



Dr hab. Agata Kamińska, prof. uczelni

Warszawa, 10.II. 2023 r.

Instytut Nauk Fizycznych

Wydział Matematyczno-Przyrodniczy. Szkoła Nauk Ścisłych

Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

ul. Dewajtis 5

01-815 Warszawa

e-mail: [agata.kaminska@uksw.edu.pl](mailto:agata.kaminska@uksw.edu.pl)

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**mgr inż. Anny Magdaleny Melnychenko**

p.t. „*Wytwarzanie i zastosowanie przezroczystych elektrod*

*w spektroskopii struktur półprzewodnikowych*”

wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Fizyczne Politechniki Wrocławskiej.

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Magdaleny Melnychenko wykonana została na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej pod opieką promotora prof. dr hab. Roberta Kudrawca. Jest to praca doktorska wdrożeniowa zrealizowana w ramach współpracy pomiędzy Politechniką Wrocławską i Siecią Badawczą Łukasiewicz – PORT we Wrocławiu.

### **Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Magdaleny Melnychenko jest poświęcona opracowaniu technik wytwarzania nowych typów przezroczystych elektrod oraz badaniom ich własności pod kątem możliwych zastosowań. Szczególny nacisk Autorka położyła na zastosowania w badaniach technikami spektroskopii elektromodulacyjnej (fotoodbicie, elektroodbicie, bezkontaktowe elektroodbicie), termomodulacyjnej oraz spektroskopii fotonapięcia powierzchniowego, w których przezroczyste elektrody są stosowane jako okładki kondensatora umieszczonego w układzie pomiarowym zapewniając dostęp światła. Techniki te stanowią cenne narzędzie do charakteryzacji materiałów półprzewodnikowych. Celem badań Doktorantki była optymalizacja własności przezroczystych elektrod umożliwiająca zredukowanie wartości przykładanego napięcia przy zachowaniu lub nawet zwiększeniu transmisji światła przez elektrodę.

Jest to praca w pełni oryginalna i zawierająca bogaty materiał doświadczalny, a jej tematyka jest bardzo aktualna i odpowiadająca zarówno potrzebom środowiska naukowego prowadzącego badania nowych materiałów półprzewodnikowych, jak i potrzebom wielu gałęzi przemysłu wprowadzających na rynek nowe urządzenia optoelektroniczne oparte na tych materiałach, takie jak detektory światła, diody elektroluminescencyjne czy lasery. Przezroczyste elektrody o odpowiednio dobranych własnościach mają kluczowe znaczenie nie tylko w badaniach struktury energetycznej materiałów półprzewodnikowych do zastosowań optoelektronicznych, lecz również w badaniach podstawowych w fizyce materiałów i biologii. Ponadto znajdują one coraz szersze zastosowania



komercyjne w wyświetlaczach, panelach słonecznych, inteligentnych oknach oraz ogrzewanych przednich szybach samochodowych. Oprócz tego, że przewodzą prąd, tzw. przezroczyste elektrody również transmitują światło, choć w rzeczywistości nie jest to stuprocentowa transmisja. Otrzymanie przezroczystych materiałów, które jednocześnie przewodziłyby prąd jest nietrywialnym zadaniem, co wynika wprost z fizycznych podstaw tych zjawisk. Najczęściej rozwiązuje się ten problem nanosząc na przezroczyste podłoże siatkę cienkich elektrod wykonanych z nieprzezroczystego materiału przewodzącego (np. metalu) o tak drobnym wzorze, że odbicie wiązki światła nie powoduje dużej straty transmisji całej elektrody, i o na tyle dobrym przewodnictwie, żeby zapewnić odpowiednie przewodzenie na całej powierzchni podłoża. Podejściem innego typu, wykorzystującym innowacyjne materiały jest użycie elektrod z cienką warstwą materiału przewodzącego o jak najlepszej transparentności (np. tlenek indowo-cynowy ITO, ZnO:Al, grafen), pokrywającą całą lub część powierzchni transparentnego podłoża nieprzewodzącego. Różne elektrody różnią się wartościami współczynników absorpcji w poszczególnych zakresach spektralnych, a także wartościami przewodności elektrycznej, czy ciepła właściwego. Ponieważ parametry te są ze sobą wzajemnie powiązane, muszą być odpowiednio dobrane i zoptymalizowane w zależności od docelowej aplikacji.

