



Uniwersytet Łódzki

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

Prof. dr hab. Zbigniew Klusek
Katedra Fizyki Ciała Stałego
Zakład Fizyki i Technologii Struktur Nanometrowych
Uniwersytet Łódzki
ul. Pomorska 149/153
90-236 Łódź

Łódź, dn. 09 lipca 2014

Ocena rozprawy doktorskiej mgr Amir Abdulrahman Ahmad Zebari
pt. „Engineering Nanostructures on Semiconducting Surfaces”

W przedstawionej do recenzji rozprawie mgr Amir Abdulrahman Ahmad Zebari podejmuje się w pierwszej kolejności eksperymentalnych badań dotyczących modyfikacji powierzchni rutylu $\text{TiO}_2(110)$ za pomocą bombardowania podłoża wiązką jonów w wyniku czego tworzą się ang. nanoripples. W tej części pracy obok metod czysto eksperymentalnych wykorzystano również metodę funkcjonału gęstości do zaproponowania modelu zachodzących na powierzchni procesów. Niewątpliwie uzyskane doświadczenie eksperymentalne w technice STM nad badaniem trawienia powierzchni TiO_2 procentuje w dalszej części badań gdzie doktorant zajmuje się:

- tworzeniem złożonych struktur molekularnych na powierzchni $\text{TiO}_2(011)$ o rekonstrukcji (2×1) wykorzystując proces polimeryzacji
- oraz pokazuje przykłady nanomanipulacji kryształami molekularnymi na powierzchni pasywowanego $\text{Ge}(001)$ za pomocą igły STM.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska została wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Marka Szymońskiego kierującego jednym z najlepszych ośrodków w Polsce zajmujących się badaniami powierzchni w nanoskali – już to gwarantuje wysoki standard naukowy.

Rozprawa ma nietypowy układ dla rozpraw doktorskich ocenianych do tej pory przez recenzenta. Mianowicie składa się z podziękowań, streszczenia, listy skrótów, wstępu oraz części eksperymentalnej opisującej użyte techniki i metody preparacyjne – jest to standard. Następnie jednak zamiast jak zwykle to bywało, w kolejnych rozdziałach zrezygnowano z opisu danych eksperymentalnych, ich analizy oraz wyciągnięcia wniosków na rzecz zamieszczenia opublikowanych prac prezentujących wyniki. Rozprawę kończą podsumowanie, dodatki oraz spis literatury. Zestawienie bibliograficzne obejmuje 95 pozycji. Znacząca część cytowanych prac dotycząca tematyki rozprawy pochodzi z ostatnich kilku lat co świadczy, że tematyka pracy należy do wiodących zagadnień fizyki powierzchni XXI wieku.

Na dorobek naukowy doktoranta składają się trzy publikacje których jest współautorem w bardzo dobrych czasopismach naukowych z listy filadelfijskiej. W jednej z nich jest pierwszym autorem w dwóch pozostałych drugim. Wszystkie prace zostały opublikowane w 2013 roku.

Ocena rozprawy

1. Warstwa edycyjna

Praca napisana jest dobrą angielszczyzną. Drobne literówki pomijam gdyż zawsze się zdarzają. Zamieszczone rysunki są czytelne, a ich opisy klarowne. Oczywiście nie komentuję warstwy edycyjnej dołączonych publikacji gdyż za nie odpowiedzialni byli edytorzy czasopism w których prace zostały opublikowane.

2. Warstwa merytoryczna

Praca mgr Zebariego została napisana w języku angielskim dla tego pewnym problemem w opisie warstwy merytorycznej jest brak lub niespójność dotycząca odnośników terminologicznych w języku polskim jakimi powinien posługiwać się recenzent w czasie pisania opinii. Recenzent wybrał najprostszą drogę i zdecydował się używać terminologii angielskiej. Nawiasem mówiąc wieloletnie doświadczenie przynajmniej w moim przypadku pokazuje, że terminologii polskiej i tak w warunkach ‘bojowych’ czyli w laboratorium nikt nie stosuje.

W rozdziale I doktorant opisuje metody ang. nanofabrication w szczególności metodę z ang. top-down oraz z ang. bottom-up z uwzględnieniem procesów samoorganizacji. Następnie dokładnie opisuje zasady formowania się struktur molekularnych na powierzchniach w warunkach UHV oraz zagadnienia z ang. nanostructure engineering. Istotną częścią tego rozdziału jest zwarte określenie celów jakie stawia przed sobą autor oraz syntetyczne opisanie wyników jakie udało się uzyskać i opublikować w poszczególnych pracach. Rozdział jest klarowny i w opinii recenzenta daje bardzo dobre wprowadzenie do czytania dalszej części rozprawy.

W rozdziale II doktorant opisuje używany przez niego system UHV, opisuje STM oraz jego zasadę działania, metody preparacji próbek i nanoszenia warstw molekularnych. Recenzent nie ma zastrzeżeń do tego rozdziału który jest klarowny i w pełni wyjaśnia na jakim sprzęcie wykonano pomiary i jakimi metodami posługiwał się doktorant.

