

Sprawozdanie z badań statutowych Zakładu Optoelektroniki w roku 2009, temat badań:

Właściwości spektralne i EPR monokryształów tlenkowych dla zastosowań laserowych

Zakład prowadzi badania właściwości magnetycznych oraz optycznych i dielektrycznych, liniowych i nieliniowych, nowych materiałów krystalicznych i polikrystalicznych, otrzymywanych z fazy stałej (polikrystaliczne) i metodą Czochralskiego (monokrystaliczne). Monokryształy otrzymane w Zakładzie Optoelektroniki ZUT w roku 2009 – PbMoO₄:Co, Li_{1.72}Na_{0.28}Ge₄O₉, FeVO₄; zsyntezowane w zaprzyjaźnionych ośrodkach naukowych (INTiBS Wrocław – YVO₄:Yb, Tm, CsDy(MoO₄)₂, KY(MoO₄)₂, KCe(WO₄)₂, KDy(WO₄)₂, KGd(WO₄)₂, KLa_{0.25}Pr_{0.75}(MoO₄)₂, KLa_{0.995}Pr_{0.005}(MoO₄)₂, KLa_{0.25}Pr_{0.75}(WO₄)₂, A.M. Prokhorov General Physics Institute RAS Moskwa - Sr_{0.61}Ba_{0.39}Nb₂O₆:Cr, Ce, Ni, Physical Chemistry of Luminescent Materials, Claude Bernard/Lyon 1 University, Lyon, France – CaF₂:Yb, BaY₂F₈:Yb). Polikryształy wolframianów, molibdenianów i molibdeniano-wolframianów otrzymano na Wydziale Chemii Nieorganicznej i Analitycznej ZUT. W realizacji tych zadań uczestniczą wszyscy pracownicy Zakładu w liczbie pięciu, a także dwoje studentów studiów doktoranckich. W/w badania prowadzone są zgodnie z założeniami przez Krajowy Program Ramowy Priorytetowymi Kierunkami Badań (Pkt 6. Nowe Materiały i Technologie. Pkt 6.2. Zaawansowane materiały i urządzenia elektroniczne oraz optoelektroniczne. Pkt 6.4. Wysokoprzetworzone związki chemiczne oraz materiały o złożonych właściwościach).

1. Badania właściwości optycznych i EPR monokryształów LiNbO₃, CaF₂, YVO₄, BaY₂F₈ oraz podwójnych wolframianów i molibdenianów. Przeprowadzono je pod kątem wykorzystania ich, jako matryc laserowych. Domieszką aktywną, którą szczególnie analizowano był Yb³⁺, analizowano również domieszkowanie tych materiałów erbem i prazeodymem. Szczególnie istotne badania przeprowadzono dla w/w materiałów kodomieszkowanych jonami dającymi wkład diamagnetyczny do postaci zależności podatności magnetycznej od temperatury, wśród nich Pr³⁺ oraz Tm³⁺.

Dla wszystkich kryształów przeprowadzono badania spektralne (absorpcja, fotoluminescencja, czasy zaniku luminescencji, widma Ramana) w celu określenia rozkładu i koncentracji jonów Yb³⁺, obecności par jonów Yb³⁺ lub innych typów klasterów oraz możliwych mechanizmów deekscytacji tych jonów w różnych typach matryc wykazujących małe odległości międzyatomowe. Wśród badań spektralnych szczególną uwagę poświęcono badaniom EPR oraz podatności magnetycznej (SQUID), służącym określeniu orientacji par Yb³⁺ w strukturze,

