

Dr hab. Agnieszka Iwan, prof. IEL
Instytut Elektrotechniki
Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego
ul. M. Skłodowskiej-Curie 55/61,
50-369 Wrocław

Wrocław, 5.04.2016

Ocena dorobku naukowego oraz autoreferatu dr inż. Jarosława Junga

(w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie elektronika)

Niniejsza recenzja została wykonana w oparciu o analizę autoreferatu, życiorysu naukowego, wykazu osiągnięć w pracy naukowej oraz 8 publikacji i 4 zgłoszeń patentowych przedstawiającymi główne osiągnięcia naukowe Habilitanta.

1. Sylwetka Habilitanta

Dr inż. Jarosław Jung ukończył studia wyższe w zakresie fizyki (specjalność fizyka doświadczalna) na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w 1987r. oraz uzupełnił je na studiach dziennych na kierunku Elektronika (specjalność aparatura elektroniczna), które ukończył w roku 1990. W roku 2001 dr inż. Jarosław Jung obronił pracę doktorską pt. „Fotogeneracja nośników ładunku w wielkocząsteczkowych kompleksach donorowo-akceptorowych” wykonaną pod kierownictwem profesora dr hab. Jacka Ulańskiego. W tymże 2001 roku został zatrudniony na stanowisku adiunkta na Katedrze Fizyki Molekularnej Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej i na tym stanowisku pracuje po dzień dzisiejszy. Habilitant skutecznie łączy pracę dydaktyczną z badaniami naukowymi, uzupełniając równocześnie swoją wiedzę i doświadczenie podczas krótkoterminowych staży w zagranicznych ośrodkach badawczych. Do nich należą znane placówki naukowe takie jak Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Moguncja, Ecole Polytechnique, Paryż i inne. Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant uczestniczył jako wykonawca w 14 projektach finansowanych przez UE, KBN, MNiSW. Obecnie uczestniczy w 3 projektach finansowanych przez NCN. W latach 2005-2008 kierował realizacją grantu KBN 3 T08E 034 28 pt. „Wyznaczanie ruchliwości nośników ładunku w fotoprzewodnikach organicznych zmodyfikowaną metodą pomiaru przejściowego fotoprądu skrośnego”. W latach 2011-2012 Habilitant był członkiem zespołu eksperckiego European Observatory on Organic Electronics (EOOE). W latach 2002-2015 Habilitant był opiekunem naukowym 3 studentów, którzy pod jego kierownictwem uzyskali stopień inżyniera, 2 osoby pod jego kierownictwem obroniły prace magisterskie i obecnie Habilitant jest opiekunem naukowym 2 studentów II stopnia studiów magisterskich. W latach 2002-2011 dr inż. J. Jung był pomocniczym opiekunem naukowym 3 zrealizowanych prac doktorskich, a po zmianie przepisów w roku 2012 i 2014 zostały obronione jeszcze 2 prace doktorskie, w których był promotorem pomocniczym. W chwili obecnej Habilitant jest promotorem pomocniczym 2

prac doktorskich, w tym jednej realizowanej w ramach Diamentowego Grantu. Ponadto Habilitant aktywnie działa na niwie popularyzacji nauki w postaci przygotowania i wygłaszania wykładów naukowo-popularnych, przygotowania ćwiczeń i wykładów oraz ich praktyczną realizację na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej.

2. Osiągnięcia naukowe

Dorobek naukowy Habilitanta stanowi 30 publikacji, w tym 27 w czasopismach naukowych znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Liczba ta obejmuje 25 artykułów, które ukazały się po uzyskaniu stopnia doktora. Do dorobku naukowego Habilitanta należy też zaliczyć 2 anglojęzyczne monografie, gdzie był współautorem rozdziałów pt. „Plastic Electronics: Nanomaterials for Optoelectronic Applications” (Polymer Nanoscience and Technology, a European Perspective, 2008) oraz Conductivity Measurements” (K. Matyjaszewski and M. Möller, *Polymer Science: A Comprehensive Reference (Volume 2: Polymer Characterization, Conductivity Measurements)*, (2012) 847–877).

Indeks Hirsha Habilitanta, według bazy Web of Science wynosi 8 (autoreferat), zweryfikowany przez recenzenta na dzień 04.04.2016 stanowi 9, a sumaryczna ilość cytowań bez autocytowań jest równa 166.

Dr inż. J. Jung był recenzentem 16 prac w czasopiśmie Synthetic Metals oraz artykułów opublikowanych w Journal of the American Chemical Society.

