

НАУЧНИ ПРИНОСИ

в представените от гл. ас. д-р Станислав Славов публикации, патенти и патентни заявки за участие в обявения конкурс за доцент по Математическо моделиране и приложение на математиката (математически анализ на структура на кондензираната материя с френски език)

(ДВ, брой 67 от 13.08.2021)

I. Основни научни приноси.

I.1 Синтез, структура и микроструктура на нови материали.

1. Синтез, структура и микроструктура на бисмут-титанатни керамики, стъкло-керамики и стъкла от системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$.
2. Синтез и микроструктура на състави в системата $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-MnO-B}_2\text{O}_3$.
3. Синтез и микроструктура на състави в системата $\text{TeO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5\text{-ZnO}$.
4. Синтез и микроструктура на нови композити от графенов оксид, в комбинация с наноразмерен ZnO.

I.2. Диелектрични характеристики на керамики, стъкло-керамики и стъкла.

1. Диелектрични характеристики на нови материали в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$.
2. Диелектрични характеристики на нови композити от графенов оксид, в комбинация с наноразмерен ZnO.

I.3. Математическо моделиране и алгоритми за параметрична оценка.

1. Методи за оценка на параметрите на диференциални уравнения.
2. Модели, създадени на базата на теория на графите за изчисляване на фрактално измерение на 3D обекти за нуждите на материалознанието.

II. Научно-приложни приноси

1. Нови конструкции и материали за керамични кондензаторни батерии.
2. Нови композитни материали от природни суровини и метод за индустриалното им производство.

I. Основни научни приноси.

I.1. Синтез, структура и микроструктура на нови материали.

1. Синтез, структура и микроструктура на бисмут-титанатни керамики, стъкло-керамики и стъкла от системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$.

- (1.1.) Синтезирани са полифазни образци в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ с помощта на метод на топене и закалка, като е разработена методология за контрол на изграждащите материала Ауриувилиус и пирохлорна кристални фази. С помощта на метода се контролират високочестотните диелектрични характеристики [II.1.].
- (1.2.) Синтезирани са стъклокристални материали за сензори в системата $\text{SiO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ посредством метод на топене и закалка и контролирана кристализация на стъклото и последващ синтез на тънки слоеве чрез ink-screen-printing technique [I.2.].
- (1.3.) Синтезът на избрани проби от системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ се извършва на основата на свободно охладена стопилка (от 1450 °C и 1100 °C до стайна температура). Методът на първоначалният контрол на количеството на стартовите композиции осигурява формирането на полифазна стъклокерамика, съдържаща контролирани по съдържание кристални фази $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ и $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ [I.3.] и монофазна поликристална стъкло-керамика $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ [I.4.].
- (1.4.) Изследвано е влиянието на SiO_2 и Nd_2O_3 върху стъклообразуването при бисмутовите титанати [I.7.]. Заместването на Bi_2O_3 с Nd_2O_3 до 10 mol% води до получаване на комплекс многокомпонентни стъкла и стъклено-кристални материали с висока термична стабилност. При добавяне на SiO_2 и Nd_2O_3 още е доказано, че спомагат за контрола на кристализацията и температурата на синтез в широк концентрационен интервал [II.3.], [I.10.].
- (1.5.) Реализиран е един нов подход за синтез на сегнетоелектрични керамични материали от системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}$ основан на разбъркване на прекурсорите в мощно ултразвуково поле, генерирано от специално изработено устройство [I.9.]. При този подход соносинтезата стимулира преоритетното образуване на кристалните фази, за които са характерни по-ниски температури на синтез. В получените след последващ термичен синтез стъкла се наблюдава високо съдържание на TiO_2 .
- (1.6.) Областта на стъклообразуване в система $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ е дефинирана при скорост на охлаждане 10^2 K/s [I.5., II.6.]. Термостабилни стъкла се получават в диапазона 10-50 mol % SiO_2 , от 10 до 50 mol % Bi_2O_3 и от 10 до 50 mol % TiO_2 . Предложена е хипотеза за образуването на аморфна мрежа с нетрадиционна стъклообразуваща мрежа с Bi_2O_3 , TiO_2 и класически стъклообразовател SiO_2 .