odległości Yb^{3+} - Yb^{3+} ($\sim 4 \text{ \AA}$) tworzących parę jonów dających efekt kooperatywnej emisji itp. Kryształy te poddano również naświetleniom kwantami gamma, elektronami, protonami, a także wygrzaniu w atmosferach redukcyjnej i utleniającej, w celu stwierdzenia obecności zjawiska konwersji („up” lub „down”) jonów domieszek aktywnych. Obecność par jonów Yb^{3+} oraz kooperatywnej emisji stwierdzono w kryształach $\text{CaF}_2:\text{Yb}$, $\text{LiNbO}_3:\text{Yb}$ oraz $\text{BaY}_2\text{F}_8:\text{Yb}$. W tych ostatnich kryształach zidentyfikowano również zjawisko „up-konwersji”. Wyniki znacznej części z tych badań podsumowano w pracach [2-6]. W pracach nad w/w materiałami uczestniczyli również dr Fuks oraz dr Bodziony, realizujący swoje projekty prac habilitacyjnych. Dr Bodziony ma zamiar otworzyć swój przewód pod koniec 2010 r na UAM w Poznaniu, a dr Fuks wystąpić w tym samym roku o grant na realizację pracy habilitacyjnej.

2. Monokryształy $\text{Sr}_{0,58}\text{Ba}_{0,42}\text{Nb}_2\text{O}_6$. Przeprowadzono badania właściwości optycznych i dielektrycznych monokryształów SBN61 ($\text{Sr}_{0,61}\text{Ba}_{0,39}\text{Nb}_2\text{O}_6$), otrzymanych w Instytucie Prokhorova w Moskwie metodą Stiepanova i porównano je z odpowiednimi własnościami monokryształów SBN58 otrzymanych metodą Czochralskiego w Zakładzie Optoelektroniki ZUT. Wyniki tych prac opublikowano w *Optical Materials* [7] oraz w *Rev. Adv. Mat. Sci.* [2010 r]. Wartości ϵ'_m oraz T_m są wyższe dla próbek SBN otrzymanych metodą Czochralskiego. Próbki SBN otrzymane tą metodą wykazywały również wyższe przewodnictwo z powodu większej ilości wakansów tlenowych. Stała dyfuzyjna charakteryzująca anomalię typu relaksorowego zmieniała się od 1,25 dla domieszkowania Ce (1,34 dla czystego SBN) do 1,98 dla domieszkowania Cr oraz Ni. Wydaje się, że domieszka Ce odgrywa rolę porządkującą w sieci SBN. Badania przepolaryzowania kryształów SBN61 potwierdzają, że wąski zakres relaksacji polaryzacji kryształu SBN61 może być wyjaśniony przez rozrzut wartości pola koercji w efekcie nieuporządkowania ładunkowego. Zmiana lokalnej wartości pola koercji prowadzi do przypadkowego rozkładu barier dla nukleacji, które działają jak „pinning” centra dla ścian domenowych. Pokazano, że nukleacja i wzrost domen w domieszkowanych kryształach SBN jest silnie zależna od przypadkowego pola związanego z właściwościami relaksorowymi tego materiału. Otrzymane rezultaty pozwalają wnioskować, że zachowanie relaksorowe badanych próbek silnie zależy od typu domieszki, a znacznie mniej od stosunku Sr/Ba. Badania powyższe prowadzone są również w ramach doktoratu mgr Wolskiej.

3. Monokryształy $\text{Li}_{2-x}\text{Na}_x\text{Ge}_4\text{O}_9$ ($0 < x < 1$). Wykazują właściwości segnetoelektryczne i specyficzne właściwości optyczne nieliniowe. Przejście fazowe para-ferroelektryczne dla tego kryształu jest typu porządek-nieporządek. Temperatura Curie w nietypowy sposób zależy od składu x . Szczególnie interesujące właściwości monokryształu ten wykazuje w zakresie składu: $0.2 < x < 0.3$. Monokryształy $\text{Li}_{1.72}\text{Na}_{0.28}\text{Ge}_4\text{O}_9$ oraz $\text{Li}_{1.72}\text{Na}_{0.28}\text{Ge}_4\text{O}_9:\text{Cr}$ otrzymano w Laboratorium Wzrostu Kryształów IF ZUT. Ich badania rozpoczęto, a pierwsze wyniki publikowane będą na konferencji w Szklarskiej Porębie w 2010 r. – ESTE. Kryształy SBN oraz $\text{Li}_{2-x}\text{Na}_x\text{Ge}_4\text{O}_9$ i ich badania wchodzi w zakres tematyczny rozprawy doktorskiej Pani mgr Jasik. Na wsparcie realizacji Jej rozprawy doktorskiej, po rozstrzygnięciu odpowiedniego konkursu, mgr A. Jasik otrzymała 20 000 zł z Wojewódzkiego Urzędu Pracy w Szczecinie w ramach projektu „Inwestycja w wiedzę motorem rozwoju innowacyjności w regionie”.