Do osiągnięć naukowych w pewnym stopniu należy też odnieść 4 zgłoszenia patentowe, w których udział Habilitanta stanowi 70%. Można je traktować jako wynik szerokiej wiedzy i doświadczenia inżynierskiego zdobytych podczas lat pracy na Politechnice Łódzkiej. Podstawą pracy habilitacyjnej dr inż. J. Junga, oprócz wymienionych wyżej zgłoszeń patentowych jest lista 8 wskazanych w autoreferacie publikacji H1-H8, opublikowanych w okresie 2005-2012r. Według bazy Web of Science na dzień 30.03.2016, z przedstawionych do oceny publikacji największą ilość cytowań mają prace H4 (25 cytowań) i H5 (15). Pozostałe prace mają H1 (10), H3 (10), H2 (2), H6 (8), H7 (8) cytowań. Praca H8 cytowań nie ma.

3. Ocena dorobku naukowego na podstawie autoreferatu i cyklu publikacji

Część merytoryczna autoreferatu (str. 6 – 25) składa się z: Definicji celu naukowego pracy, Części I, w tym 6 podrozdziałów, oraz Części II, w tym 4 podrozdziałów i spisu literatury wynoszącego 69 pozycji, nie licząc wcześniej przytoczonych publikacji i zgłoszeń patentowych, które stanowią podstawy pracy habilitacyjnej zatytułowanej: *Od wybranych zagadnień elektroniki organicznej do uniwersalnej maszyny przeznaczonej do analizy zjawisk zachodzących w gęstych układach wieloskładnikowych*, której celem było „zaprojektowanie i zbudowanie maszyny elektronicznej zdefiniowanej modelem dynamicznej cieczy sieciowej, przeznaczonej do symulacji procesów fizykochemicznych jakie zachodzą w roztworach półprzewodników organicznych oraz w innych wieloskładnikowych układach.”

W części I (rozdział 3.2.) Habilitant, jako wprowadzenie do swych badań, wskazuje na coraz szersze zainteresowanie przyrządami elektronicznymi budowanymi z wykorzystaniem organicznych półprzewodników. Uwarunkowane to jest, jak słusznie wskazuje Habilitant, ich dodatnimi właściwościami, takimi jak elastyczność, niewielki ciężar, oraz nieduży w stosunku do technologii krzemowej, koszt produkcji urządzeń. Na dzień dzisiejszy trwają intensywne

poszukiwania nowych półprzewodników organicznych, ponieważ parametry użytkowe cienkowarstwowych tranzystorów z efektem polowym OFTF (Organic thin film transistor) oraz ogniw fotowoltaicznych OPV (Organic photovoltaic) nie do końca spełniają wymogi technologiczne. Równolegle z tym prowadzone są intensywne poszukiwania efektywnych sposobów otrzymywania cienkich warstw półprzewodników zapewniających wcześniej założone właściwości. Ogromna ilość materiałów organicznych wykazujących właściwości półprzewodnikowe, ich kompozycje wraz z celowymi dodatkami, różnorodność ich morfologii w cienkich warstwach jak i inne fizykochemiczne charakterystyki, stwarzają ogromne trudności w odnalezieniu optymalnego układu zadowalającego wymaganiom technologicznym. Jediną drogą do rozwiązania problemu jest poznanie zjawisk jakie zachodzą podczas wytwarzania warstw oraz podczas przepływu prądu w organicznych urządzeniach półprzewodnikowych. Temu właśnie poświęcone są podrozdziały (3.2.1. – 3.2.5.) części 1-szej, w której Habilitant analizuje wyniki badań fotogeneracji nośników ładunku, ich rekombinacji, wydajności kwantowej, transportu nośników ładunku w warstwach dyskotycznych ciekłych kryształów, oraz badaniom efektu polowego w tranzystorach z warstwami półprzewodników organicznych (publikacje H1-H8). Warto zaznaczyć, że badania opisane w tych podrozdziałach są w dużym stopniu rozwinięciem i kontynuacją badań skutecznie prowadzonych przez Habilitanta w jego pracy doktorskiej. Na 2-gą część pracy składają się publikacja H8 i cztery zgłoszenia patentowe P1-P4.