2. Синтез и микроструктура на състави в системата $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-MnO-B}_2\text{O}_3$.

- (2.1.) Синтезирани са с помощта на метод на топене и закалка, материали в системата $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-MnO-B}_2\text{O}_3$, в които е установено наличието само на една перовскитова кристална фаза $(\text{La}_{1-x}\text{Gd}_x)_{0.6}\text{Pb}_{0.4}\text{MnO}_3$. [I.1.]. В системата, извън областта на съклообразуване, е получен стъклокерамичен материал директно от преохладената стопилка [I.6.].

3. Синтез и микроструктура на състави в системата $\text{TeO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5\text{-ZnO}$.

- (3.1.) Синтезирани са телуро-бисмутатни стъкла в системата $\text{TeO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5\text{-ZnO}$, при които идентифицираните фази са ZnTeO_3 и TiTe_3O_8 и аморфна мрежа, съставена основно от TeO_4 структурни групи [I.5.].

4. Синтез и микроструктура на нови композити от графенов оксид, в комбинация с наноразмерен ZnO .

- (4.1.) Получена е пълна серия от графенов оксид в комбинация с наноразмерен цинков оксид, както и бяха направени структурна и фазова характеристика на получените композити [I.8.].

I.2. Диелектрични характеристики на керамики, стъкло-керамики и стъкла.

1. Диелектрични характеристики на нови материали в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$.

(1.1.) Диелектричните свойства на образци в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ са изследвани при 2.7 GHz честота показват диелектрична константа и диелектрични загуби с приблизително равни параметри до тези на олово-съдържащите комерсиални образци. Контрола на диелектричните параметри е реализиран чрез прецизен контрол на процентното съдържание на началните оксиди и температурите на синтез [II.1.].

(1.2.) Изследвани са диелектричните характеристики на сензори на базата на стъклокристални материали в системата $\text{SiO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ [I.2.]. Образците имат много ниски стойности на електропроводимост ($10^{-6}\text{-}10^{-9} (\Omega\cdot\text{cm})^{-1}$), диелектрична константа между 1000 и 3000 при стайна температура. При Температурата на Кюри (830 °C) диелектричната константа е 180000 и 7000.

(1.3.) В зависимост от контролираните условия на топене и допълнителна топлина обработка на преохладените състави, различни полифазни стъклокерамични материали с различни микроструктури в системите $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ и $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$, както и наличието на няколко кристалографски фази проводимостта е в интервала $10^{-6}\text{-}10^{-9} (\Omega\cdot\text{cm})^{-1}$ [I.10.].

2. Диелектрични характеристики на нови материали в системата $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-Mn}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$.

(2.1.) Изследвана е зависимостта на диелектричните релаксационни процеси за образци в системата $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-Mn}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$ от перовскитовите фази от типа $(\text{La}_{1-x}\text{Ga}_x)_{0.6}\text{Pb}_{0.4}\text{MnO}_3$. Полифазните стъкла демонстрират по-висока енергия на активация и при ниски честоти на времената на релаксация. В по-сложните структури тези процеси са затруднени поради ограничената им подвижност [I.1.].

3. Диелектрични характеристики на нови композити от графенов оксид, в комбинация с наноразмерен ZnO.

(3.1.) В изследвания температурен диапазон от около 150 K до 400 K и честотен диапазон от 10^2 Hz до 10^6 Hz при изследваните композитните материали с участието на графенов оксид не се наблюдават релаксационни процеси [I.8.]. Изследваните композити имат поведение, подобно на тази на диелектрици с йонна релаксационна поляризация, която причинява увеличени диелектрични загуби, която се увеличава с повишаване на температурата, тоест характерния максимум за полярните диелектрици в зависимостта $\text{tg}\delta(T)$ липсва.