3. Monokryształy PbMoO_4 oraz $\text{PbMoO}_4:\text{Co}$. Wytworzono nowe monokryształy nieliniowe: $\text{PbMoO}_4:\text{Co}$, których właściwości opisano w pracy [1]. Zbadano ich właściwości optyczne, dielektryczne oraz strukturalne (metodą RHEED). Materiały te okazują się być dobrymi matrycami laserów Ramanowskich. Nas interesował rodzaj defektów strukturalnych pojawiających się w tych kryształach po ich domieszkowaniu jonami kobaltu. Szczegółowe badania przenikalności dielektrycznej, przewodnictwa i tangensa strat w funkcji temperatury (290-400 K) przy częstotliwości 10 kHz oraz częstotliwości (1Hz-100kHz) pokazały wyraźny wpływ domieszki kobaltu na właściwości dielektryczne monokryształów PbMoO_4 . Badania spektralne wykazały obecność słabego pasma absorpcji z maksimum dla 500 nm, odpowiadającego przejściu elektronowemu $^4\text{A}_2-^4\text{T}_1(\text{P})$ w jonach kobaltu w położeniach tetraedrycznych. Zaobserwowano również pasmo z maksimum dla 860 nm, charakterystyczne dla centrów typu F (tlen) oraz wakansów Pb. Badania EPR potwierdziły obecność w kryształach PbMoO_4 sprzężonych antyferromagnetycznie jonów kobaltu. Badaniem tego kryształu w ramach przyszłej pracy habilitacyjnej zajmowała się dr Piwowarska.

4. Monokryształy FeVO_4 . Otrzymane zostały w Laboratorium Wzrostu Kryształów IF ZUT. Otrzymano je metodą transportu chemicznego. Są wykorzystywane w przemyśle (w postaci proszkowej), jako katalizatory. Analizowaliśmy ich właściwości magnetyczne (EPR) w celu zrozumienia mechanizmu katalizy. Z uwagi na kłopoty z interpretacją niektórych linii EPR

postanowiliśmy rozszerzyć nasze zainteresowanie o InVO_4 czysty oraz słabo i silnie domieszkowany Fe oraz o izostrukuralny względem FeVO_4 związek AlVO_4 . Z analizy związku InVO_4 różnie domieszkowanego żelazem okazało się, że obserwowane w ortowanadanie żelaza w niskich temperaturach linie EPR pochodzą od wanadu czterowartościowego. Uznaliśmy za konieczne zbadanie wszystkich możliwych rodzajów struktury, w której krystalizują FeVO_4 oraz AlVO_4 , stąd zdecydowaliśmy się przeprowadzić analizę XRD w wysokich ciśnieniach. Odpowiednie badania przeprowadzono w Lund, w Szwecji. Wyniki tych badań są aktualnie analizowane. Zostaną wykorzystane do napisania pracy doktorskiej przez mgr. B. Bojanowskiego. Przy okazji prowadzonych przez niego badań powstała praca [8].