Tych właśnie zagadnień dotyczy rozprawa Pani mgr inż. Anny Magdaleny Melnychenko. Zadanie badawcze polegające na wytworzeniu serii przezroczystych elektrod kilkoma różnymi metodami oraz ich systematycznej analizie uważam za dobrze zaplanowane i wartościowe zarówno z aplikacyjnego, jak i czysto poznawczego punktu widzenia. Dodatkowo ciekawym zagadnieniem zaprezentowanym w rozprawie jest otrzymanie przezroczystych elektrod o nieregularnych i niepowtarzalnych kształtach z wykorzystaniem spontanicznie pękającej warstwy polimerowej jako maski stosowanej w procesie nanoszenia cienkich warstw metalicznych oraz pomysł nowego zastosowania takich elektrod do szlifowania.

### **Analiza i ocena zawartości rozprawy**

Na przedstawioną rozprawę składa się cykl załączonych czterech publikacji naukowych, opublikowanych w wysoko punktowanych czasopismach z listy filadelfijskiej. Treść rozprawy jest zgodna z jej tytułem. Liczy ona 74 strony i jest podzielona na 5 rozdziałów. Na część wstępną składa się spis treści oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. W pierwszym rozdziale Autorka przedstawiła cel pracy oraz hipotezę badawczą. Drugi rozdział zawiera skondensowane opisy technik spektroskopii modulacyjnej, natomiast trzeci – opisy technik wytwarzania przezroczystych elektrod stosowanych w rozprawie. Rozdział czwarty przedstawia uzyskane wyniki. W pierwszej części tego rozdziału Doktorantka zaprezentowała wyniki symulacji rozkładu potencjału elektrycznego w kondensatorach z przezroczystymi elektrodami przeprowadzone z użyciem programu COMSOL Multiphysics. Drugą część stanowi zbiór czterech publikacji. Każda z nich poprzedzona jest zwięzłym opisem zawartości oraz uzyskanych wyników. Trzecia część rozdziału czwartego zawiera krótkie, zebrane w tabeli porównanie własności przezroczystych elektrod otrzymanych opracowanymi metodami oraz zalet i wad stosowanych metod ich wytwarzania. W rozdziale piątym mgr inż. Anna Magdalena Melnychenko przedstawiła



najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań. Rozdział ten kończy wykaz wdrożonych wyników rozprawy. Rozprawa zakończona jest spisem literatury liczącym 43 pozycje.

Jak już wspomniałam powyżej, rozprawę uważam za ciekawą, oryginalną i wartościową, jednak jej bardzo lakoniczna zawartość pozostawia wrażenie niedosytu. Rozumiem, że głównym celem pracy było opracowanie metod wytwarzania przezroczystych elektrod o jak najlepszych parametrach, ale jednak w rozprawie w dyscyplinie nauki fizyczne spodziewałabym się trochę więcej fizyki. Z załączonego oświadczenia o wkładzie Doktorantki do przedstawionego zbioru publikacji wynika, że specjalizuje się ona w badaniach z wykorzystaniem technik modulacyjnych. Od specjalistki od takich technik i zgodnie z ustawowymi wymaganiami (Art.187 pkt 1) oczekiwałabym bardziej szczegółowego opisu tych technik, który przekonałby mnie, że Doktorantka nie tylko opanowała konkretne techniki pomiarowe, ale również dogłębnie rozumie ich zasady, tj. opisu zawierającego podstawy teoretyczne oraz komentarze, jakie informacje o badanych materiałach można uzyskać i jakie parametry można wyznaczyć przy ich pomocy oraz jakie są spodziewane korzyści z opracowania i zastosowania nowych, lepszych elektrod (np. poprawa czułości pomiarów wykonanych z ich użyciem, rozszerzenie grupy materiałów, które mogą być mierzone tymi metodami itp.). Tymczasem Autorka poświęca tym technikom po kilka dość ogólnikowych zdań odsyłając czytelnika do publikacji, których nie jest autorką ani współautorką. W rezultacie cały rozdział drugi dotyczący tego tematu liczy wraz z rysunkami niecałe 5 stron. Równie skondensowany i w moim odczuciu niekompletny jest 4-stronicowy rozdział trzeci poświęcony problematyce przezroczystych elektrod stanowiącej trzon całej rozprawy. Omawiając materiały wykorzystywane do ich wytwarzania oraz typy przezroczystych elektrod warto było dokonać przeglądu aktualnego stanu wiedzy i osiągnięć w tej dziedzinie, a nie skupić się wyłącznie na materiałach użytych w rozprawie. Praca doktorska nie powstaje przecież w oderwaniu od badań prowadzonych przez inne grupy badawcze i powinna odnosić się do uzyskanych przez nie wyników. Tego typu informacje znalazłam dopiero we wstępie publikacji D3, jednak w rozdziale trzecim nie ma do niej stosownego odsyłacza.