I.3. Математическо моделиране и алгоритми за параметрична оценка.

1. Методи за оценка на параметрите на диференциални уравнения.

(1.1.) Модифицирана е итерационната схемата Picard-Lindelöf за да се покаже оптимизиран итерационен алгоритъм за оценка на параметрите на обикновените диференциални уравнения. Алгоритмът освен че наследява показаните предимства в класическите алгоритми, параметрите могат да бъдат трансформирани във форма, по удобна за изчисление.

2. Модели, създадени на базата на теория на графите за изчисляване на фрактално измерение на 3D обекти за нуждите на материалознанието.

(2.1.) Създаден е нов подход за разпознаване на модели (кристалографски структури, размер на зърната) чрез използване теория на графите и нейното приложение в машиностроенето [II.5.]. Метода за оценка се базира на изчисляване на фрактално

измерение на 3D обекти и изчисляване на плътността на 3D графиките за видимост при зададено SEM изображение.

II. Научно-приложни приноси

1. Нови конструкции и материали за керамични кондензаторни батерии.

(1.1.) Създадена е комбинация от керамични и стъклокерамични материали, които в едно със специфична конструкция и съчетание на конвенционални и нови физични принципи, които са базиса на създадената хибридна кондензаторна батерия от нов тип [Patent № BG67056 B1/01.06.2020].

2. Нови композитни материали от природни суровини и метод за индустриалното им производство.

(2.1.) Създаден е нов керамичен материал, както и нова технологична последователност от процедури за индустриално производство на проводящи композитни керамични материали с приложение за мембрани за водородни генератори. [Applied patent: RO1358 /25.05.2020 ; U/00020/26.05/2020]

Резюмета на статиите

[I.1.] R Raykov, A Staneva, Y Dimitriev, S Slavov, S Soreto Teixeira, PR Prezas, L. Costa, Dielectric relaxation in glass and glass-ceramic materials of the system $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-MnO-B}_2\text{O}_3$, *International Journal of Applied Glass Science* 10 (1), 75-82, 2019

- Стъкла на основата на борат в системата $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-MnO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$, синтезирани чрез метод на топене и залалка са синтезирани с фиксирано съдържание на B_2O_3 (% mol = 30). Диелектричните измервания са направени в честотния диапазон от 100 Hz до 1 MHz и температури от 100 °C до 400 °C. Получен е многофазен продукт с $(\text{La}_{1-x}\text{Ga}_x)_{0.6}\text{Pb}_{0.4}\text{MnO}_3$ перовскит тип кристална фаза, в комбинация с аморфната фаза. Диелектричната релаксация свойствата са силно зависими от фазите, особено когато аморфните фази с висока енергия на активиране и ниска честота на релаксация, дължаща се на ограничения в мобилността на диполите.

[I.2.] AS Afify, SS Slavov, AER Mahmoud, M Hassan, M Ataalla, A Staneva, Amr Mohamed, Determination of the Sensing Characteristics of $\text{SiO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ System towards Relative Humidity, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy* 53 (6), 1073-1080, 2018

- Определени са характеристиките за отчитане на относителната влажност (RH) на сензори в система $\text{SiO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$. Образците са синтезирани чрез метода на охлаждане на стопилката и контролирана кристализация на стъкло. Сензорите са получени чрез ситопечат на подготвените състави върху алуминиеви субстрати с Pt електроди. Сензорите са тествани в диапазона (0.0 - 96%) на относителната влажност при стайна температура. Повечето от получените стъклокерамични материали имат по-ниска чувствителност към RH. Съставът $20\text{SiO}_2.30\text{Bi}_2\text{O}_3.50\text{TiO}_2$ притежава най-високата стойност на диелектрична проникваемост (3000) и най-ниската стойност на диелектрични загуби (0,0002) при стайна температура, което го прави обещаващ кандидат за някои промишлени приложения като съхранение на енергия, електронни кондензатори като както и устройства с памет.