5. Nowe materiały laserowe i luminescencyjne (fosfory). Przeprowadzono prace nad otrzymaniem metodą z fazy stałej oraz zbadano właściwości spektralne nowych materiałów, mogących być matrycami laserowymi, w tym wolframianów i molibdenianów oraz wolframiano-molibdenianów. Stwierdzono, że nieznanne dotąd rodzaje materiałów, domieszkowane jonami ziem rzadkich, mogą wykazywać dobre właściwości luminescencyjne, interesujące z punktu widzenia ich zastosowań, jako potencjalnych laserów i fosforów. Wyniki badań właściwości chemicznych oraz spektralnych IR oraz EPR przedstawiono w pracach [5-6] oraz w wystąpieniach S.M. Kaczmarek, E. Tomaszewicz, H. Fuks, "Spectroscopic investigations of new class of rare-earth and zinc/cadmium tungstates and molybdate-tungstates" oraz E. Tomaszewicz, G. Dąbrowska, S.M. Kaczmarek, H. Fuks, "Solid-state synthesis and characterization of new cadmium and rare-earth metal molybdate-tungstates $\text{Cd}_{0.25}\text{RE}_{0.50}(\text{MoO}_4)_{0.25}(\text{WO}_4)_{0.75}$ " na konferencji w Sulmonie, 6-th International Workshop on Functional and Nanostructured Materials, FNMA09, L'Aquila, Italy, 27-30.09.09 oraz S.M. Kaczmarek, E. Tomaszewicz, H. Fuks, "New cadmium and rare-earth metal molybdates ($\text{CdRE}_2(\text{MoO}_4)_2$) with the scheelite type structure" na konferencji ICOM_2009, Herceg Novi, Montenegro, International Conference on Physics of Optical Materials and Devices. Wystąpienia konferencyjne zakończone zostały publikacjami, które ukażą się w Journal of Non-Crystalline Solids, Optical Materials oraz Material Chemistry and Physics w 2010 r. Złożono również zgłoszenia patentowe w Urzędzie Patentowym na niektóre spośród tych materiałów [9-10]. W 2009 r. ZUT otrzymała pieniądze na realizację projektu własnego w kwocie 250 000 zł z tej tematyki. Głównymi wykonawcami projektu są Prof. dr hab. inż. S.M, Kaczmarek oraz dr. H.

Fuks. W pracach nad nowymi materiałami uczestniczy również mgr. Tomasz Skibiński, doktorant studiów niestacjonarnych.

Publikacje:

1. D. Piwowska, S.M. Kaczmarek, P. Potera, P. Sagan, M. Berkowski, „Structural defects in PbMoO_4 single crystals doped with Co^{2+} ions”, *Optical Materials* 31, 1798-1801 (2009)
2. H. Fuks, S.M. Kaczmarek, L. Macalik, B. Macalik, J. Hanuza, “EPR and vibrational studies of $\text{YVO}_4 : \text{Tm}^{3+}, \text{Yb}^{3+}$ single crystal”, *Optical Materials* 31, 1883-1887, 2009
3. T. Bodziony, S.M. Kaczmarek, “Temperature dependence of the EPR spectra and optical measurements of $\text{LiNbO}_3 : \text{Er}, \text{Tm}$ single crystal”, *Journal of Alloys and Compounds* 468, 581-585, 2009
4. S.M. Kaczmarek, G. Leniec, J. Typek, G. Boulon, A. Bensalah, “Optical and EPR study of BaY_2F_8 single crystals doped with Yb”, *Journal of Luminescence* 129, 1568-1574, 2009
5. E. Tomaszewicz, S.M. Kaczmarek, H. Fuks, „New cadmium and rare earth metal tungstates with the scheelite type structure”, *Journal of Rare Earths*, vol. 27, No. 4, 569-573, 2009
6. E. Tomaszewicz, J. Typek, S.M. Kaczmarek, „Synthesis, characterization and thermal behaviour of new copper and rare-earth metal tungstates”, *Journal of Therm. Anal. Calorim.* 98, 409-421, 2009
7. S.M. Kaczmarek, D. Piwowska, K. Matyjasek, M. Orłowski, L.I. Ivleva, ”Optical and dielectric properties of SBN61 single crystals doped with Co, Cr, Ni and Ce”, *Optical Materials* 31, 1794-1797 (2009)
8. P. Piszora, W. Nowicki, J. Darul, B. Bojanowski, S. Carlson, Y. Cerenius, "Synchrotron X-ray diffraction studies of LiMn_2O_4 and $\text{Li}_4\text{Mn}_5\text{O}_{12}$ structures at high pressure", *Radiation Physics and Chemistry* 78 (2009) S89–S92
9. **Zgłoszenie patentowe:** Sposób wytwarzania oksysoli w dwuskładnikowym układzie molibdenianu (VI) kadmu i wolframianów (VI) metali, Patent P.389129 [WIPO ST 10/C PL389129]
10. **Zgłoszenie patentowe:** Oksysól w dwuskładnikowym układzie molibdenianu (VI) kadmu i molibdenianów (VI) metali i sposób wytwarzania oksysoli w dwuskładnikowym układzie molibdenianu (VI) kadmu i molibdenianów (VI) metali. 388827Patent P. 388827[WIPO ST 10/C PL388827]

