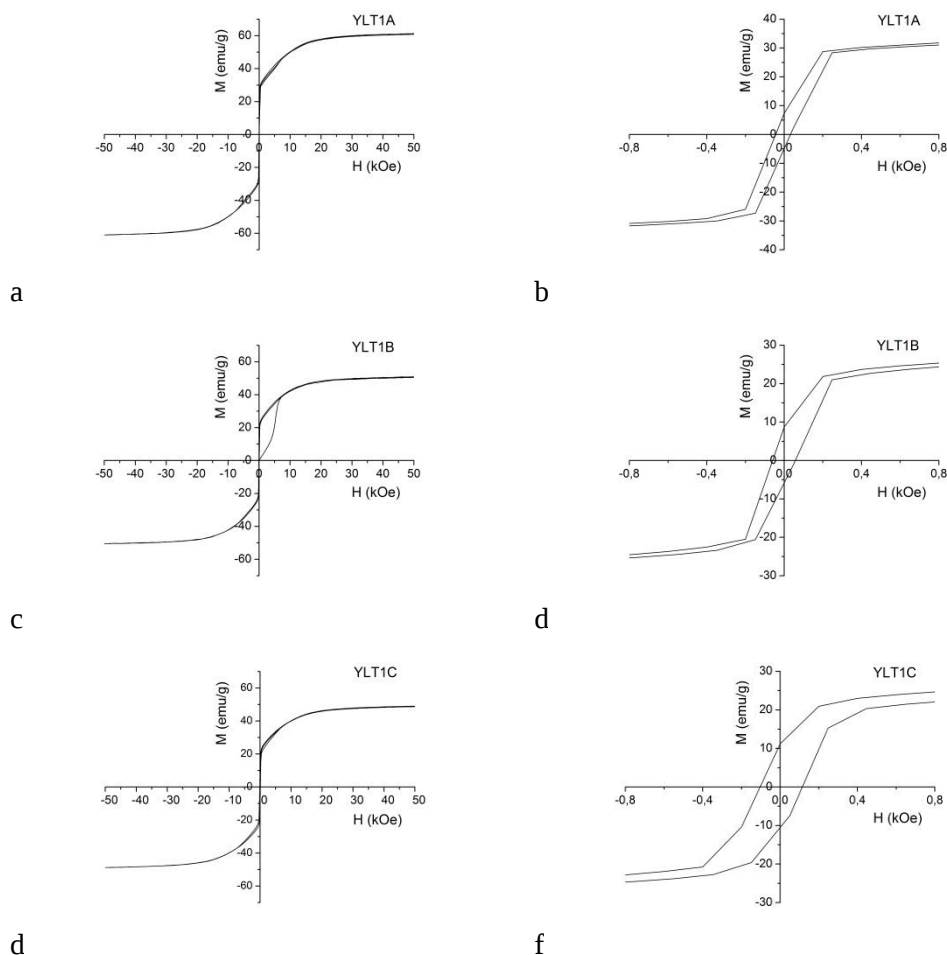


Fig.3. Hysteresis loops of (a, b) YLT1A, (c, d) YLT1B and (e, f) YLT1C samples.

sample YLT1A, which had the largest average particle size compared to the other samples. This value is very high, so that it can be expected that the saturation magnetization will be close to the theoretical values calculated for single crystal particles of barium hexaferrite, i.e. 72 emu/g, as reported by Shirk and Buessem [21].

The hysteresis loops for all samples were very narrow, which is not typical for hard magnetic materials like $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. The coercivity H_c of powders was in the range 44 Oe – 103 Oe, which indicated that the particles were in a near-superparamagnetic state. For example, the coercivity of single crystal $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ is 6.7 kOe

[22, 23]. In the case of single-domain particles, the coercivity depends strongly on the particle size and shape, the degree of crystallinity, the magnetocrystalline anisotropy, the shape anisotropy etc. This lower value of coercivity is mainly due to the small particle size. It is interesting to note that H_c for the sample with the smallest particle size had the highest value – 103 Oe. This is probably due to the fact that despite the small size of the particles they are highly agglomerated as shown in Fig. 2c. This leads to pinning of the magnetic field at the boundaries of the particles in the agglomerates in a way similar to the domain-wall pinning in polydomain particles and, therefore, to increasing

the value of the coercive field of the sample compared to the field necessary in the case of a separate small particle.

CONCLUSION

An ultrasonically assisted co-precipitation technique for the synthesis of uniform barium hexaferrite particles was presented allowing one to obtain single-domain $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ with particle size below 100 nm. The powders consist of particles with an irregular shape between spherical and plate-hexagonal. The particles with the average size of 25 nm have a quasi-spherical shape. The magnetization values of the powders at a magnetic field of 5 T may be attributed to the small particle sizes. The hysteresis loops for all samples are very narrow, which indicates that the particles are in a near-superparamagnetic state.

