

Sprawozdanie z badań własnych za 2005 r.

Zakład Optoelektroniki IF PS

Kier. Zakł. dr hab. inż. S.M. Kaczmarek Prof. PS

Temat: **Badania nieliniowych właściwości monokryształów**

Realizacja: przy okazji badań właściwości nieliniowych monokryształów $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (LBO) czystych i domieszkowanych Co^{2+} oraz Mn^{2+} , przeprowadzanych w ramach pracy doktorskiej dr Piwowarskiej (obrona 4.07.2005) oraz prac dyplomowych Błażeja Felusiaka (obrona 24.10.2005) i Rafała Wyrobka (obrona 17.10.2005), przy okazji badań właściwości nieliniowych monokryształów $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6$ (SBN) czystych i domieszkowanych chromem przeprowadzanych w ramach grantu profesorskiego i pracy dyplomowej Katarzyny Repow oraz przy okazji badań właściwości monokryształów $\text{La}_3\text{Ga}_{5.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{14}$ (LGT) domieszkowanych Co^{2+} oraz Yb^{3+} i Ho^{3+} , a także V^{3+} . Wszystkie w/w kryształy otrzymano w 2005 r. w laboratorium Wzrostu Kryształów ZO IF PS.

W ramach pracy doktorskiej Pani dr Piwowarskiej otrzymane zostały monokryształy $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ czyste i domieszkowane Co i Mn, zmierzone zostały ich widma absorpcji, EPR. Wyniki tych badań opublikowano w pracach:

1. D. Podgórska, S.M. Kaczmarek, W. Drozdowski, M. Berkowski, A. Worsztynowicz, "Growth and optical properties of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ single crystals pure and doped with Yb, Co, Eu and Mn ions for nonlinear applications", *Acta Phys. Pol. A*, 107 (2005) 507-516
2. D. Piwowarska, S.M. Kaczmarek, M. Berkowski, I. Stefaniuk, "Growth and EPR and optical properties of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ single crystals doped with Co^{2+} ions", *J. Cryst. Growth*, in the print
3. D. Podgórska, S. M. Kaczmarek, M. Berkowski, W. Drozdowski, M. Kwaśny, S. Warchoń, V. M. Rizak, "EPR and optical properties of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}$ and $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}$, Eu single crystals under the influence of γ -irradiation and annealing", *Biuletyn WAT* 01 (2005) 61-80
4. D. Podgórska, S. M. Kaczmarek, M. Włodarski, M. Kwaśny, S. Warchoń, V. M. Rizak, W. Drozdowski, "EPR and optical properties of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}$ glass samples under the influence of γ -irradiation and annealing", *Biuletyn WAT* 01 (2005) 45-60
5. D. Piwowarska, "Symetria położeń domieszek ziem rzadkich (Yb, Eu, Dy) i metali przejściowych (Mn, Co, Ti) w monokryształach i szklach $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ na podstawie pomiarów widm optycznych i EPR", *rozprawa doktorska*, 4.07.2005 Gdańsk

W ramach prac dyplomowych B. Felusiaka i R. Wyrobka zmierzono właściwości dielektryczne monokryształów LBO, LBO:Co i LBO:Mn stwierdzając, że przenikalność dielektryczna badanych kryształów maleje od wartości 9.33 dla czystego LBO poprzez 7.9 dla LBO:Co do 3.39 dla LBO:Mn, ponadto zależy w sposób istotny od temperatury i częstotliwości. Powyżej 300 MHz obserwowano istotne zmiany zarówno przenikalności dielektrycznej jak i przewodnictwa elektrycznego. Obniżenie wartości przewodnictwa elektrycznego kryształu LBO w efekcie domieszkowania jonami Co oraz Mn pozwoliło zmierzyć właściwości dielektryczne tego kryształu, które dla kryształu czystego nie zostały dotąd pomierzone ze względu na wysokie przewodnictwo elektryczne (przewodnictwo jonowe jonów litu). Do tego celu potrzebne było skonstruowanie przystawki pozwalającej na pomiary właściwości dielektrycznych badanych kryształów przy wykorzystaniu mostka Wheatstone'a w szerszym zakresie napięć – do 200V. Zmierzono również tg δ . Z analizy zależności w/w parametrów (ϵ , σ , tg δ) od temperatury wynika, że spodziewane przejście fazowe dla czystego LBO w temperaturach powyżej 500 °C, może przesunąć się do temperatur pokojowych po domieszkowaniu kryształu LBO jonami metali przejściowych. Jest ono rozmyte w sposób charakterystyczny dla relaksorów. Poza właściwościami dielektrycznymi, w ramach w/w prac dyplomowych przygotowano (o orientacji pozwalającej na uzyskanie dopasowania fazowego dla drugiej harmonicznej) dwie kostki kryształu LBO (3*3*18 mm), które wykorzystano do konstrukcji przetwornika na drugą harmoniczną lasera YLF:Nd. Przeprowadzono odpowiednie pomiary w układzie laserowym stwierdzając sprawność przetwarzania z 1.06 μm na długość fali 532 nm na poziomie 50%.