Zadanie będzie dalej kontynuowane.

Uzasadnienie kontynuowania prowadzonych dotychczas zadań badawczych:

Optoelektronika jest obecnie jedną z najprężniej rozwijających się dziedzin nauki. Aktualne zagadnienia badawcze wpisują się w zapotrzebowanie optoelektroniki krajowej na nowe materiały. Efektem podjętych zadań badawczych będzie opracowanie technologii wytwarzania nowych kryształów oraz związków chemicznych. Wyniki prac opisane zostaną w licznych publikacjach, w czasopismach z LF. Podczas realizacji tej tematyki przewiduję zakończenie prac nad trzema rozprawami doktorskimi (mgr. Bojanowski, mgr Jasik, mgr Skibiński) oraz wszczęcie dwóch przewodów habilitacyjnych (dr Fuks) i zakończenie innego (dr. Bodziony).

Wykaz zadań badawczych przewidzianych do realizacji w 2011 roku, w tym

- kontynuowanych

W 2011 r. przewiduje kolejne prace w zakresie: „synteza, otrzymywanie metodą Czochralskiego oraz badania właściwości spektralnych i EPR materiałów tlenkowych, domieszkowanych ziemiemi rzadkimi i metalami przejściowymi, dla zastosowań w optoelektronice”.

Uzasadnienie:

Dotychczasowe prace prowadzone w moim zakładzie w w/w tematyce zakończone zostały bardzo licznymi publikacjami w czasopismach z LF, wystąpieniami konferencyjnymi oraz zgłoszeniami patentowymi, co świadczy o prawidłowości wyboru tej tematyki. W/w badania prowadzone są zgodnie z założonymi przez Krajowy Program Ramowy Priorytetowymi Kierunkami Badań (Pkt 6. Nowe Materiały i Technologie. Pkt 6.2. Zaawansowane materiały i urządzenia elektroniczne oraz optoelektroniczne. Pkt 6.4. Wysokoprzetworzone związki chemiczne oraz materiały o złożonych właściwościach).

- nowych:

Badanie właściwości magnetycznych materiałów wykazujących cechy fosforów, pozwalające na określenie symetrii i rodzaju otoczenia jonów aktywnych biorących udział w procesie aktywacji i luminescencji. Badania te prowadzone będą przy współpracy z naukowcami z Białorusi (Prof. Yablonskii) oraz Kazachstanu.

Uzasadnienie:

Dotychczasowe prace prowadzone w moim zakładzie w w/w tematyce zakończone zostały bardzo licznymi publikacjami w czasopismach z LF, wystąpieniami konferencyjnymi oraz zgłoszeniami patentowymi, co świadczy o prawidłowości wyboru tej tematyki. W/w badania prowadzone są zgodnie z założonymi przez Krajowy Program Ramowy Priorytetowymi Kierunkami Badań (Pkt 6. Nowe Materiały i Technologie. Pkt 6.2. Zaawansowane materiały i urządzenia elektroniczne oraz optoelektroniczne. Pkt 6.4. Wysokoprzetworzone związki chemiczne oraz materiały o złożonych właściwościach).