Acknowledgments: The results presented were obtained under projects for cooperation of the Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, with the University of Liege, Belgium, and the Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences, Wroclaw, Poland.

REFERENCES

1. R. C. Pullar, *Prog. Mater. Sci.*, **57**, 1191 (2012).
2. I. Zavislyak, M. Popov, E. Solovyova, S. Solopan, A. Belous, *Mater. Sci. Eng. B*, **197**, 36 (2015).
3. R. Alam, M. Moradi, M. Rostami, H. Nikmanesh, R. Moayedi, Y. Bai, *J. Magn. Magn. Mater.*, **381**, 1 (2015).
4. M. Rashad, M. Radwan, M. Hessien, *J. Alloy Compd.*, **453**, 304 (2008).
5. T. Koutzarova, S. Kolev, Ch. Ghelev, I. Nedkov, B. Vertruyen, R. Cloots, C. Henrist, A. Zaleski, *J. Alloy Compd.*, **579**, 174 (2013).
6. N. Panchal, R. Jotania, *J. Inter. Acad. Phys. Sci.*, **16**, 189 (2012).
7. S. Galvão, A. Lima, S. de Medeiros, J. Soares, C. Paskocimas, *Mater. Lett.*, **115**, 38 (2014).
8. G. Liu, R. Fan, K. Yan, X. Wang, K. Sun, C. Cheng, Q. Hou, *Mater. Sci. Forum*, **815**, 141 (2015).
9. M. Shafie, M. Hashim, I. Ismail, S. Kanagesan, M. Fadzhidah, I. Idza, A. Hajalilou, R. Sabbaghizadeh, *Mater. Sci.: Mater. Electron.*, **25**, 3787 (2014).
10. A. Hilczer, B. Andrzejewski, E. Markiewicz, K. Kowalska, A. Pietraszko, *Phase Transit.*, **87**, 938 (2014).
11. C.-Y. Xu, L.-Sh. Fu, X. Cai, X.-Y. Sun, L. Zhen, *Ceram. Inter.*, **40**, 8593 (2014).
12. W. Zhao, Q. Zhang, X. Tang, H. Cheng, P. Zhai, *J. Appl. Phys.*, **99**, 08E909 (2006).
13. O. Usovich, L. Trusov, P. Kazin, Y. Tretyakov, *Inorg. Mater.*, **46**, 1137 (2010).
14. P. Kazin, L. Trusov, S. Kushnir, N. Yaroshinskaya, N. Petrov, M. Jansen, *J. Phys.: Conf. Series*, **200**, 072048 (2010).
15. K. Suslick, Y. Didenko, M. Fang, T. Hyeon, K. Kolbeck, W. McNamara III, M. Mdleleni, M. Wong, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, **357**, 335 (1999).
16. J. Bang, K. S. Suslick, *Adv. Mater.*, **22**, 1039 (2010).
17. S. R. Janasi, D. Rodrigues, M. Emura, F. Landgraf, *phys. stat. sol. (a)*, **185**, 479 (2001).
18. P. Xu, X. Han, H. Zhao, Z. Liang, *Mater. Lett.*, **62**, 1305 (2008).
19. D.-H. Chen, Y.-Y. Chen, *J. Colloid Interface Sci.*, **235**, 9 (2001).
20. L. Rezlescu, E. Rezlescu, P. Popa and N. Rezlescu, *J. Magn. Magn. Mater.*, **193**, 288 (1997).
21. B. Shirk, W. Buessem, *J. Appl. Phys.*, **40**, 1294 (1969).
22. B. D. Cullity, in: *Introduction to Magnetic Materials*, M. Cohen (ed.), Addison-Wesley Publishing, Reading, MA, USA, 1972.
23. J. Smit, H. P. J. Wijn, in: *Ferrites*, Phillips Technical Library, Eindhoven, The Netherlands, 1959.

ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА СИНТЕЗ ВЪРХУ СТРУКТУРНИТЕ И МАГНИТНИТЕ СВОЙСТВА НА БАРИЕВ ХЕКСАФЕРИТ ПОЛУЧЕН ЧРЕЗ МОДИФИЦИРАН ПРОЦЕС НА СЪУТАЯВАНЕ

П. В. Пенева¹, Т. И. Куцарова¹, С. М. Колев¹, Ч. Г. Гелев¹, В. Вертруен², Р. Клозет², С. Ненрист², Р. Клоотс² and А. Залески³

¹*Институт по електроника, Българска академия на науките, бул. "Цариградско шосе" №72, София-1784, България*

²*Structural Inorganic Chemistry, Chemistry Department B6, University of Liege, Sart Tilman, B-4000 Liege, Belgium*

³*Institute of Low Temperature and Structure Research, Polish Academy of Sciences, 50422 Wroclaw, Poland*

Постъпила на 10 октомври 2016 г.; коригирана на 11 ноември, 2016 г.