Rozdział czwarty, przedstawiający uzyskane wyniki, jest z oczywistych względów najbardziej rozbudowany. Rozpoczyna się on przedstawieniem wyników symulacji rozkładu potencjału elektrycznego w kondensatorach z przezroczystymi elektrodami o uproszczonej charakterystyce, zbudowanych ze srebrnych ścieżek przewodzących osadzonych na nieprzewodzącym podłożu. Symulacje te przeprowadzono dla dwóch różnych przypadków przykładowego napięcia elektrycznego o takiej samej wartości (100 V). Wyniki przedstawiono na kolorowych rysunkach, które poza tym, że wyglądają atrakcyjnie, mają bardzo drobne i nieczytelne opisy, na których ponadto brakuje jednostek potencjału elektrycznego, natomiast tekst opisujący przedstawione wyniki pełen jest nieścisłych i żargonowych sformułowań typu „potencjał elektryczny **rozchodzi się równomiernie** przez siatkę”, „widoczne jest **równomierne rozłożenie** potencjału”, „pomiędzy siatką a płaską powierzchnią można wytworzyć **jednakowe pole elektryczne**”; potencjał raczej się zmienia niż „rozchodzi”, pisząc o „równomiernym rozłożeniu potencjału” Autorka chyba miała na myśli gradient, czy raczej jego brak, a pole elektryczne wytworzone pomiędzy siatką a płaską okładką kondensatora jest jednorodne, a nie „jednakowe”. Takie sformułowania nie powinny pojawić się w tekście na poziomie rozprawy doktorskiej z fizyki.

Dalsza część tego rozdziału, składająca się z załączonych publikacji poprzedzonych zwięzłymi opisami, przedstawia najważniejszą część rozprawy, czyli wyniki uzyskane podczas jej realizacji. Niestety ani w tym miejscu, ani w załączonym oświadczeniu o wkładzie Doktorantki do przedstawionego zbioru publikacji nie ma żadnej wzmianki o tym, że pierwsza autorka dwóch pierwszych publikacji, A. Ślusarz lub A. M. Ślusarz oraz pierwsza autorka dwóch kolejnych publikacji A. M. Melnychenko, a zarazem autorka rozprawy to ta sama osoba. Można się tylko tego domyślać np. na tej podstawie, że obydwie nazwiska łączą się z takim samym adresem mailowym autorki korespondencyjnej w publikacjach D1-D3 (w D4 adres mailowy jest już inny), jednak wypadałoby o tym wspomnieć explicite w treści rozprawy lub w załączonym oświadczeniu.