Najważniejsze osiągnięcia Zakładu Optoelektroniki w latach 2009

- 1 – Uzyskanie 4 pozytywnych recenzji (04.2009) wniosku na tytuł profesora przez dr hab. inż. Sławomira Kaczmarka oraz zatwierdzenie wniosku przez Komisję ds. Tytułów Naukowych (03.2010)
- 2 – Uzyskanie tytułu Zachodniopomorski Nobel 2008 przez dr hab. inż. Sławomira Kaczmarka (05.2009)
- 3 – Uzyskanie Nagród Rektorskich przez dr hab. inż. S. Kaczmarka (I stop.), T. Bodzionego (za prace wspólne nad materiałami badanymi w ZO – II stop.) oraz G. Leńca (III stop.) (11.2009)
- 4 – Uzyskanie przez dr hab. inż. S.M. Kaczmarka oraz dr. Fuksa dofinansowania z grantu (wspólnie z dr. Tomaszewicz) – 250 000zł (2009)
- 5 – Uzyskanie przez mgr A. Jasik dofinansowania na realizację pracy doktorskiej z UE w wysokości 20 000zł (2009)
- 6 – Zorganizowanie Laboratorium Optycznego w p. 706 (2009)
- 7 – Opublikowanie 12 prac w czasopismach z LF, zgłoszenie dwóch wniosków patentowych (2009)
- 8 – Przygotowanie 9 wystąpień konferencyjnych, w tym dwóch referatów proszonych (invited lecture), jednego referatu (oral presentation) i reszta – postery
- 9 – Złożenie 3 wniosków o grant ministerialny (3-2009)
- 10 – Przeprowadzenie 8 seminariów na poziomie Instytutu (wewnętrznych i zewnętrznych)
- 11 – Napisanie 32 recenzji dla czasopism naukowych z LF (Kaczmarek)
- 12 – Zakupienie i uruchomienie nowego generatora do krystalizatora Czochralskiego (2009)

13 – Przeprowadzenie 6 procesów krystalizacji nowych kryształów SBN oraz $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$ czystych oraz domieszkowanych RE oraz TM dla potrzeb optoelektroniki. Badania tych kryształów zaowocują w najbliższej przyszłości dwoma doktoratami (mgr Wolska, mgr Jasik)

14 - Udział przedstawiciela ZO w badaniach XRD wysokociśnieniowych kryształów FeVO_4 w Lund, w Szwecji – doktorat Bojanowski

15 - Współpraca międzynarodowa ZO z Uniwersytetem w Lyonie, Francja, Moskwie, Rosja. Nawiązanie współpracy z Białorusią i Kazachstanem.

16 - Współorganizacja konferencji naukowej FNMA09 w Sulmonie we Włoszech (2009) – Komitet Naukowy – S.M. Kaczmarek

17 – W zakresie badań naukowych:

- badania zsyntezowanych w ZUT właściwości magnetycznych zasad Schiffa w kontekście ich zastosowań medycznych, jako sztucznych zasad zastępujących np. naturalne enzymy – habilitacja Leniec

- badania właściwości optycznych i magnetycznych kryształów LiNbO_3 domieszkowanych RE i kodomieszkowanych (nowe centra o niskiej symetrii, więcej niż jedna domieszka) – habilitacja Bodziony

- badania właściwości optycznych i EPR kryształów podwójnych wolframianów, molibdenianów przy współpracy z INTiBS Wrocław oraz nowo wytworzonych w ZUT molibdenianów, wolframianów i molibdeniano-wolframianów – patenty – grant z dr Tomaszewicz, doktorat Skibiński, habilitacja - Fuks