Opinia o przedstawionych do habilitacji publikacjach naukowych

Przedmiotem oceny jest osiem publikacji (H1-H8) z listy filadelfijskiej z wartością współczynnika wpływu mieszczącego się w przedziale $IF = 0,24-2,31$. Wybrany zestaw publikacji w dużym stopniu odpowiada pierwszej części tytułu rozprawy habilitacyjnej (7 prac) *Od wybranych zagadnień elektroniki organicznej do uniwersalnej maszyny przeznaczonej do analizy zjawisk zachodzących w gęstych układach wieloskładnikowych*, co nie do końca współgra z sformułowanym celem naukowym pracy. Tylko w trzech pracach Habilitant jest pierwszym autorem (H2, H3, H4), a w dwóch pracach tzw. autorem korespondencyjnym (H2, H3). W dwóch pracach (H7, H8) jest drugim autorem pracy, a pozostałych (H1, H5, H6) trzecim autorem pracy.

Przedstawione do oceny publikacje są dobrze przemyślane, zawierają logiczne wnioski poparte zarówno teorią jak i eksperymentem opartym na właściwie zastosowanych metodach badawczych. Myślą przewodnią przedstawionych prac jest eksperymentalne zbadanie procesów fotogeneracji i rekombinacji nośników ładunku oraz ich transport w różnych środowiskach (H1, H4 - H7) jak i ich matematyczne opisanie (H2, H3). Obiektami badań były: pochodna perylenowa, PTCDI (H1), mieszaniny PTCDI z pochodną heksabenzokoronenu, HBC-PhC12 (H4), oraz PTCDI, HBC-PhC12, HBC-C12 i heksaheksyltiorójfenylen, HHTT (H5, H6), a także pochodne tetradifulwalenu (TTF) różniące się długością łańcuchów alifatycznych, (H7).

W pracy H1 szczegółowo opisano na przykładzie PTCDI wpływ zjawiska rekombinacji bimolekularnej na wielkość wydajności kwantowej fotogeneracji nośników ładunku wyznaczonej metodą kserograficzną. Metoda kserograficzna była przez Habilitanta skutecznie wykorzystana w pracy doktorskiej dla badania wielkocząsteczkowych

kompleksów donorowo-akceptorowych. W pracy H1, stosując dodatkowo metody badawcze: UV-vis, AFM, X-ray, zaobserwowano, że szybkość zaniku fotoindukowanego potencjału w istotny sposób zależy nie tylko od natężenia pola elektrycznego lub intensywności światła, ale także od kolejności wykonywania pomiarów. Pokazano również, że uporządkowanie cząsteczek perylenu PTCDI w warstwie półprzewodnika może w sposób istotny wpłynąć na kwantową wydajność fotogeneracji nośników ładunku. Okazało się też, że niezależnie od tego czy próbki zawierały warstwy z cząsteczkami ułożonymi edge-on czy face-on, szybkość zaniku potencjału powierzchniowego zależała od kolejności w jakiej wykonywane były pomiary.

W publikacjach H2 i H3 Habilitant przedstawił teoretyczny model procesu rozładowania kserograficznego, w którym spowolnienie szybkości fotoindukowanych zaników potencjału powierzchniowego było wynikiem jednoczesnej fotogeneracji i rekombinacji nośników ładunku. Proces został opisany równaniem opisującym szybkość zaniku fotoindukowanego potencjału powierzchniowego w obecności jednoczesnej fotogeneracji i rekombinacji nośników ładunku. Posługując się opisany w pracy H2 modelem jak i wynikami badań (H1) Autor dokonał szczegółowej analizy wpływu zjawiska rekombinacji bimolekularnej na wartość wydajności kwantowej nośników ładunku wyznaczonej metodą kserograficzną (H3). Symulacje teoretyczne wykonane dla PTCDI były jakościowo zbliżone do otrzymanych wartości doświadczalnych w pomiarach rozładowania kserograficznego w PTCDI [H1 i H2].

W pracy H4 opisano konstrukcję organicznych ogniw fotowoltaicznych o architekturze ITO/PEDOT:PSS/warstwa aktywna/AI na bazie PTCDI i HBC-PhC12 i badano ich parametry elektryczne w powietrzu i w atmosferze beztlenowej. Układ HBC-PhC12+PTCDI rozproszono także w polisilanowej matrycy polimerowej (PSiK(10:5)) w celu zwiększenia parametrów elektrycznych wytworzonych organicznych ogniw fotowoltaicznych. Sam w sobie jest to interesujący pomysł, ale otrzymane wartości sprawności PCE były stosunkowo małe (0,07-0,57%). Zaproponowane związki nie są zatem atrakcyjne dla zastosowań w fotowoltaice organicznej, co nie wyklucza jednak dalszych badań w tym obszarze.