W publikacji D1, która ukazała się w czasopiśmie Measurement (IF = 5,131, 200 punktów na tzw. liście ministerialnej czasopism naukowych) przeanalizowano serię przezroczystych elektrod w kształcie siatek o grubości 10  $\mu\text{m}$  i rozstawie od 100 do 1000  $\mu\text{m}$  wykonanych ze srebra techniką druku z wykorzystaniem technologii ultraprecyzyjnej depozycji na przezroczyste nieprzewodzące podłoże. Przetestowano dwie konfiguracje takich elektrod względem uchwytu wykorzystywanego w układzie optycznym: w pierwszej elektrodę można przysunąć dowolnie blisko do próbki i tylko powietrze jest elementem dystansowym, natomiast w drugiej element dystansowy składa się z powietrza i nieprzewodzącej przezroczystej warstwy podłoża stanowiącego dodatkowy element dystansowy. Przeprowadzono pomiary porównawcze bezkontaktowego elektroodbiicia (CER) dla próbek fosforu indy (InP) oraz trzech kryształów van der Waalsa diselenku wolframu ( $\text{WSe}_2$ ), diselenku molibdenu ( $\text{MoSe}_2$ ) i disiarczku molibdenu ( $\text{MoS}_2$ ), na podstawie których wyprowadzono fenomenologiczny wzór opisujący zależność wysokości sygnału otrzymanego widma od odległości elektrody od próbki. Zaobserwowano, że dla niektórych odległości pomiędzy elektrodą i powierzchnią próbki, intensywność sygnału CER nie zmienia się zgodnie z wyprowadzonym wzorem ze względu na tzw. efekt „cienia”. Stwierdzono, że dla analizowanej konstrukcji kondensatorów można uzyskać widmo CER fosforu indy o akceptowalnym stosunku sygnału do szumu już dla napięcia 100 V, znacząco niższego niż w tradycyjnych układach pomiarowych, gdzie sięga ono nawet 3000 V.

Bardzo interesująca i zawierająca wiele nowych wartościowych wyników jest publikacja D2, która ukazała się w ACS Sustainable Chemistry & Engineering (IF = 9,224, 140 punktów na liście ministerialnej). Przedstawiono w niej wieloetapową metodę wytwarzania przezroczystych elektrod techniką wykorzystującą ablację laserową na warstwie polimerowej, nazwaną metodą „laser lift-off”. Próg ablacji laserowej obniżono dzięki dodaniu do polimeru fotouczulaczy o odpowiednio dobranych pasmach absorpcji. W opracowanej metodzie zastąpiono toksyczny toluen stosowany do przygotowania roztworu polimeru pełniącego rolę fotorezystu dużo mniej niebezpiecznym etanolem, natomiast etap usuwania fotorezystu przeprowadzono w wodzie, eliminując w ten sposób użycie jakichkolwiek szkodliwych rozpuszczalników. Funkcjonalność otrzymanych elektrod zaprezentowano na przykładzie pomiarów disiarczku molibdenu dwiema technikami pomiarowymi: bezkontaktowego elektroodbiicia (CER) oraz termoodbiicia (TR).

Trzecia praca (D3) została opublikowana już po złożeniu rozprawy w Applied Surface Science (IF = 7,392, 140 punktów na liście ministerialnej). Opisano w niej sposób otrzymywania



przezroczystych elektrod wykonanych z ciągłej warstwy przewodzącej grafenu otrzymanego metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej na miedzianym podłożu, przenoszonej na podłoże szafirowe. Analogicznie jak w poprzednich publikacjach, elektrody te testowano poprzez pomiary znanych próbek fosforu indu, arsenku galu oraz dwóch kryształów van der Waalsa: disiarczku molibdenu i diselenku wolframu. Na próbkach tych przeprowadzono pomiary bezkontaktowego elektroodbicia (CER), elektroodbicia w tzw. „miękkim kontakcie” (SCER, tj. przy styku grafenu z badanymi kryształami) i fotonapięcia powierzchniowego (SPV). Ponadto przedstawiono elektrodę grafenową w kształcie siatki, a jej własności porównano z elektrodą z ciągłą warstwą grafenową poprzez porównawcze pomiary CER. Pokazano, że dalsza strukturyzacja warstwy grafenu umożliwia maksymalizację transmisji elektrody do limitu narzuconego przez podłoże.

W publikacji D4, która ukazała się w ACS Omega (IF = 4,132, 70 punktów na liście ministerialnej) zaprezentowano bardzo oryginalny pomysł wykorzystania zjawiska spontanicznego pęknięcia warstwy polimerowej jako maski stosowanej w procesie nanoszenia cienkich warstw metalicznych do wytwarzania przezroczystych elektrod o nieregularnych i niepowtarzalnych kształtach. Jest to szybki i tani sposób otrzymywania elektrod określony jako „crack templated lift-off”, nieco przypominający technikę „laser lift-off”, lecz nie wymagający użycia systemu laserowego, ponieważ proces strukturyzacji warstwy polimerowej zachodzi samorzutnie podczas pęknięcia na skutek wyższej temperatury i zmniejszonego ciśnienia. Elektrody otrzymane tą metodą porównano z elektrodami otrzymywanymi metodą „laser lift-off”, uzyskując bardzo obiecujące wyniki: wysoką transmisję w szerokim zakresie spektralnym, ograniczoną jedynie przezroczystością zastosowanego podłoża oraz niską rezystywność. Ponadto zaproponowano nowe i oryginalne zastosowanie takich elektrod, polegające na wykorzystaniu obecności unikalnych wzorów do bezpiecznego kodowania.