Rozdział III jest pierwszym rozdziałem w którym zaprezentowano przedruk opublikowanej w czasopiśmie Physical Review B pracy prezentującej oryginalne wyniki naukowe uzyskane przez doktoranta stanowiące część jego rozprawy doktorskiej. Dotyczą one formowania ang. nanoripples na powierzchni $\text{TiO}_2(110)$ w różnych temperaturach na skutek bombardowania/trawienia jej jonami Ar^+ w warunkach UHV. Trudno jest recenzentowi komentować publikację stanowiącą rozdział rozprawy doktorskiej która przeszła przez standardowy proces recenzji i została zaakceptowana i opublikowana w renomowanym czasopiśmie. Doskonale wiemy, że PRB zwykle wyznacza 2 lub 3 niezależnych recenzentów i to oni ocenili, że uzyskane wyniki mają dużą wartość naukową i są godne szerszego udostępnienia środowisku naukowemu. O standardy edycyjne zadbał Edytor. Jednak pozwolę sobie na uwagę:

- W pracy tej pokazano, że zwiększając temperaturę w czasie procesu bombardowania można zmienić orientację ang. nanoripples z tej która podąża za wiązką co jest oczywiste na podążającą za wybranymi kierunkami krystalograficznymi. Potwierdzono to metodą DFT. Wynik jest ciekawy bo uwzględnia wpływ temperatury w metodzie DFT. Recenzentowi wydaje się, że obliczenia były przeprowadzone na powierzchni stechiometrycznej, natomiast po bombardowaniu jonami powinniśmy mieć do czynienia z powierzchnią zredukowaną. Proszę to skomentować.

Rozdział IV jest następnym rozdziałem w którym zaprezentowano przedruk opublikowanej w czasopiśmie *Angewandte Communications* pracy prezentującej oryginalne wyniki naukowe dotyczące rozprawy. Dotyczy on wytwarzania kompleksowych nanostruktur molekularnych poprzez przeprowadzenie procesu polimeryzacji w tym wypadku molekuł DBBA w podwyższonych temperaturach. Istota tej pracy polega na tym, że pokazano w niej iż proces polimeryzacji można przeprowadzić nie tylko na podłożach metalicznych ale również na podłożach tlenkowych a w szczególności podłożu tlenku metalu przejściowego. Tak jak poprzednio trudno jest recenzentowi komentować publikację stanowiącą rozdział rozprawy doktorskiej która przeszła przez standardowy proces recenzji i została zaakceptowana i opublikowana w renomowanym czasopiśmie. Jednak pozwolę sobie na uwagi:

- Autor rozprawy pierwsze swoje kroki badawcze rozpoczynał na badaniu powierzchni $\text{TiO}_2(110)$. Jednak zdecydował się na badanie procesu polimeryzacji na powierzchni $\text{TiO}_2(011)-(2 \times 1)$. Proszę wyjaśnić różnice w fizyko-chemii tych dwóch powierzchni które zdecydowały o wyborze tej ostatniej.
- Czy rekonstrukcja (2×1) jest naturalną terminacją powierzchni (011) czy też została wytworzona? Czy można wytworzyć wyższe rekonstrukcje?
- Proszę wyjaśnić w czym pomagają nam opublikowane w tej pracy obliczenia DFT (chodzi mi o fig.4)?

Rozdział V jest ostatnim rozdziałem w którym zaprezentowano przedruk opublikowanej w czasopiśmie *Beilstein Journal Nanotechnology* pracy prezentującej oryginalne wyniki naukowe dotyczące rozprawy. W publikacji zaprezentowano przykład ang. nanomanipulation kryształów molekularnych PTCDA osadzonych na powierzchni $\text{Ge}(001)$ pasywowanej wodorem przy pomocy igły STM. Również i w tym przypadku recenzent nie będzie komentował publikacji stanowiącej rozdział rozprawy doktorskiej która przeszła proces recenzji i została zaakceptowana i opublikowana w czasopiśmie. Jednak pozwolę sobie na uwagi:

- Dla czego wybrano german, skoro poprzednie eksperymenty były przeprowadzane na TiO_2 ? Proszę podać uzasadnienie. Recenzent widzi tu brak konsekwencji.
- W pracy tej brakuje mi topografii 'czystego, $\text{Ge}(001):\text{H}$ o rozdzielczości atomowej. Chciałbym ją porównać z fig. 1a.
- Na fig.1b pokazano wyniki STS. Jak doktorant wyznacza przerwę energetyczną z danych STS?

Rozprawę kończy krótkie podsumowanie w raz z propozycjami badań które mogą być zrealizowane w przyszłości. Recenzent nie ma tu żadnych uwag krytycznych.

W opinii recenzenta przedstawiona rozprawa doktorska zawiera oryginalne wyniki, które zostały już opublikowane a jej autor wykazał się rzetelną wiedzą fizyczną, którą wykorzystał zarówno do prawidłowego postawienia zadań badawczych jak i późniejszej interpretacji wyników. Moim zdaniem mgr Amir Abdulrahman Ahmad Zebari umiejętnie zrealizował postawione zadania badawcze, a przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki stawiane przez Ustawę o tytułach i stopniach naukowych. Z pełnym przekonaniem wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony.

Prof. dr hab. Zbigniew Klusek

2014.07.09

Z. Klusek