

SYNCHROTRONOWA TOPOGRAFIA MONOKRYSTAŁÓW SrLaGaO_4 W WIĄZCE BIAŁEJ

**A. Malinowska^{1,2,3*}, M. Lefeld-Sosnowska¹, E. Wierzbicka^{1,3},
K. Wieteska⁴, W. Wierzchowski³ i W. Graeff⁵**

¹Zakład Badań Strukturalnych IFD, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Hoża 69, PL 00-681 Warszawa

²Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, ul. Koszykowa 75, PL 00-662 Warszawa

³Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, PL 01-919 Warszawa

⁴Instytut Energii Atomowej, PL 05-400 Otwock-Świerk

⁵HASYLAB at DESY, Notkestr. 85, D 22603 Hamburg, Niemcy

Keywords: SrLaGaO₄, topography, lattice strain, defect structure

**) e-mail: malinows@if.pw.edu.pl*

Pseudoperowskity o wzorze ogólnym ABCO_4 , gdzie $A = \text{Ca}$ lub Sr , $B = \text{Y}$ lub inne pierwiastki ziem rzadkich oraz $C = \text{Al}$ lub Ga , znajdują zastosowanie jako materiał podłożowy dla wysokotemperaturowych nadprzewodzących warstw epitaksjalnych. Pozwala na to ich duża stabilność chemiczna i strukturalna, własności dielektryczne oraz wartości parametrów sieciowych zapewniające dobre dopasowanie sieci krystalicznej warstwy i podłoża [1]. Kryształy stosowane jako podłoża powinny charakteryzować się idealną strukturą krystaliczną. Wszelkiego rodzaju defekty, takie jak dyslokacje, wydzielenia, błędy ułożenia oraz dalekozasięgowe naprężenia wprowadzają zaburzenia i deformacje sieci, które mogą się propagować w rosnącej warstwie. Dlatego też badania defektów mają istotne znaczenie dla potencjalnych zastosowań tych kryształów.

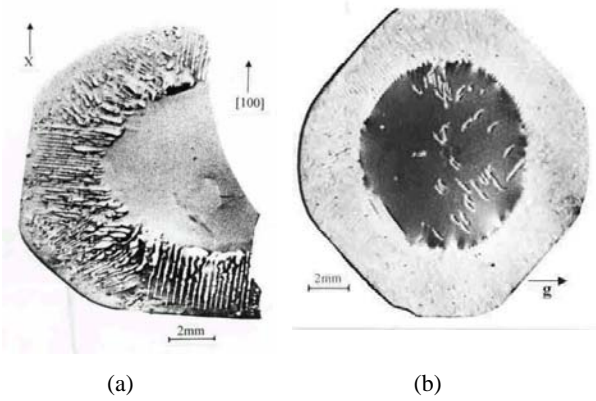
W pracy przedstawiono wyniki badań defektów sieci krystalicznej w monokryształach SrLaGaO_4 (SLG) wyhodowanych w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie metodą Czochralskiego. Badania przeprowadzone zostały na stacji F1 w HASYLAB (Desy, Hamburg) metodą synchrotronowej topografii projekcyjnej i przekrojowej w wiązce białej zarówno w modzie odbiciowym jak i transmisyjnym.

Monokryształy SrLaGaO_4 krystalizują w układzie tetragonalnym o grupie przestrzennej $I4/mmm$ (struktura typu K_2NiF_4). Wartości parametrów sieciowych są następujące: $a = 0.3843$ nm, $c = 1.268$ nm [1]. Kryształy były hodowane w atmosferze azotu z dodatkiem tlenu (0.17% i 0.7% at. O_2). Własności monokryształów SLG (np. barwa) ściśle zależą od warunków wzrostu [2]. Badane próbki zostały wycięte prostopadle do osi wzrostu zgodnej z kierunkiem [001] z tzw. stożka (miejsce blisko zarodka) i końca kryształu.