W pracy H5 przeprowadzono bardzo szczegółową analizę wpływu stanu (kryształ, mezofaza, stan izotropowy) w jakim znajduje się związek o właściwościach ciekłokrystalicznych na ruchliwość nośników ładunków. Dla wytworzonych warstw organicznych, charakteryzujących się różną morfologią wykonano badania transportu nośników ładunku metodą pomiarów czasu przelotu nośników przez próbkę półprzewodnika (time-of-flight - TOF). W temperaturze pokojowej, gdy wszystkie badane związki znajdowały się w fazie krystalicznej, a także gdy związek HBC-C12 był w fazie ciekłokrystalicznej zaobserwowano transport mający charakter dyspersyjny. Dla HHTT zaobserwowano ponadto iż gdy ogrzano związek powyżej temperatury izotropizacji i wykonano pomiary TOF, a następnie ponownie schłodzono i znów wykonano pomiary czasu przelotu nośników ładunku, to w obu fazach izotropowej i ciekłokrystalicznej pojawił się transport niedispersyjny. Zjawisko poprawy transportu nośników ładunku w fazie ciekłokrystalicznej wyjaśniono homeotropową orientacją krystalicznych „kolumn” HHTT, które zapewniły formowanie się ciągłych ścieżek łączących przeciwległe elektrody próbki. Na podstawie zmierzonych czasów

przelotu nośników ładunku przez próbkę wyznaczono ruchliwość dziur w HHTT, równą $4 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ dla ciekłej fazy izotropowej oraz $7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ dla fazy ciekłokrystalicznej. Udowodniono dla HBC-PhC12, PTCDI, HBC-C12 i HHTT, że w tych materiałach organicznych przewodnictwo może mieć dyspersyjny lub niedispersyjny charakter i jest zależne od rodzaju użytego półprzewodnika, jego morfologii, temperatury oraz natężenia pola elektrycznego, aczkolwiek podobny efekt jest obserwowany dla większości materiałów organicznych. Zjawisko to ma podłoże w przeskokowym mechanizmie transportu nośników ładunku, który jest charakterystyczny dla większości materiałów organicznych (np. *Phys. Status Solidi B* 107, 9, 1981). Jest to bardzo wartościowa i dobrze przedstawiona część artykułu.

W H6 zastosowano metodę wylewania strefowego, bez orientacji podłoża, w celu wytworzenia jednokierunkowo zorientowanych warstw w organicznych dyskopodobnych molekułach t.j. PTCDI i HBC-C12. Zastosowano następujące metody badawcze: X-ray, AFM, UV-vis, POM. Wytworzone warstwy PTCDI charakteryzowały się bardzo wysokim stopniem uporządkowania cząsteczek, ale pomimo tego nie wykazywały przewodnictwa i w wytworzonych tranzystorach nie obserwowano efektu polowego. Autorzy, tłumaczą ten fakt negatywnym wpływem tlenu i wody z atmosfery powietrza, które utleniając PTCDI efektywnie wychwytyują elektrony. Jest to znany efekt dla PCTDI z literatury. Jednakże Yi-Sheng Lina, *Proc. of SPIE*, Vol. 7778 77781E-2 (2010) wykazał iż tranzystory na bazie PTCDI wykazują efekt polowy (ruchliwość $0,1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$). Habilitant w autoreferacie nadmienia, iż badania, przeprowadzone przez niego po ukazaniu się pracy H6 wykazały, że stosując podłoże szklane zamiast SiO_2 , można w atmosferze powietrza wytworzyć tranzystory OTFT z warstwami PTCDI o dobrych właściwościach elektrycznych. W pracy H6 dla HBC-C12 oszacowano poprzez zastosowanie równania $\mu_{FET} = 2I_{DS} * L / [WC_i (U_{GS} - U_0)^2]$ ruchliwość nośników ładunków na poziomie $10^{-3} - 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$, co jest wartością znacznie niższą niż przy zastosowaniu metody Pulse Radiolysis – Time Resolved Microwave Conductivity ($1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), co autorzy tłumaczą lokalnym lub makroskopowym pomiarem zasięgu ruchliwości nośników ładunków. Podsumowanie w pracy H6 jest bardzo ubogie.