(Резюме)

В настоящата статия се разглежда влиянието на температурата на синтез върху структурните и магнитните свойства на наноразмерен монодоменен $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ получен чрез модифициран метод на съутаяване - ултразвуково съутаяване. Средният размер на получените частици намалява от 90 до 25 nm с понижаване на температурата на синтез от 900 °C до 800 °C. Поради малкия си размер, частиците не са с добре изградена хексагонална форма, която е характерна за хексаферитите. Получените стройности на намагнитеността на насищане са много високи (61.24 emu/g). В зависимост от температурата на синтез, полето на коерцитивност H_c е в интервала 44 Oe - 103 Oe, което е индикатор, че частиците се намират в състояние близко до суперпарамагнитно поведение.

CONTENTS

Preface.....	3
A. D. Bachvarova-Nedelcheva, R. S. Iordanova, R. D. Gegova, P. V. Markov, D. D. Nihtianova and Y. B. Dimitriev, Sol – Gel Synthesis, Characterization and Optical Properties of $\text{TiO}_2/\text{TeO}_2$ powders.....	5
R. S. Iordanova, M. K. Milanova, L. I. Aleksandrov, A. Khanna, N. Georgiev, Optical characterization of glass and glass- crystalline materials in the $\text{B}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ system doped with Eu^{3+} ions	11
E. Lilov, V. Lilova, S. Nedev, Optical band gap dependence on the oxalic acid concentration of antimony anodic oxide films.....	17
M. Kuneva, Proton exchange technology for optical waveguides in lithium niobate and lithium tantalate – an overview.....	21
P. Sharlandjiev, D. Nazarova and N. Berberova, Digital image processing: denoising by adaptive median filtering and wavelet transform.....	25
P. Sharlandjiev, N. Berberova, D. Nazarova and G. Stoilov, Phase recovery from fringe patterns with global carriers: approach based on Hilbert transform and wavelet de-noising techniques.....	29
L. Nedelchev, D. Ivanov, G. Mateev, B. Blagoeva, D. Kostadinova, N. Berberova and D. Nazarova, Multiple cycles of recording/reading/erasing birefringence in azopolymers.....	33
J-S. Park, E. Stoykova, H-J. Kang, White light viewable silver-halide holograms in design applications	37
H-J. Kang, E. Stoykova, Y-M. Kim, S-H. Hong, J-S. Park, J-S. Hong, Printing of digital holographic content as a color white light viewable silver-halide hologram.....	41
E. Stoykova, B. Ivanov, T. Nikova, H-J. Kang, Improving activity visualization in dynamic speckle testing of paint drying by evaluation of a temporal correlation radius.....	45
D. Nazarova, E. Stoykova, L. Nedelchev, B. Ivanov, N. Berberova, N. Malinowski, Monitoring of a drying process in polymer water solutions by dynamic speckle detection.....	49
E. Stoykova, T. Nikova, B. Ivanov, Y-M. Kim, H-J. Kang, Elimination of zero-activity regions in dynamic laser speckle coating drying experiments.....	53
K. Zhelyazkova, M. Petrov, B. Katranchev, G. Dyankov, Surface plasmon and guided modes excitation of cholesteric liquid crystal layer.....	58
V. D. Madjarova, H. Kadono, Study of thermal expansion in a joint material by optical Hilbert transform method for phase analysis based on orthogonal linear polarization phase shifting...	63
I. T. Peruhov and E. M. Mihaylova, Characterization of photoinduced periodic microstructures by digital in-line holographic microscopy.....	67
I. T. Peruhov and E. M. Mihaylova, In-depth visualisation of Triglycine-Sulfate's domain structure	71
D. Nazarova, G. Mateev, D. Ivanov, B. Blagoeva, D. Kostadinova, E. Stoykova and L. Nedelchev, Photoinduced birefringence in thin azopolymer films recorded at different temperatures.....	75
M. Deneva, Two-wavelength lasers based on pumping by laser Gaussian-beam as instrumentation for materials and chemical products analysis.....	79
V. Kazakov, M. Deneva, M. Nenchev, N. Kaymakanova, Xerox treated tracing paper as suitable and accessible material for development of new laser beam–profiler technique.....	85
H. Kisov, G. Dyankov, Modeling the penetration of laser radiation in enamel-dentin tissue.....	91
I. Koseva, P. Tzvetkov, P. Ivanov, A. Yordanova, V. Nikolov, Terbium doped and europium doped NaAlSiO_4 nano glass-ceramics for LED application.....	96
I. Koseva, P. Tzvetkov, A. Yordanova, M. Marychev, V. Nikolov, O. Dimitrov, Preparation of chromium doped glass-ceramics containing NaAlSiO_4 and $\text{Na}_3\text{B}_3\text{O}_6$ phases.....	101
E. Karteva, N. Manchorova, T. Babeva, D. Pashkouleva, S. Vladimirov, 3D profilometry of the fracture line in endodontically treated premolars, restored with metal posts.....	107
K. Zaharieva, K. Milenova, S. Dimova, M. Todorova, S. Vassilev, I. Stambolova, V. Blaskov, Enhancement of the photocatalytic ability of alumina by mechanochemical activation and silver doping.....	111
A. Mileva, G. Issa, J. Henych, V. Štengl, D. Kovacheva, T. Tsoncheva, Effect of preparation procedure on the formation of nanosized mesoporous $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2$ catalysts for ethyl acetate total oxidation and methanol decomposition.....	115