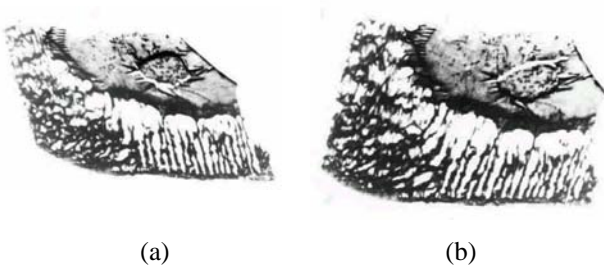
Wstępne badania monokryształów przeprowadzono transmisyjną i odbiciową metodą topografii Langa [3]. Ujawniły one dwa dobrze odgraniczone obszary próbek:

rdzeń i obrzeże (obszar otaczający rdzeń). W rdzeniu kryształów wyhodowanych w atmosferze N_2 z mniejszą zawartością O_2 (0.17% at.) zaobserwowano stosunkowo nieliczne kontrasty liniowe, układające się głównie wzdłuż kierunków typu {100} lub {110}. Możliwe, że związane są one z defektami liniowymi nachylenymi pod pewnym kątem do powierzchni kryształu. Próbką wyciętą z końca monokryształu zawiera tych defektów więcej niż wycięta ze stożka. Kryształy wyhodowane w atmosferze N_2 z większą zawartością O_2 (0.7% at.) wykazywały silnie zdeformowany obszar obrzeża (Rys. 1a i 1b). Na Rysunku 1a wyraźnie widoczne są ułożone na przemian czarne i białe podłużne kontrasty dyfrakcyjne położone w kierunkach krystalograficznych typu {100}. W niektórych obszarach następuje krzyżowanie się takich kontrastów biegnących w dwu kierunkach. Kontrasty te mogą być związane ze strukturą komórkową tworzącą się w procesie wzrostu kryształu na obrzeżu rdzenia rosnącego na ścianie (001) [4,5]. Obszar rdzenia zawiera nieliczne defekty dające krótkie, czarno-białe kontrasty dyfrakcyjne, układające się również w kierunkach typu {100} oraz {110}. Defekty te są dobrze widoczne na topografii transmisyjnej (Rys. 1b), a ich natura nie jest jeszcze wyjaśniona.

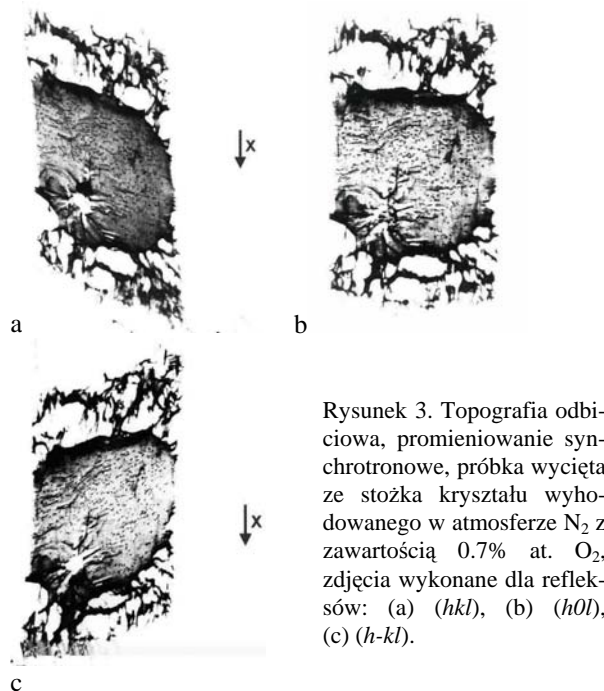
Badania synchrotronowe kryształu hodowanego w atmosferze N_2 z dużą zawartością O_2 (0.7% at.) ujawniły dodatkowo, prawie niewidoczny na topografiach wykonanych metodą Langa (Rys. 1a), duży defekt w obszarze rdzenia [6]. Obszar zdeformowany otoczony jest granicą dającą kontrast biały lub czarny, zależnie od refleksu, dla którego wykonana jest topografia: (hkl) lub $(h-kl)$ (Rys. 2a i 2b). Może być to spowodowane pewną dezorientacją tego obszaru. Podobny defekt zaobserwowano w próbce wyciętej ze stożka kryształu (Rys. 3a-c). Metodą topografii przekrojowej w odbiciu zbadano również deformację sieci występującą w obszarze obrzeża [6].