W H7 dla otrzymanych na bazie TTF tranzystorów wykonano pomiary elektrycznych charakterystyk prądowo-napięciowych, które wykazały znaczną anizotropię ruchliwości nośników ładunku oraz współczynnika włącz/wyłącz skorelowaną z kierunkiem uporządkowania cząsteczek w warstwie. Zaobserwowano, że jakość tranzystorów wykonanych z pochodnych TTF zależy również od długości podstawników alkilowych. Efekt ten wytłumaczono zjawiskiem tak zwanego wzmocnienia molekularnego, wywołanego słabymi oddziaływaniami van der Waalsa między łańcuchami alkilowymi. Dla trzech pochodnych tetradifulwalenu (TTF) różniących się długością łańcuchów alifatycznych wytworzono warstwy metodą wylewania strefowego i analizowano ich właściwości za pomocą takich metod jak polaryzacyjna spektroskopia absorpcyjna, polaryzacyjny mikroskop optyczny, AFM i Ramman. Dokonano również obliczeń teoretycznych metodą DFT. Jest to zdaniem recenzenta koncepcyjnie najlepsza z przedstawionych do oceny prac naukowych.

Praca H8 i zgłoszenia patentowe P1-P4 są kwintesencją części 2-giej autoreferatu, która poświęcona jest zaprojektowaniu i realizacji dedykowanego komputera równoległego opartego na modelu dynamicznej cieczy sieciowej (*dynamic lattice liquid* - DLL),

składającego się z dużej liczby procesorów pracujących razem i wykonujących algorytm, który jest zgodny z tym modelem, zbudowanego przy wykorzystaniu programowalnych tablic logicznych.

Na wstępie należy zauważyć, że pierwsza i druga część autoreferatu, są dosyć luźno powiązane ze sobą, ponieważ pierwsza część przedstawia jeden z bardzo wielu możliwych procesów i zjawisk zachodzących w wieloskładnikowych układach poddawanych działaniom sił zewnętrznych lub, na przykład, naturalnym procesom biochemicznym. Potrzebę i celowość modelowania obserwowanych w realnym świecie zjawisk można równie dobrze uzasadnić na innych przykładach.

Ocena II części autoreferatu

W tej części pracy Habilitant przedstawia kolejność swych rozważań i podejmowanych prac w celu skonstruowania maszyny dedykowanej symulacjom molekularnym. Możliwość osiągnięcia celu Habilitant opiera na oryginalnym modelu dynamicznej cieczy sieciowej (DLL) służącego do symulacji właściwości złożonych układów molekularnych i makromolekularnych, autorem którego był prof. Tadeusz Pakuła. Analiza działania tego modelu pozwoliła na stwierdzenie, że definiuje on konstrukcję maszyny równoległej (rodzaj automatu komórkowego). To dawało podstawy do rozwinięcia prac docelowych. Po opracowaniu systemu komunikacji i wymiany danych pomiędzy sąsiadującymi komórkami oraz zaproponowaniu sekwencji czasowych, w których moduły logiczne komórki wykonują kolejne kroki algorytmu, okazało się, że zaprojektowany układ logiczny z powodzeniem może być implementowany w programowalne układy logiczne FPGA (*w j. ang.* field-programmable gate array - FPGA).

Punktem wyjściowym na drodze do skonstruowania uniwersalnej maszyny obliczeniowej było skonstruowanie maszyny mikroDLL. Podstawowe założenia teoretyczne jak i schemat realizacji elektronicznej maszyny DLL przedstawiony został w pracy [63] w której Habilitant nie był autorem lecz był pomysłodawcą zagadnień dotyczących funkcji logicznych pojedynczej komórki KDLL, systemu komunikacji i wymiany danych pomiędzy sąsiadującymi komórkami oraz sekwencji czasowych, w których wykonują kolejne kroki algorytmu (załącznik 6h). Logicznym był następny etap projektowania maszyny polegający na takim rozmieszczeniu układów scalonych na płytach PCB (Printed Circuit Board) i płyt w przestrzeni, aby ułożenie znajdujących się w nich komórek i wzajemne ich połączenia odpowiadały węzłom trójwymiarowej sieci powierzchniowo centrowanej. Szczegóły są przytoczone w załączniku 3, aneksach 2 i 3 (Aneksy 2-10 oraz 12,13 noszą charakter poufny), jak i okresowe warunki brzegowe uzyskane przez połączenie odpowiednich komórek KDLL znajdujących się na bocznych ścianach trójwymiarowej sieci (Załącznik 3, Aneks 4). Praktyczna realizacja i weryfikacja maszyny mikroDLL pokazała, że będzie ona w stanie wykonać poszczególne kroki algorytmu DLL, jak również, że szybkość przetwarzania danych jest wystarczająco duża aby czas wykonania kroków dyfuzyjnych był krótszy niż przy użyciu komputera. Równocześnie, Autor stwierdził, że nie można zbudować maszyny o takiej konstrukcji przestrzennej jak mikroDLL, ale o większych rozmiarach i większej ilości komórek KDLL bez istotnego spowolnienia jej pracy oraz, że maszyna DLL nie może być skalowalna. Te negatywne wnioski wyznaczyły kolejne etapy pracy nad stworzeniem