Jak już wspomniałam powyżej, rozdział czwarty zakończony jest porównaniem własności przezroczystych elektrod otrzymanych opracowanymi metodami oraz zalet i wad stosowanych metod ich wytwarzania, przedstawionym w postaci tabeli. Mimo, że metoda „crack templated lift-off” przypomina w zasadzie metodę „laser lift-off”, jednak nie jest z nią zupełnie tożsama i pozwala na uzyskanie elektrod o nieco innej charakterystyce. Uważam zatem, że warto było poświęcić tej metodzie dodatkową kolumnę, której zabrakło w tej tabeli.

W piątym rozdziale Doktorantka zebrała najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań. Niestety, podobnie jak w tabeli kończącej poprzedni rozdział, tu również zabrakło odniesienia do wyników dotyczących elektrod o nieregularnych kształtach opublikowanych w pracy D4. Rozdział ten zawiera ponadto wykaz metod otrzymywania przezroczystych elektrod, które wdrożono w Polskim Ośrodku Rozwoju Technologii (PORT) w wyniku realizacji rozprawy, co stanowi niezaprzeczalny dowód jej wartości aplikacyjnej oraz wdrożeniowego charakteru.

Rozprawę kończy wspomniany już spis literatury, który stanowi uzupełnienie referencji wymienionych w załączonym cyklu publikacji.

## Uwagi ogólne

Recenzowana rozprawa jest logiczna i przemyślana. Zgromadzony i zanalizowany materiał doświadczalny zaprezentowany w niniejszej rozprawie uważam za cenny i ważny zarówno ze względu na potencjał aplikacyjny, jak i z poznawczego punktu widzenia. Praca została wykonana rzetelnie, przedstawia dobrze zaplanowane i przeprowadzone zadanie badawcze, którego wynikiem jest opracowanie nowych metod otrzymywania przezroczystych elektrod o pożądanym własnościach. Doktorantka wykazała, że elektrody te mogą być wykorzystane w pomiarach struktur półprzewodnikowych różnymi technikami spektroskopii modulacyjnej, jednak ich możliwości aplikacyjne są znacznie szersze.

Wyniki przedstawione w rozprawie zostały opublikowane w czterech publikacjach, w których mgr inż. Anna Magdalena Melnychenko jest pierwszą autorką. Jest to jej całkowity dotychczasowy dorobek naukowy. Wszystkie te publikacje znajdują się w bazie Web of Science. Według danych z tej bazy z dnia 10. II. 2023 r. liczba cytowań tych publikacji była równa 4 (0 bez samocytowań), a indeks Hirscha opublikowanych prac = 1. Nie są to wysokie parametry, należy jednak wziąć pod uwagę, że jedna z tych prac została opublikowana w 2021 r., natomiast pozostałe trzy zostały opublikowane w roku 2022.

## Uwagi szczegółowe i uwagi o charakterze redakcyjnym

Rozprawa została napisana w sposób zrozumiały i czytelny, kolejność rozdziałów jest przemyślana i logiczna. Mam tylko niewielkie zastrzeżenia do edytorskiej strony rozprawy i dbałości o poprawność językową, jakkolwiek nie wpływa to na jej wartość merytoryczną. Niektóre z tych zastrzeżeń zostały wymienione w analizie zawartości rozprawy. Poniżej przedstawiam kilka kolejnych.