[I.3.] S Slavov, Z Jiao, GLASS-CRYSTALL MATERIALS CONTAINING $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ AND $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ PHASES OBTAINED FROM FREELYCOOLED MELTS OF $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ SYSTEM, *Journal of Chemical Technology & Metallurgy* 53 (4), 759-764, 2018

- Синтез на избрани образци от системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ се извършва на основата на свободно охладени стопилки в диапазона от 1450 °C до 1100 °C. Първоначалният контрол на количеството на изходните състави осигурява образуването на полифазна

стъклокерамика, съдържаща $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ и $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Аморфните фази се основават на оксиди на силиций, бисмут, титан и алуминий: Si-O-Si, Si-O-Ti, Si-O-Al мостови връзки и SiO_2 деполимеризирани групи и изолирани TiO_4 и TiO_6 групи. Настоящото изследване показва начин за контролиране на образуването на кристална и аморфна фаза в насипни поликристални материали на основата на избрана система.

[I.4.] S Slavov, Z Jiao, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ crystallization in a $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ system, *Journal of Physics: Conference Series* 992 (1), 012040, 2018

- Поликристален монофазен бисмутов титанат се получава чрез свободно охлаждане от стопилка, загрята до 1170 °C. Контролът на стартовите състави в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Nd}_2\text{O}_3$ както и термичния градиент на термичните режими на нагряване и охлаждане води до формиране на специфични структури и микроструктури на монофазна силиленитна керамика. Основната фаза $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ е инкорпорирана към аморфните мрежови групи на базата на силициеви оксиди, бисмут и титан.

[I.5.] Sv Ganev, S Parvanov, S Slavov, A Bachvarova-Nedelcheva, R Iordanova, Y Dimitriev, Influence of TiO_2 on the thermal stability and crystallization of glasses within $\text{TeO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5\text{-ZnO}$ system, *Bul. Chem. Comm.*, 49, (2017) 103-109

- В това изследване на стъкла в системата $\text{TeO}_2 - \text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Nb}_2\text{O}_5 - \text{ZnO}$ са получени стъкла на основата на TeO_2 , съдържащи Nb_2O_5 и Bi_2O_3 до 10 mol%, ZnO от 5 до 10 mol%, докато TiO_2 варира от 5 до 50 mol%. Получените стъкла са прозрачни и жълти (TiO_2 до 20 mol %). Термичната стабилност на пробите се определя чрез DTA, като се използва разликата ΔT между екзотермичния пик на кристализация (T_x) и температура на стъклообразуване T_g ($\Delta T = 50\text{--}115$ ° C). Няколко кристални фази бяха идентифицирани чрез XRD, основно ZnTeO_3 и TiTe_3O_8 (в състави над 20 mol% TiO_2) поради добрите им диелектрични свойства. Анализът на спектрите показва, че мрежата от стъкла се състои главно от единици TeO_4 . Предварителните диелектрични измервания показват, че пробите са с ниска проводимост и няма значителна промяна в диелектричните загуби до 600 °C.

[I.6.] R Raykov, A Staneva, Y Dimitriev, E Kashchieva, S Slavov, B Blagoev, Glass and glass-ceramics in the $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3\text{-PbO-MnO-B}_2\text{O}_3$ system, *Physics and Chemistry of Glasses-European Journal of Glass Science and Technology Part B*, 56, 4, (2015) 145-148

- Изследваните състави в системата $\text{La}_2\text{O}_3 - \text{Gd}_2\text{O}_3 - \text{PbO} - \text{MnO} - \text{B}_2\text{O}_3$ са разположени в участък от фазовата диаграма с постоянно съдържание на B_2O_3 (30 mol%). За номинален състав $30\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 8 \cdot 75\text{La}_2\text{O}_3 \cdot 8 \cdot 75\text{Gd}_2\text{O}_3 \cdot 23 \cdot 33\text{PbO} \cdot 29 \cdot 17\text{MnO}$, който е отвън в областта на стъклообразуване, се получава стъклокерамичен материал директно от преохладената стопилка с основна кристална фаза редкодемен манганит.

