

Warszawa 25.01.2020

Dr hab. Grzegorz Kowalski
Zakład Fizyki Ciała Stałego
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytetu Warszawskiego

RECENZJA
Rozprawy doktorskiej mgra Adriana Sulicha
„Defekty struktury monokryształów wybranych tlenków
wieloskładnikowych o wysokiej symetrii, zawierających metale ziem
rzadkich”

1. Cele pracy

Głównym celem pracy mgra Adriana Sulicha było zbadanie wybranych monokryształów z rodzin $\text{Ca}_9\text{RE}(\text{VO}_4)_7$, REVO_4 i $\text{Ca}_3\text{RE}_2(\text{BO}_3)_4$ (gdzie RE oznacza metale ziem rzadkich) pod kątem typu defektów strukturalnych i określenia stopnia zdefektowania w aspekcie całościowym (ocena statystyki rozkładu defektów w objętości próbki). Celem nadrzędnym było uzyskanie informacji niezbędnej dla optymalizacji procesu wzrostu w/w monokryształów. Kryształy te to perspektywiczne materiały o nieliniowych własnościach optycznych z możliwością zastosowania w urządzeniach laserowych. Zastosowane metody eksperymentalne to głównie wysokorozdzielcza dyfrakcja rentgenowska (Dyfraktometr X'Pert MRD firmy Philips) na klasycznym laboratoryjnym źródle promieniowania rentgenowskiego z lampą rentgenowską ($\lambda=1,5406 \text{ \AA}$). Elementy rachunku statystycznego wykorzystano do zdefiniowania i określenia parametrów globalnej oceny rozkładu defektów w całej próbce. Stanowi to interesujący wkład w metodykę interpretacji wyników pomiarowych i umożliwia porównywanie rozkładów defektów dla różnych próbek i ocenę jakości parametrów wzrostu dla całej badanej grupy. Przedstawiona praca została wykonana w Instytucie Fizyki PAN pod kierunkiem prof. dr hab. Wojciecha Paszkowicza, promotorem pomocniczym był dr Jarosław Domagała.

Rozprawa liczy 106 stron zasadniczego tekstu oraz zawiera także podziękowania, spis treści, streszczenie oraz wykaz skrótów i symboli. Tekst zasadniczy to 6 rozdziałów, spis literatury oraz dodatek opisujący wykorzystywane w pracy formuły matematyczne i wzory fizyczne. Dodatek także zawiera opis i wprowadzenie do modelowania statystycznego dla globalnej oceny rozkładu defektów w badanych kryształach.

Część wyników zawartych w przedstawionej pracy doktorskiej została już opublikowana w 3 pracach z listy filadelfijskiej : *Crystals* 7 (2017) 88 , *Cryst. Eng. Comm.* 20 (2018) 6310, *J. Phys D : Appl. Physics* 52 (2019) 055102.

W ostatniej z nich (2019 r) A.Sulich jest pierwszym autorem. Informacja o tych publikacjach została zawarta na 10 stronie pracy, wraz z wprowadzeniem oznaczeń dla tych publikacji, którymi autor posługuje się w tekście doktoratu.

2. Forma rozprawy

Rozprawa składa się z 6 rozdziałów a także zawiera streszczenie, wykaz skrótów i symboli, spis literatury oraz dodatek związany z modelowaniem statystycznym.

Streszczenie w sposób zwarty i hasłowy opisuje główne zadania pracy, wykonane pomiary, oraz zaproponowane modele statystyczne.

Rozdział I – Wprowadzenie

To skąpe 2 stronicowe zasygnalizowanie wiedzy na temat defektów sieci krystalicznej oraz tabelaryczne (1 strona) przedstawienie wybranych do badań próbek wraz z ich zdjęciami.

Rozdział II – Stan wiedzy o materiałach wybranych do badań

Rozdział ten zawiera dość obszerną informację o strukturze, sposobach otrzymywania, zastosowaniach oraz stanie wiedzy na temat 3 rodzin kryształów wybranych do badań

Rozdział podzielono na 3 części, każda z nich adresuje jedną z trzech wybranych grup kryształów.

- Romboedryczne kryształy $\text{Ca}_9\text{RE}(\text{VO}_4)_7$
- Tetragonalne kryształy REVO_4
- Zróżnicowane strukturalnie $\text{Ca}_3\text{RE}_2(\text{BO}_3)_4$

Rozdział zawiera obszerne odnośniki do literatury umożliwiające czytelnikowi ocenę aktualnego stanu badań nad tymi materiałami.

Rozdział III - Cel i zakres rozprawy

To zawarte na ½ strony hasłowe zasygnalizowanie, co chcieliśmy i co zrobiono w tej pracy.