N. Stoeva, I. Spassova, D. Kovacheva, G. Atanasova, M. Khristova, Capture of carbon dioxide by mesoporous carbon-silica composites.....	120
R. Ivanova, M. Dimitrov, D. Kovacheva, T. Tsoncheva, Influence of the presence/absence of bulky surfactant during the preparation of nanostructured ceria-zirconia materials on their catalytic performance in ethyl acetate total oxidation.....	125
G. Uzunova, Kr. Nikolova, M. Perifanova, G. Gentscheva, M. Marudova, G. Antova, Physicochemical characterization of chia (<i>Salvia hispanica</i>) seed oil from Argentina.....	131
I. Ganchev, S. Mihailova, Mechanism of bacterial co-aggregation between <i>Bacillus subtilis</i> and <i>Escherichia coli</i> K-12 strains.....	136
V. A. Angelov, E. H. Ivanov, R. K. Kotsilkova, Characterization of gold nanoparticles synthesized on the surface of organanoclay.....	142
B. V. Georgieva, T. I. Koutzarova, S. M. Kolev, Ch. G. Ghelev, B. Vertruyen, R. Closset, R. Cloots and A. Zaleski, Study of quasi-monophase Y-type hexaferrite $Ba_{0.5}Sr_{1.5}Zn_2Al_{0.08}Fe_{11.92}O_{22}$ powders.....	147
P. Peneva, T. Koutzarova, S. Kolev, Ch. Ghelev, B. Vertruyen, R. Closset, C. Henrist, R. Cloots and A. Zaleski, Effect of annealing temperature on the structural and magnetic properties of barium hexaferrite powders prepared by a modified co-precipitation technique.....	151
R. R. Angelov, B. C. Georgieva, D. B. Karashanova, Films of recycled polyethylene terephthalate, obtained by electrospraying, for paper and textile impregnation.....	156
N. Kostova, E. Dutkova, Mechanochemical synthesis and properties of ZnS/TiO_2 composites.....	161
R. Georgiev, L. Todorova, D. Christova, B. Georgieva, M. Vasileva and T. Babeva, Influence of PEO, PDMAA and corresponding di- and triblock copolymers on the optical properties of niobia thin films.....	167
S. Tsvetkov, S. Gateva, K. Nasyrov, S. Gozzini, E. Mariotti, S. Cartaleva, Optical characterization of antirelaxation coatings for photonics applications.....	173
A. Krasteva, S. Gateva, A. Sargsyan, D. Sarkisyan, S. Cartaleva, Dark resonances in potassium vapor for absolute measurement of magnetic fields.....	178
I. Ilievska, D. Karashanova, V. Petrunov, A. Zaleski, M. Drozd, V. Mikli, A. K. Stoyanova-Ivanova, Characterization of titanium–niobium orthodontic archwires used in orthodontic treatment...	183
G. Marinov, M. Vasileva, V. Strijkova, N. Malinowski and T. Babeva, Optical properties of ZnO thin films deposited by the method of electrospray.....	188
N. Bozhinov, B. Blagoev, V. Marinova, T. Babeva, E. Goovaerts, D. Dimitrov, Properties of ALD Aluminum-doped ZnO as transparent conductive oxide.....	193
S. Kitova, V. Mankov, D. Dimov, V. Strijkova and N. Malinowski, High quality ITO thin films for application as conductive transparent electrodes.....	198
D. Dimov, L. Nedelchev, D. Nazarova, D. Ivanov, G. Mateev, E. Bubev, A. Georgiev, D. Yancheva, I. Zhivkov, M. Machkova, Application and spectral characterization of vapour deposited 4-aminoazobenzene dyes nanosized films.....	204
P. Ivanov, P. Petrova, R. Tomova, Bright green Phosphorescent Organic Light-Emitting Diode with doped Hole Transporting Layer.....	208
G. Georgieva, D. Dimov, G. Dobrikov, D. Karashanova, A. Kirilov, F. Markova, E. Bubev, A. Georgiev, R. Yordanov, and I. Zhivkov, Vacuum co-deposition of organic solar cell structures..	213
S. Kitova, D. Stoyanova, J. Dikova, M. Kandinska, A. Vasilev, V. Mankov, Design of organic solar cells, based on a squaraine dye as electron donor.....	219
INSTRUCTIONS TO THE AUTHORS.....	225