[I.7.] S. Slavov, E. Kashchieva, S. Parvanov, Y. Dimitriev, "The effect of Nd substitution of the glass forming ability and thermal properties in the system $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ ", *Journal of Chemical Technology & Metallurgy*, 50, 4, (2015) 435-440

- Изследвани са процесите за образуване на стъкло в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ по широк концентрационен диапазон. Увеличаването на съдържанието на SiO_2 води до изместване на абсорбционната граница към по-ниски дължини на вълните. Резултатите от експеримента показват, че е възможно да се получат ниско топящи се стъкла, съдържащи 5 mol % - 20 mol % SiO_2 и 30 mol % - 63 mol % Bi_2O_3 чрез метода на топене и закалка. Заместването на Bi_2O_3 с Nd_2O_3 до 10 mol% води до получаване на комплексни многокомпонентни стъкла и стъкло-кристални материали с висока термична стабилност.

[I.8.] Anna Staneva, Boris Martinov, Stanislav Slavov, Daniela Karashanova, Janna Mateeva, BMG Melo, Luis C Costa, DIELECTRIC PROPERTIES OF NEW COMPOSITES BASED ON

GRAPHENE OXIDE AND NANO-SIZED ZnO, *Journal of Chemical Technology & Metallurgy*, 56 (1), 54-66, 2021

- Получена и изследвана е пълна серия от графен оксид и наноразмер цинков оксид и е определена структурна и фазовия състав на получените композити. Измерена е комплексната диелектрична проницаемост за всички проби като функция на честотата. Изследвани са всички диелектрични характеристики (честоти от 100 Hz до 1 MHz и температури от 150 до 400 K). В изследвания температурен диапазон от около 150 K до 400 K и честотен диапазон от 102 Hz до 106 Hz не се наблюдават релаксационни процеси, а изследваните композити имат поведение, подобно на тази на диелектрици с кристална структура и и йонна релаксационна поляризация, която причинява увеличени диелектрични загуби.

[I.9.] P.V. Angelov, S.S. Slavov, Sv. R. Ganev, Y.B. Dimitriev, J.G. Katarov, Direct ultrasonic synthesis of classical high temperature ceramic phases at ambient conditions by innovative method, *Bul. Chem. Comm.*, 45, Special issue A (146 – 152) 2013

- Използван е нов подход за синтез на фeroелектрични керамични материали от системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ основан на третиране на прекурсорите с високо мощно ултразвуково поле, генерирано от специализирано устройство изработено по поръчка. При прилагането на метода на синтез, високотемпературната фаза $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ беше синтезирана при стайна температура. Образуването на тази фазата е съпътствано с появата на малко количество от фазата $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (за проби с присъствие на SiO_2 в партиден състав) и Nd_2O_3 (за проби с Nd_2O_3 присъствие в началния състав). Последващо термично третиране на тези проби (в температурен диапазон 500°C - 1200°C) показва образуването на фазата $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ и на фаза $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$.