- 1) Na str. 14 w Tabeli 1 podane są procentowe wartości transmisji. Nie jest jasne, czy dotyczą one podłoży o takiej samej grubości (i jakiej?), ponadto ten problem pojawia się w wielu dalszych miejscach rozprawy. W ostatniej kolumnie (koszt w zł) nie podano również, jakiej jednostki powierzchni, objętości czy masy dotyczą podane koszty podłoży.
- 2) Na str.15: zamiast „podobnie jak w typie I kształtem spełniający odpowiednie warunki jest siatka” powinno być „...kształtem **spełniającym** odpowiednie warunki...”.
- 3) Na str.23 we wzorze (1) przecinek sprawia mylne wrażenie górnego indeksu parametru  $\beta$ .
- 4) Na str.33: z rysunku 5 (a) wynika, że użycie węgla jako fotouczulacza dla obniżenia progu ablacji z użyciem lasera o emisji 1064 nm powinno najmocniej wpłynąć na obniżenie wymaganej mocy progowej – jakkolwiek nie jest to do końca jasne, bo na rys. 5 (a) przedstawiono zależność absorbancji od długości fali zamiast bardziej obiektywnego i nadającego się do porównań współczynnika absorpcji.
- 5) Na str.43: zamiast „The sample is placed as close as possible but without any contact with the transparent electrode and can be performed using the same sample holder...” powinno być „...and **measurements** can be performed using the same sample holder...”.

- 6) Na str. 52 w opisie Fig.9 (a) jest odwrotna kolejność niż na rysunku: zamiast „Schemes of the two possible sets of a graphene electrode in the holder: with a dielectric gap between the sample and the electrode and with an air gap between the sample and the electrode.” powinno być „... with an air gap between the sample and the electrode and with a dielectric gap between the sample and the electrode”.
- 7) Na str. 53 na rys. 10 (d) widać wyraźnie mniejszą transmisję podłoża z warstwą grafenu, niż samego podłoża, co jest niezgodne z opisem w tekście: „The drop in transparency below 300 nm is related more to the sapphire substrate than to the graphene itself.” Jeśli Autorzy publikacji chcieliby uzasadnić takie stwierdzenie, powinni pokazać porównanie widm CER dla próbek w zakresie około 300 nm (np. dla warstw AlGaN lub struktur GaN/AlGaN) mierzonych zastosowaniem elektrody z warstwą grafenu oraz z siatką z grafenu (tj. analogicznie jak na rys. 10 (c), ale w innym zakresie spektralnym).
- 8) Na rysunkach 3 (c) i (d) na str. 63 pokazano zdjęcia elektrod typu „crack-templated lift-off” oraz „laser lift-off” w celu ich porównania. Jednak zdjęcia mają znacząco różne powiększenia (o ponad rząd wielkości), co jest mylące i nie oddaje np. znacznej różnicy gęstości siatek uzyskiwanych obiema metodami.
- 9) Na str. 67 i 69 Autorka używa określenia „ilość” w odniesieniu do warstw grafenu. Należy zauważyć, że jest to wartość policzalna, czyli powinno się mówić o liczbie, a nie o ilości, warstw. Jest to niestety dość często spotykany błąd językowy, jednak w tekście z dziedziny nauk ścisłych raczej nie powinien się zdarzać.
- 10) Na str.68: zamiast „ W pracy D2 ten sam pomiar przeprowadzono...” powinno być „...**taki sam** pomiar przeprowadzono...”, bo chodzi tu raczej o dwa różne pomiary, ale przeprowadzone w taki sam sposób.

Te drobne uchybienia i poczynione uwagi nie umniejszają wartości poznawczej i aplikacyjnej całej rozprawy, którą oceniam dobrze. Uważam, że rozprawa doktorska **mgr inż. Anny Magdaleny Melnychenko p.t. „Wytwarzanie i zastosowanie przezroczystych elektrod w spektroskopii struktur półprzewodnikowych”** prezentuje dobry poziom naukowy i stanowi oryginalne oraz wartościowe osiągnięcie naukowe Doktorantki.

### Podsumowanie i wniosek końcowy

W konkluzji stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska **mgr inż. Anny Magdaleny Melnychenko p.t. „Wytwarzanie i zastosowanie przezroczystych elektrod w spektroskopii struktur półprzewodnikowych”** spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (tj. Dz.U.2020, poz. 85 z późn. zm.) i **mgr inż. Anna Magdalena Melnychenko** powinna zostać dopuszczona do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Agata Kamińska