СЪДЪРЖАНИЕ

Предговор.....	3
<i>А. Д. Бъчварова-Неделчева, Р. С. Йорданова, Р. Д. Гегова, П. В. Марков, Д. Д. Нихтянова и Я. Б. Димитриев</i> , ЗОЛ - ГЕЛЕН СИНТЕЗ, ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ И ОПТИЧНИ СВОЙСТВА НА $\text{TiO}_2/\text{TeO}_2$ ПРАХОВЕ.....	5
<i>Р. С. Йорданова, М. К. Миланова, Л. И. Александров, А. Канна, Н. Георгиев</i> , Оптично охарактеризиране на дотирани с Eu^{3+} йони, стъкла и стъклокристални материали в системата $\text{B}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_3$	11
<i>E. Lilov, V. Lilova, S. Nedev</i> , ЗАВИСИМОСТ НА ОПТИЧЕСКАТА ШИРОЧИНА НА ЗАБРАНЕНАТА ЗОНА НА АНОДИРАНИ АНТИМОНОВИ ФИЛМИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА ОКСАЛОВАТА КИСЕЛИНА.....	17
<i>М. Кънева</i> , ТЕХНОЛОГИЯТА ПРОТОНЕН ОБМЕН ЗА ОПТИЧНИ ВЪЛНОВОДИ В LiNbO_3 И LiTaO_3 – КРАТЪК ОБЗОР.....	21
<i>П. Шарланджиев, Д. Назърова, Н. Берберова</i> , ОБРАБОТКА НА ЦИФРОВИ ИЗОБРАЖЕНИЯ: ИЗЧИСТВАНЕ НА ШУМА ЧРЕЗ АДАПТИВЕН МЕДИАНЕН ФИЛТЪР И ПО МЕТОДА НА ВЪЛНИЧКИТЕ.....	25
<i>П. Шарланджиев, Н. Берберова, Д. Назърова и Г. Стоилов</i> , ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ НА ФАЗАТА ОТ СТРУКТУРИ С ИВИЦИ: ПОДХОД, БАЗИРАН НА ХИЛБЕРТОВА ТРАНСФОРМАЦИЯ И ОБЕЗШУМЯВАНЕ ЧРЕЗ ВЪЛНИЧКИ.....	29
<i>Л. Неделчев, Д. Иванов, Г. Матеев, Б. Благоева, Д. Костадинова, Н. Берберова и Д. Назърова</i> , МНОГОКРАТЕН ЗАПИС/ЧЕТЕНЕ/ИЗТРИВАНЕ НА ДВУЛЪЧЕПРЕЧУПВАНЕ В АЗОПОЛИМЕРИ.....	33
<i>Дж. С. Парк, Е. Стойкова, Х. Дж. Канг</i> , ХОЛОГРАФСКИ ДИЗАЙН С ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ В БЯЛА СВЕТЛИНА ОТРАЖАТЕЛНИ ХОЛОГРАМИ ВЪРХУ СРЕБЪРНО-ХАЛОГЕНИДНА ЕМУЛСИЯ.....	37
<i>Х. Дж. Канг, Е. Стойкова, Ю. М. Ким, С. Х. Хонг, Дж. С. Парк, Дж. С. Хонг</i> , ПРИНТИРАНЕ НА ЦИФРОВИ ХОЛОГРАФСКИ ДАННИ КАТО ЦВЕТНА ОТРАЖАТЕЛНА ХОЛОГРАМА ВЪРХУ СРЕБЪРНО-ХАЛОГЕНИДНА ЕМУЛСИЯ.....	41
<i>Е. Стойкова, Б. Иванов, Т. Никова, Х. Дж. Канг</i> , ПОДОБРЯВАНЕ НА ВИЗУАЛИЗИРАНЕТО НА АКТИВНОСТТА ЧРЕЗ ОЦЕНЯВАНЕ НА РАДИУСА НА КОРЕЛАЦИЯ ПРИ ТЕСТВАНЕ НА СЪХНЕНЕ НА БОЯ С ДИНАМИЧЕН СПЕКЪЛ.....	45
<i>Д. Назърова, Е. Стойкова, Л. Неделчев, Б. Иванов, Н. Берберова, Н. Малиновски</i> , МОНИТОРИНГ НА ПРОЦЕСА НА СЪХНЕНЕ НА ВОДНИ РАЗТВОРИ ОТ ПОЛИМЕРИ ЧРЕЗ ДЕТЕКТИРАНЕ НА ДИНАМИЧЕН СПЕКЪЛ.....	49
<i>Е. Стойкова, Т. Никова, Б. Иванов, Й. М. Ким, Х. Дж. Канг</i> , ОТСТРАНЯВАНЕ НА ОБЛАСТИТЕ С НУЛЕВА АКТИВНОСТ ПРИ ДИНАМИЧЕН СПЕКЪЛ АНАЛИЗ НА СЪХНЕНЕ НА ПОКРИТИЯ.....	53
<i>К. Желязкова, М. Петров, Б. Катранчев, Г. Дянков</i> , ВЪЗБУЖДАНЕ НА ПОВЪРХНИНЕН ПЛАЗМОН И НАПРАВЛЯЕМИ МОДИ В СЛОЙ ОТ ХОЛЕСТЕРИЧЕН ТЕЧЕН КРИСТАЛ.....	58
<i>В. Д. Маджарова, Х. Кадоно</i> , ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕРМИЧНО РАЗШИРЕНИЕ НА СЪСТАВЕН МАТЕРИАЛ ЧРЕЗ ОПТИЧНА ХИЛБЕРТ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗА АНАЛИЗ НА ФАЗАТА, ОСНОВАНА НА ФАЗОВО ОТМЕСТВАНЕ НА ОРТОГОНАЛНО ЛИНЕЙНО ПОЛЯРИЗИРАНА СВЕТЛИНА.....	63
<i>И. Т. Перухов и Е. М. Михайлова</i> , ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ФОТОИНДУЦИРАНИ ПЕРИОДИЧНИ МИКРОСТРУКТУРИ ЧРЕЗ ЦИФРОВА ЛИНЕЙНА ХОЛОГРАФСКА МИКРОСКОПИЯ.....	67
<i>И. Перухов и Е. Михайлова</i> , ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ДОМЕННАТА СТРУКТУРА НА ТРИГЛИЦИНСУЛФАТ В ДЪЛБОЧИНА.....	71
<i>Д. Назърова, Г. Матеев, Д. Иванов, Б. Благоева, Д. Костадинова, Е. Стойкова и Л. Неделчев</i> , ФОТОИНДУЦИРАНО ДВУЛЪЧЕПРЕЧУПВАНЕ В ТЪНКИ АЗОПОЛИМЕРНИ СЛОЕВЕ ЗАПИСАНИ ПРИ РАЗЛИЧНИ ТЕМПЕРАТУРИ.....	75