[I.10.] Stanislav S. Slavov, Milena Z. Krapchanska, Elena P. Kashchieva, Yanko B. Dimitriev, "Electrical characteristics of bismuth titanate ceramics containing SiO_2 and Nd_2O_3 ", *Processing and Application of Ceramics 4* [1] (2010) 39–43

- Бисмут-титанатната керамика, съдържаща SiO_2 и Nd_2O_3 като добавки, е синтезирана по два различни начина на охлаждане на стопилките. Въвеждането на SiO_2 и Nd_2O_3 води до по-сложна кристализация с участието на няколко фази, включително $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Доказано е, че приложените методи за синтез са подходящи за генериране на различни микроструктури в обемната керамика от бисмутов титанат, което е обещаваща основа за промяна на техните електрически свойства. Увеличаването на съдържанието на SiO_2 подобрява стъклообразуването, а добавянето на Nd_2O_3 стимулира кристализацията. Определя се проводимостта на избраните проби чрез анализатор на импеданса в честотния диапазон от 10 до 100 kHz и DC резистивен мост, използващ дву терминален метод. Всички изследвани проби са диелектрици с проводимост $10^{-6}\text{-}10^{-9} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$.

[II.1.] SS Slavov, S Soreto Teixeira, MPF Graça, LC Costa, V Popova, Y. Dimitriev, $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ lead-free material for microwave device applications, *International Journal of Applied Glass Science* 10 (2), 202-207, 2018

- Изследвани образци в система $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ и тяхното потенциално приложение за безоловни изделия за микровълнови устройства. Пробите са синтезирани по метода за охлаждане на стопилката. Според анализа на рентгеновата дифракция пробите са поликристални с три различни кристални фази. Измерванията на диелектричната комплексна диелектрична функция са направени при 2.7 GHz, като се използва резонансна кавитация и теорията за малките смущения. Стойностите на диелектричната проницаемост на подготвените материали бяха сравнени с комерсиален образец и е направен извода, че тези нови безоловни материали имат добър потенциал да заменят съдържащи олово устройства за микровълнови честотни приложения. Използването на полифазни проби в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ може да бъде полезно за електронно приложение при микровълнови честоти.

[II.2.] S. Slavov, Y. Dimitriev, GLASS FORMATION IN THE SYSTEM $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$, *Journal of Chemical Technology & Metallurgy*, 51, 5, (2016) 536-546

- В това изследване е синтезирано стъкло и стъкло-кристални материали в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$. Едно ограничаващо условие е температурата на топене да не надвишава $1450\text{ }^\circ\text{C}$, което би ограничило загубите на компонентите с по-ниска температура на топене. Полето на образуване на стъкло се определя при скорост на охлаждане 10^2 K/s . Термично стабилни стъклата се получават в диапазона $10 - 50\text{ mol \% SiO}_2$, от 10 до $50\text{ mol \% Bi}_2\text{O}_3$ и от 10 до 50 mol \% TiO_2 в централната част на фазовата диаграма. Извън тази граница стъкло-кристални материали са с участие на фазите: $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Високото съдържание на Bi_2O_3 за сметка на SiO_2 води до намаляване на точката на топене и до по-ниски стойности на температурата на фазовия преход на застъкляване T_g . Едно общо заключение е, че стъклата са стабилни до $450^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$.

[II.3.] Stanislav S. Slavov, Elena P. Kashchieva, Svetlin B. Parvanov, Yanko B. Dimitriev „Synthesis of doped bismuth titanate ceramics with Nd_2O_3 and SiO_2 and their electrical properties“ *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2, 48, (2013) 174-178

- Бисмут-титанатната керамика, съдържаща SiO_2 и Nd_2O_3 като добавки, се синтезира чрез метод за охлаждане на стопилката в системата $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ в температурен диапазон $1260^\circ\text{C} - 1500^\circ\text{C}$. Добавянето на SiO_2 и Nd_2O_3 позволява контролиране на кристализацията, способността за образуване на стъкло, температурата на топене и температурата на Кюри. Установено е, че всички изследвани проби са диелектрични материали с проводимост между 10^{-9} и $10^{-13}\text{ }(\Omega\text{ cm})^{-1}$ при стайна температура, диелектрична проникваемост от 1000 до 3000 и диелектрични загуби $\text{tg}\delta$ между $0,0002$ и $0,1$.