Rozdział IV – Metodyka eksperymentu

Zgodnie z tytułem autor opisuje podstawowe elementy eksperymentalnej metodyki pomiarowej bazującej na wysokorozdzielczym dyfraktometrze X'Pert MRD. Bardzo krótkie wprowadzenie do fizyki dyfrakcji rentgenowskiej (półtoej strony) jest uzupełnione o dosyć obszerny opis „kuchni” eksperymentalnej w kolejnych paragrafach.

Rozdział jest zakończony krótkim paragrafem sygnalizującym metodykę statystyczną interpretacji otrzymanych wyników z odniesieniem do dodatku A , gdzie metody te są dokładniej opisane.

Dodatek A

Pierwsza część to krótkie przypomnienie podstawowych wzorów krystalografii (odległości międzypłaszczyznowe, sieć odwrotna, reguła Blitza-Zena).

Pozostałe paragrafy zajmują się wprowadzeniem czytelnika w proponowane modele statystyczne użyte do oceny jakości kryształów i typów defektów.

Część tej informacji została już opublikowana w pracy Sulich2019 (REF III). Dotyczyła ona oceny wygięcia płaszczyzn krystalograficznych na podstawie wzoru 18 pochodzącego z pracy Gao1993 użytego w pracy Sulich2019 (REF III).

Analiza przestrzennego rozkładu mikromozajki oraz analiza rozkładu niejednorodności parametru sieciowego są zaproponowane przez autora na potrzeby tej pracy doktorskiej.

3. Ocena merytoryczna rozprawy i uwagi

Zadania postawione przed doktorantem zostały zrealizowane w pełni a wyniki są bardzo szczegółowe i zawierają wiele istotnych informacji potrzebnych do oceny jakości badanych grup kryształów. Stanowią one znaczący wkład w zasób wiedzy na temat badanych związków.

Wyniki eksperymentalne zostały wsparte odpowiednimi wyliczeniami opartymi na opracowanym przez doktoranta modelu statystycznym. Ten oryginalny model i sposób jego numerycznego zastosowania opracowany przez doktoranta okazał się skuteczny i może mieć zastosowanie także dla innych przypadków. Należy również podkreślić ogromny wkład pracy eksperymentalnej doktoranta w całość pracy doktorskiej.

Jakość pracy i otrzymane wyniki uzyskałyby o wiele lepszy wydźwięk gdyby w niektórych elementach nie traktowano by bardzo skrótowo opisów np. modelu statystycznego.

Rozdział III powinien być włączony do rozdziału I.

Część rozdziału IV adresująca elementy fizyki dyfrakcyjnej powinna być szersza i bardziej szczegółowo opisująca np. interpretację dyfrakcji w przestrzeni odwrotnej, która to wiedza jest przywoływana w dalszej części rozdziału bez odpowiedniej ilustracji teoretycznej.

Najbardziej istotny rozdział V (wyniki) powinien być poprzedzony materiałem zawartym w dodatku A (analiza statystyczna), aby przygotować czytelnika do pełnego zrozumienia podawanych informacji dotyczących wyliczonych parametrów statystycznych.

Rozdział VI jest zbyt „powściągliwy” w podsumowaniu rezultatów a elementy dyskusji wyników zawarte w rozdziale V powinny być tu, co najmniej powtórzone.

Dyskusja nad zaproponowanym modelem statystycznym zawarta w dodatku A wskazuje, że niektóre elementy tej analizy powinny być bardziej dopracowane. Dublowanie prezentacji niektórych wyników (np. rys 18 i tabela 9) już ilustrowanych w postaci wykresów takich, jak np. rozkładu stałej sieci w funkcji położenia na kryształach jest co najmniej dyskusyjne.

Nie jasne jest też odwoływanie się do tzw „wzorcowej” szerokości połówkowej FWHM dla Si 111 w ocenie stopnia zdefektowania. Ten parametr raczej wskazuje na zdolność rozdzielczą układu pomiarowego i jakość kryształu Si. .

4.Ogólna ocena rozprawy

Wyniki otrzymane w tej rozprawie przez mgra Adriana Sulicha:

- stanowią oryginalny dorobek autora
- są bardzo interesujące i stanowią istotny wkład z punktu widzenia wzrostu kryształów na potrzeby technologii laserowej.
- twórczo rozwijają statystyczne metody modelowania dla oceny jakości kryształów

W związku z powyższym uważam, że przedłożona praca doktorska mgra Adriana Sulicha spełnia z nawiązką wszelkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Dr hab. Grzegorz Kowalski