- wytwarzanie nowych materiałów (monokryształów) o właściwościach nieliniowych (BGO , SBN, PbMoO_4 , $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$) dla potrzeb optoelektroniki przy współpracy z IF PAN (Berkowski) oraz badanie ich właściwości optycznych, dielektrycznych i magnetycznych – doktoraty Wolskiej, Jasik

- badanie właściwości optycznych monokryształów fluorków $\text{CaF}_2:\text{Yb}$, $\text{BaY}_2\text{F}_8:\text{Yb}$ (zjawiska konwersji i up-konwersji) przy współpracy z Uniwersytetem w Lyonie

W roku 2009 pracownicy zakładu przedstawili 6 plakatów, wygłosili 3 referaty [1, 2, 4], z czego dwa proszone [1, 4]:

1 - W. Drozdowski, A. Wojtowicz, S.M. Kaczmarek, M. Berkowski, "Scintillation YIELD of BGO pixel crystals", LUMDETR'2009, 7th International Conference on Luminescent Detectors and Transformers of Ionizing Radiation, 12-17 July 2009, Kraków, Poland, **invited paper**

2 - S.M. Kaczmarek, H. Fuks, L. Macalik, B. Macalik, J. Hanuza, "EPR and vibrational studies of some tungstates and molybdates single crystals", ICOM_2009, Herceg Novi, Montenegro,

International Conference on Physics of Optical Materials and Devices, **oral** presentation, 27-30.08.09

3 - E.Tomaszewicz, S.M.Kaczmarek, H.Fuks, "New cadmium and rare-earth metal molybdates ($\text{CdRE}_2(\text{MoO}_4)_2$) with the scheelite type structure", ICOM_2009, Herceg Novi, Montenegro, International Conference on Physics of Optical Materials and Devices, **poster**, 27-30.08.09

4 - S.M. Kaczmarek, M. Guzik, J. Cybińska, E. Tomaszewicz, H. Fuks, "Spectroscopic investigations of new class of rare-earth and zinc/cadmium tungstates and molybdatotungstates", 6-th International Workshop on Functional and Nanostructured Materials, **invited paper**, FNMA09, L'Aquila, Italy, 27-30.09.09

5 - E. Tomaszewicz, S.M. Kaczmarek, G. Leniec, "Re-investigations of some properties of gadolinium sulphate octahydrate and intermediate products of its decomposition", 6-th International Workshop on Functional and Nanostructured Materials, **poster**, FNMA09, L'Aquila, Italy, 27-30.09.09

6 - E. Tomaszewicz, G. Dąbrowska, S.M. Kaczmarek, H. Fuks, "Solid-state synthesis and characterization of new cadmium and rare-earth metal molybdatotungstates $\text{Cd}_{0.25}\text{RE}_{0.50}(\text{MoO}_4)_{0.25}(\text{WO}_4)_{0.75}$ ", 6-th International Workshop on Functional and Nanostructured Materials, **poster**, FNMA09, L'Aquila, Italy, 27-30.09.09

7 - A. Makal, K. Woźniak, A. Szady-Chełmieniecka, E. Tomaszewicz, G. Leniec, S.M. Kaczmarek, E. Grech, "Synthesis, crystal structure and characterization of a new monohydrate NCS^- and Schiff base copper(II) complex", 6-th International Workshop on Functional and Nanostructured Materials, **poster**, FNMA09, L'Aquila, Italy, 27-30.09.09

8 - S.M. Kaczmarek, E. Tomaszewicz, A. Jasik, G. Leniec, "EPR and IR studies of some praseodymium(III) tungstates", 6-th International Workshop on Functional and Nanostructured Materials, **poster**, FNMA09, L'Aquila, Italy, 27-30.09.09

9 - T. Bodziony, S.M. Kaczmarek, "Magnetic properties of $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$, Tm single crystal", 6-th International Workshop on Functional and Nanostructured Materials, FNMA09, L'Aquila, Italy, 27-30.09.09, **poster** P019