[II.4.] S Slavov, T Tsvetkov, PICARD-LINDELOF ITERATIONS AND MULTIPLE SHOOTING METHOD FOR PARAMETER ESTIMATION, *International Journal of Applied Mathematics* 33 (5), 919, 2020

- Предложена е модифицирана схемата за повторение на Picard-Lindelöf за да се покаже итерационен алгоритъм за оценка на параметрите на обикновените диференциални уравнения. Предложеният алгоритъм наследява показаните предимства в класическите алгоритми и освен това дава възможност параметрите да бъдат трансформирани във форма, която е удобна и подходяща за изчисление.

[II.5.] Matej BABIČ, Gyula VARGA, Daniel GHICULESCU, Michal JAKUBOWICZ, Stanislav SLAVOV, George SERITAN, Dragan MARINKOVIĆ, A NOVEL APPROACH FOR PATTERN RECOGNITION BY USING GRAPH THEORY AND ITS APPLICATION IN MECHANICAL ENGINEERING, *ACADEMIC JOURNAL OF MANUFACTURING ENGINEERING*, 19, 3, 2021, ISSN 1583-7904

- В тази статия е представен нов подход за разпознаване на модели чрез използване на теория на графите и нейното приложение в машиностроенето. Представена е нова методология, нов подход за разпознаване на модели чрез използване на теорията на графиките и нейното приложение при анализа на стойностите на разпределение на размера на зърното. Тези стойности са получени от SEM изображения на лазерно закалени образци, използващи методи за оценка за изчисляване на фрактално измерение на 3D обекти и изчисляване на плътността на графиките за 3D видимост.

[II.6.] W. Wisniewski, S. Slavov, Ch. Rüssel, Y. Dimitriev, Phase Formation, Crystal Orientations and Epitaxy in $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ (Nd_2O_3) Glass-Ceramics, *CrystEngComm* 19, 20 (2017) 2775-2785, <https://doi.org/10.1039/C7CE00542C>

- Четири синтезирани стъкла в системите $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ и $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Nd}_2\text{O}_3$ са стопени и изляти в графитни форми, където те показват спонтанна кристализация по време

на охлаждане. Кристалните фази са α - $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$, $\text{Bi}_{4-x}\text{Nd}_x\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Bi}_2\text{Si}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_5$, TiO_2 и вероятно $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$. Посочена е неизвестна преди това смесимост на Bi_2SiO_5 и Bi_2TiO_5 . Ориентирани слоеве на моноклинни се наблюдават се α - $\text{Bi}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$, $\text{Bi}_{4-x}\text{Nd}_x\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ и $\text{Bi}_2\text{Si}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_5$. Перфектно епитаксиална връзка между $\text{Bi}_{4-x}\text{Nd}_x\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ и $\text{Bi}_2\text{Si}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_5$ е доказано от EBSD. Кристали със състав $\text{Bi}_2\text{Si}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_5$ с открити концентрации $y = 0,33, 0,5$ и $0,66$.

[III.1.] S Slavov, Z Jiao, Bismuth-Titanate $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ Crystallization in the $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Nd}_2\text{O}_3$ System, *Advanced Nanotechnologies for Detection and Defence against CBRN Agents*, 367-372, 2018

- Изследването демонстрира начин да синтезират състави от системата $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Nd}_2\text{O}_3$, в които присъства само една кристална фаза: бисмут-титанат пирохлор ($\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$). Синтезът се извършва в два последователни етапа: начална хомогенизация на оксид за 15 минути и топене при температури съответно 1100°C и 1450°C . Свободно охлаждане до стайна температура е направено със скорост около 100 K/min . С помощта на инфрачервена спектроскопия (FTIR) са идентифицирани на структурата и микрокристалите, разпределени в матрицата. Така, чрез контрол на изходните оксиди и температурните режими на синтез се получава монофазна поликристална стъклокерамика и керамика съдържаща фазата $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$, полимеризирани SiO_4 октаедри, с участието на Bi_2O_3 , като един нетрадиционен стъклообразувател.