Rysunek 1. Topografia Langa próbki wyciętej z końca kryształu hodowanego w atmosferze N_2 z 0.7% at. O_2 : (a) odbiciowa, (b) transmisyjna.



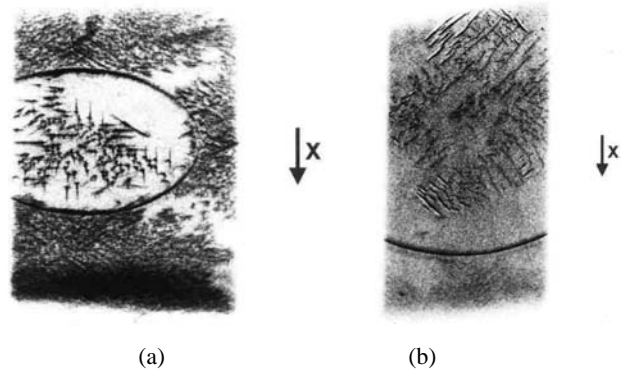
Rysunek 2. Topografia odbiciowa, promieniowanie synchrotronowe, próbka wycięta z końca kryształu wyhodowanego w atmosferze N_2 z zawartością 0.7% at. O_2 , zdjęcia wykonane dla refleksów: (a) (hkl) , (b) $(h-kl)$.



Rysunek 3. Topografia odbiciowa, promieniowanie synchrotronowe, próbka wycięta ze stożka kryształu wyhodowanego w atmosferze N_2 z zawartością 0.7% at. O_2 , zdjęcia wykonane dla refleksów: (a) (hkl) , (b) $(h0l)$, (c) $(l-kl)$.

Badania synchrotronowe kryształu hodowanego w atmosferze N_2 z zawartością 0.17% at. O_2 ujawniły, dużo wyraźniej niż topogramy uzyskane metodą Langa, defekty liniowe w rdzeniu kryształu. Przykłady topografii uzyskanych dla próbki wyciętej ze stożka i z końca kryształu pokazuje Rysunek 4a i 4b.

Natura defektów ujawnionych w kryształach SLG nie jest jeszcze wyjaśniona i wymaga dalszych badań.



Rysunek 4. Topografia odbiciowa, promieniowanie synchrotronowe, próbka wycięta ze stożka (a) i z końca (b) kryształu hodowanego w atmosferze N_2 z zawartością 0.17% at. O_2 .

Podziękowania: Autorzy składają serdeczne podziękowania Pani Prof. A. Pajęczkowskiej i Panu Mgr A. Kłosowi za udostępnienie kryształów do badań oraz cenne uwagi i dyskusje, a Panu Jerzemu Bondziulowi za obróbkę fotograficzną topografii i pomoc techniczną w czasie wykonywania pracy.

Literatura

- [1] A. Pajęczkowska, A. Gloubokov, *Prog. Cryst. Growth Charact.* **36** (1998) 123-162.
- [2] A. Pajęczkowska, A. Kłos, D. Kasproicz, M. Drozdowski, *J. Cryst. Growth* **198/199** (1999) 440-443.
- [3] M. Lefeld-Sosnowska, E. Olszyńska, A. Malinowska, A. Pajęczkowska, A. Kłos, *Book of Abstr. Coll. Abstracts ICSSC and 7PTWK, Zakopane 2004*, p. A22.
- [4] D.T.J. Hurle, B. Cockayne, w: *Characterisation of Crystal Growth Defects by X-ray Methods*, red. B.K Tanner, D.K. Bowen (Plenum Press, New York 1980), pp. 46-72.
- [5] A. Pajęczkowska, A. Gloubokov, A. Kłos, C.F. Woensdregt, *J. Cryst. Growth* **171** (1997) 387-391.
- [6] K. Wieteska, W. Wierzchowski, W. Graeff, M. Lefeld-Sosnowska, E. Wierzbicka, A. Malinowska, *J. Alloys Compd.* **401** (2005), (w druku).