М. Денева, ДВУВЪЛНОВИ ЛАЗЕРИ, БАЗИРАНИ НА ЛАЗЕРНО ВЪЗБУЖДАНЕ С ГАУСОВ СНОП КАТО ИНСТРУМЕНТАРИУМ ЗА АНАЛИЗ НА МАТЕРИАЛИ И ХИМИЧЕСКИ ПРОДУКТИ.....	79
В. Казаков, М. Денева, М. Ненчев, Н. Каймаканова, КСЕРОКС ТРЕТИРАН ПАУС КАТО ПОДХОДЯЩ И ДОСТЪПЕН МАТЕРИАЛ ЗА РАЗВИТИЕ НА НОВА ТЕХНИКА ЗА РЕГИСТРАЦИЯ НА ПРОФИЛА НА СЕЧЕНИЕ НА ЛАЗЕРЕН СНОП.....	85
Хр. Кисов, Г. Дянков, МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОНИКВАНЕТО НА ЛАЗЕРНО ЛЪЧЕНИЕ В ЕМАЙЛ-ДЕНТИННА ТЪКАН.....	91
Йв. Косева, П. Цветков, П. Иванов, Ан. Йорданова, В. Николов, ДОТИРАНА С ТЕРБИЙ И ЕВРОПИЙ НАНОРАЗМЕРНА СЪКЛОКЕРАМИКА СЪДЪРЖАЩА NaAlSiO_4 ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ КАТО ЛУМИНЕСЦЕНТЕН МАТЕРИАЛ.....	96
Йв. Косева, П. Цветков, Ан. Йорданова, М. Маричев, В. Николов, О. Димитров, ПОЛУЧАВАНЕ НА ДОТИРАНА С ХРОМ СЪКЛОКЕРАМИКА СЪДЪРЖАЩА NaAlSiO_4 И $\text{Na}_3\text{B}_3\text{O}_6$...	101
Е. Къртева, Н. Манчорова, Цв. Бабева, Д. Паикулева, С. Владимиров, 3D ПРОФИЛОМЕТРИЯ НА ЕНДОДОНТСКИ ЛЕКУВАНИ ПРЕМОЛАРИ, ВЪЗСТАНОВЕНИ С МЕТАЛНИ ШИФТОВЕ.....	107
К. Л. Захариева, К. И. Миленова, С. С. Димова, М. В. Тодорова, С. В. Василев, И. Д. Стамболова, В. Н. Блъсков, ПОВИШАВАНЕ НА ФОТОКАТАЛИТИЧНАТА СПОСОБНОСТ НА АЛУМИНИЕВ ОКСИД ЧРЕЗ МЕХАНОХИМИЧНА АКТИВАЦИЯ И ДОТИРАНЕ СЪС СРЕБРО.....	111
А. Милева, Г. Исса, И. Хених, В. Щенгъл, Д. Ковачева, Т. Цочева, ВЛИЯНИЕ НА МЕТОДА НА ПОЛУЧАВАНЕ ВЪРХУ ФОРМИРАНЕТО НА НАНОРАЗМЕРНИ МЕЗОПОРЕСТИ TiO_2 - CeO_2 КАТАЛИЗАТОРИ ЗА ПЪЛНО ОКИСЛЕНИЕ НА ЕТИЛАЦЕТАТ И РАЗПАДАНЕ НА МЕТАНОЛ.....	115
Н. Стоева, Йв. Спасова, Д. Ковачева, Г. Атанасова, М. Христова, УЛАВЯНЕ НА ВЪГЛЕРОДЕН ДИОКСИД ВЪРХУ МЕЗОПОРЕСТИ СИЛИКАТНО-ВЪГЛЕРОДНИ КОМПОЗИТИ.....	120
Р. Иванова, М. Димитров, Д. Ковачева, Т. Цончева, ВЛИЯНИЕ НА ПРИСЪСТВИЕТО/ОТСЪСТВИЕТО НА ОБЕМНО ПОВЪРХНОСТНО АКТИВНО ВЕЩЕСТВО ПРИ ПОЛУЧАВАНЕТО НА НАНОСТРУКТУРИРАНИ CeO_2 - ZrO_2 МАТЕРИАЛИ ВЪРХУ ТЕХНИТЕ КАТАЛИТИЧНИ ОТНАСЯНИЯ В РЕАКЦИЯТА НА ПЪЛНО ОКИСЛЕНИЕ НА ЕТИЛАЦЕТАТ.....	125