5. Błażej Felusiak, „Liniowe i nieliniowe właściwości dielektryczne monokryształów $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ”, *praca magisterska*, obrona 24.10.2005

6. Rafał Wyrobek, „Przetwornik na wyższe harmoniczne lasera Nd:YAG na bazie $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ”, *praca magisterska*, obrona 17.10.2005

Monokryształy SBN czyste i domieszkowane chromem uzyskano w połowie 2005r przy współpracy dyplomantki Katarzyny Repow. Poniżej przedstawiono parametry procesu krystalizacji:

Pure SBN crystal

1:58.10 Czochralski growth. Date: 6/06/2005
11:58.10 Material: $\text{Sr}_0.5\text{Ba}_0.5\text{Nb}_2\text{O}_6$ starting weight 178.00 g
11:58.11 Crucible: Ti40
11:58.11 Density: 4.40 g/ccm
11:58.11 Expected parameters of the crystal:
11:58.11 ***** Seed Cone Cylinder
11:58.11 Diameter [mm] 5.5 ---- 20.0
11:58.11 Length [mm] 10.0 13.6 100.0
11:58.11 Weight [g] 1.0 8.9 138.2
11:58.11 Time [h] 3.3 6.0 33.3
11:58.11 Cone gape [deg]: 80.0
11:58.11 Crystallization front gape [deg]: 140.0
11:58.11 constant crystal growth in the middle of the crystal
11:58.11 as high as 3.00 mm/h

SBN crystal doped with Cr

10:50.15 Czochralski growth. Data: 7/07/2005
10:50.15 Material: SBN:Cr0.02% starting weight 175.00 g
10:50.15 Crucible: Ti40
10:50.15 Density: 4.40 g/ccm
10:50.15 Expected parameters of the crystal:
10:50.15 ***** Seed Cone Cylinder
10:50.15 Diameter [mm] 5.5 ---- 20.0
10:50.15 Length [mm] 10.0 13.6 100.0
10:50.15 Weight [g] 1.0 8.9 138.2
10:50.15 Time [h] 4.0 7.2 40.0
10:50.15 Cone gape [deg]: 80.0
10:50.15 Crystallization front gape [deg]: 140.0
10:50.15 constant crystal growth in the middle of the crystal
10:50.16 as high as 2.50 mm/h

Zbadano właściwości optyczne tych kryształów (absorpcję i fotoluminescencję) stwierdzając obecność silnego pasma emisji z maksimum dla 765 nm pochodzącego od jonów Cr^{3+} . Zmierzone widmo wzbudzenia stwierdzając, że emisja ta pochodzi od pasm absorpcji z maksimum dla 390 i 650 nm jonów chromu. Zmierzone również widma EPR, chociaż pojawiły się trudności związane z wnikaniem pola do obszaru próbki (silne właściwości fotorefrakcyjne) i niemożliwością uzyskania stabilnych, powtarzalnych rezultatów. Aktualnie przeprowadzane są pomiary termoluminescencji (ponieważ właściwości fotorefrakcyjne tego materiału silnie zależą od obecności innych centrów emisyjnych – poza chromem) i analizowana jest struktura (dotąd w literaturze relacjonowano właściwości monokryształów $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$ dla $x=0.7$ i 0.61) przy pomocy dyfraktometru (stałe sieci). Przy okazji prób otrzymania tego kryształu metodą Czochralskiego okazało się, że gradienty temperatury na froncie krystalizacji są parametrami krytycznymi procesu wzrostu (nie pozwalając na stabilny wzrost; kryształ w takich warunkach rósł spiralnie). Przeprowadzono więc dodatkowe pomiary rozkładu gradientów osiowego i podłużnego w piecu, konstruując układ elektryczny pozwalający na wykorzystanie wskazań czułych termopar.

Monokryształy LGT domieszkowano Yb i Ho, Co i V. Dla pierwszego z nich zmierzono absorpcję i luminescencję w obszarze widzialnym w zakresie 533-555 nm, 637-671 nm oraz 735 – 769 nm którą można wyjaśnić poprzez zjawisko up-konwersji zachodzące z udziałem jonów Yb i Ho. Zmierzone również widma EPR. Dla dwóch ostatnich kryształów zmierzono widma absorpcji i EPR stwierdzając

występowanie jonów Co i V w położeniach o symetrii oktaedrycznej i tetraedrycznej. Wyniki prac zaprezentowano w publikacjach, które najpierw prezentowane były na konferencjach zagranicznych w Warszawie (Optoelectronics SPIE) i Jałcie (ICPLC):

5. T. Bodziony, S.M. Kaczmarek, W. Ryba-Romanowski, M. Berkowski, "EPR and optical properties of $\text{La}_3\text{Ga}_{5.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{14}:\text{Ho}$, Yb single crystals", *Proc. SPIE International Congress on Optics and Optoelectronics*, 2 September 2005, Ed. K. Abramski, A. Lapucci, E.F. Pliński, ISBN 0-8194-5965-8, vol. 5958 (2005), pp. 552-560

6. H. Fuks, S.M. Kaczmarek, M. Berkowski, "EPR and optical properties of $\text{La}_3\text{Ga}_{5.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{14}:\text{Co}^{2+}$ single crystals", *Proc. SPIE International Congress on Optics and Optoelectronics*, 2 September 2005, Ed. K. Abramski, A. Lapucci, E.F. Pliński, ISBN 0-8194-5965-8, vol. 5958 (2005), pp. 541-551

7. H. Fuks, S.M. Kaczmarek, M. Berkowski, "EPR and optical properties of $\text{La}_3\text{Ga}_{5.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{14}:\text{V}^{3+}$ single crystals", *Izv. RAN ser. Fiz.*, in the print

dr hab. Inż. S.M. Kaczmarek Prof. PS