Г. Узунова, Кр. Николова, М. Перифанова, Г. Генчева, М. Марудова, Г. Антова, ФИЗИКОХИМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЧИА (<i>SALVIA HISPANICA</i>) МАСЛО ОТ АРЖЕНТИНА.....	131
Йв. Ганчев, Сн. Михайлова, МЕХАНИЗЪМ НА КОАГРЕГАЦИЯ МЕЖДУ ЩАМОВЕ <i>Bacillus subtilis</i> AND <i>Escherichia coli</i> K-12.....	136
В. А. Ангелов, Е. Х. Иванов, Р. К. Коцилкова, ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ЗЛАТНИ НАНОЧАСТИЦИ СИНТЕЗИРАНИ ВЪРХУ ПОВЪРХНОСТТА НА ОРГАНОГЛИНА....	142
Б. Георгиева, Т. Куцарова, С. Колев, Ч. Гелев, Б. Вертрюйен, Р. Кlose, Р. Клутс и А. Залески, ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРАХОВИ ПРОБИ ОТ КВАЗИ-МОНОФАЗЕН Y-ТИП ХЕКСАФЕРИТ $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{1.5}\text{Zn}_2\text{Al}_{0.08}\text{Fe}_{11.92}\text{O}_{22}$	147
П. В. Пенева, Т. И. Куцарова, С. М. Колев, Ч. Г. Гелев, В. Вертруен, Р. Клозет, С. Ненрист, Р. Клоотс and А. Залески, ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА СИНТЕЗ ВЪРХУ СТРУКТУРНИТЕ И МАГНИТНИТЕ СВОЙСТВА НА БАРИЕВ ХЕКСАФЕРИТ ПОЛУЧЕН ЧРЕЗ МОДИФИЦИРАН ПРОЦЕС НА СЪУТАЯВАНЕ.....	151
Р. Р. Ангелов, Б. Ч. Георгиева, Д. Б. Карашанова, ФИЛМИ ОТ РЕЦИКЛИРАН ПОЛИЕТИЛЕН ТЕРАФТАЛАТ, ОТЛОЖЕНИ ВЪРХУ ХАРТИЯ И ТЕКСТИЛ ЧРЕЗ ЕЛЕКТРОРАЗПРЪСКВАНЕ.....	156
Н. Г. Костова, Е. Дуткова, МЕХАНОХИМИЧЕН СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НА ZnS/TiO_2 КОМПОЗИТИ.....	161
Р. Георгиев, Л. Тодорова, Д. Христова, Б. Георгиева, М. Василева и Цв. Бабева, ВЛИЯНИЕ НА РЕО, PDMAA И СЪОТВЕТНИТЕ ДИ- И ТРИБЛОКОВИ СЪПОЛИМЕРИ ВЪРХУ ОПТИЧНИТЕ СВОЙСТВА НА ТЪНКИ СЛОЕВЕ ОТ Nb_2O_5	167
С. Цветков, С. Гатева, К. Назиров, С. Гоцини, Е. Мариотти, С. Карталева, ОПТИЧНО	173

ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА АНТИРЕЛАКСАЦИОННИ ПОКРИТИЯ ЗА ПРИЛОЖЕНИЯ ВЪВ ФОТОНИКАТА.....	
<i>А. Кръстева, С. Гатева, А. Саргсиан, Д. Саркисиан, С. Карталева, ТЪМНИ РЕЗОНАНСИ В ПАРИ НА КАЛИЯ ЗА АБСОЛЮТНО ИЗМЕРВАНЕ НА МАГНИТНИ ПОЛЕТА.....</i>	178
<i>И. Илиевска, Д. Карашанова, В. Петров, А. Залески, М. Дрозд, В. Микли, А. К. Стоянова-Иванова, ОХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ТИТАН- НИОБИЕВИ ОРТОДОНТСКИ ДЪГИ ИЗПОЛЗВАНИ ПРИ ОРТОДОНТСКО ЛЕЧЕНИЕ.....</i>	183
<i>Г. Маринов, М. Василева, В. Стрижкова, Н. Малиновски и Цв. Бабева, ОПТИЧНИ СВОЙСТВА НА ТЪНКИ ФИЛМИ ОТ ZnO, ПОЛУЧЕНИ ЧРЕЗ ЕЛЕКТРО-СПРЕЙ.....</i>	188
<i>Н. Божинев, Б. Благоев, В. Маринова, Цв. Бабева, Е. Гуваерти, Д. Димитров, СВОЙСТВА НА ПОСЛОЙНО АТОМНО ОТЛОЖЕН ЛЕГИРАН С АЛУМИНИЙ ZnO КАТО ПРОЗРАЧЕН ПРОВОДЯЩ ОКСИД.....</i>	193
<i>С. Китова, В. Манков, Д. Димов, В. Стрижкова и Н.Малиновски, ТЪНКИ ИТО ФИЛМИ КАТО ПРОВОДИМИ ПРОЗРАЧНИ ЕЛЕКТРОДИ.....</i>	198
<i>Д. Димов, Л. Неделчев, Д. Назърова, Д. Иванов, Г. Матеев, Е. Бубев, А. Георгиев, Д. Янчева, И. Живков, М. Мачкова, ПРИЛОЖЕНИЕ И СПЕКТРАЛНО ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ОТЛОЖЕНИ 4-АМИНОАЗОБЕНЗЕН БАГРИЛА В НАНОРАЗМЕРНИ ФИЛМИ.....</i>	204
<i>П. Иванов, П. Петрова, Р. Томова, ЯРКО ЗЕЛЕН ФОСФОРЕСЦЕНТЕН ОРГАНИЧЕН СВЕТО ДИОД С ДОТИРАН ТРАНСПОРТИРАЩ ПОЛОЖИТЕЛНИТЕ ЗАРЯДИ СЛОЙ.....</i>	208
<i>Г. Георгиева, Д. Димов, Г. Добриков, Д. Карашанова, А. Кирилов, Ф. Маркова, Е. Бубев, А. Георгиев, Р. Йорданов, И. Живков, ПОЛУЧАВАНЕ НА ОРГАНИЧНИ СЛЪНЧЕВИ ЕЛЕМЕНТИ ЧРЕЗ СЪВМЕСТНО ВАКУУМНО ОТЛАГАНЕ ОТ ДВА ИЗТОЧНИКА.....</i>	213
<i>Сн. Китова, Д. Стоянова, Ю. Дикова, М. Кандинска, А. Василев и В. Манков, ДИЗАЙН НА ОРГАНИЧНИ СЛЪНЧЕВИ КЛЕТКИ НА ОСНОВАТА НА СКУАРИЛИЕВО БАГРИЛО КАТО ЕЛЕКТРОНЕН ДОНОР.....</i>	219
<i>ИНСТРУКЦИЯ ЗА АВТОРИТЕ.....</i>	225