uniwersalnej maszyny obliczeniowej i pierwszym szczeblem było skonstruowanie maszyny mDLL. Przeprowadzona analiza uzyskanych wcześniej wyników badań, dane przytoczone w tabeli TA7.2 (Załącznik 3, Aneks 7) pokazały, że jeśli liczba zaimplementowanych komórek osiągnie wartość 100 lub więcej, to wtedy nie będzie możliwa budowa maszyny, w której komórki będą ze sobą połączone bezpośrednio za pomocą linii sygnałowych. Rozwiązaniem było ponowne rozpatrzenie topologii sieci fcc i zaproponowanie innego, niż w mikroDLL, sposobu rozmieszczenia układów FPGA w węzłach sieci (Załącznik 3, Aneks 5). Nowość i oryginalność rozwiązania oraz jego treść polegają na zaproponowaniu maszyny równoległej z komórkami operacyjnymi w węzłach sieci powierzchniowo centrowanej, co było przedmiotem zgłoszenia patentowego nr P.405480 od 30.09.2013. (załącznik 3, aneks 6). Zapewnienie cyklicznych warunków brzegowych w maszynie, w której wszystkie układy logiczne znajdują się w węzłach rzeczywistej przestrzeni trójwymiarowej wymaga połączenia ze sobą skrajnych elementów. Przykładowe połączenia zapewniające cykliczne warunki brzegowe oraz ich zamknięcie polegające na połączeniu ze sobą układów znajdujących się na dwóch sąsiadujących skrajnych panelach przedstawiono na rys. A8.1A (Załącznik 3, Aneks 8). Przy takim sposobie zamykania warunków brzegowych, dołączenie kolejnych płyt PCB oraz nowych paneli nie spowoduje wydłużenia przewodów połączeniowych i maszyna będzie skalowalna. Założenia konstrukcyjne, oraz realizacja elektrotechniczna były opracowane w ten sposób, aby można było sprawdzić koncepcję skalowalności maszyny i sposobu przesyłania informacji pomiędzy sąsiadującymi komórkami operacyjnymi. Odpowiednie równania matematyczne jak i sposoby wymiany danych pomiędzy poszczególnymi modułami maszyny opisane w złączniku 3, aneksy 9,10. Skonstruowanie maszyny mDLL było kolejnym udanym, chociaż i niepozbawionym pewnych wad etapem w dążeniu do stworzenia jeszcze doskonalszego urządzenia o liczbie około 1 mln komórek KDLL i służącym do symulacji zjawisk zachodzących w złożonych układach wieloskładnikowych. Można stwierdzić, że Habilitant w czasie wykonywania poprzednich etapów pracy zdobył nowe, duże doświadczenie wnikliwie je przeanalizował, co pozwoliło dokładnie i precyzyjnie określić kolejne niezbędne kroki dla osiągnięcia celu pracy. Zestawienie niedoskonałości maszyny mDLL (naprzemienne ułożenie paneli i kłopotliwe przeplatanie przewodów co drugi panel) z przewidywaniami teoretycznymi i możliwościami jakie przy wypełnieniu pewnych warunków sugerowała maszyna mDLL zaowocowało opracowaniu 4 wynalazków (P1, P2, P3, P4). Rozszerzenie tych zgłoszeń na obszar Unii Europejskiej może świadczyć o istotnym wkładzie w rozwój nauki i techniki w obszarze elektroniki i technologii komputerowej. Potwierdzony przez współautorów wkład Habilitanta w tych wynalazkach stanowi 70%. Pomimo przerwy w realizowaniu projektu, wywołanej problemami finansowymi i przejęciu dalszych prac przez firmę zewnętrzną, to właśnie w oparciu o te wynalazki, a także inne założenia Habilitanta jak zastosowanie nowych płyt PCB (załącznik 3, aneks 11), zaproponowany redundantny system paneli (tamże, aneks 12) i założenia konstrukcyjne (tamże, aneks 7, 11, 13), była realizowana idea stworzenia uniwersalnej maszyny obliczeniowej pod nazwą ARUZ (Analizator Rzeczywistych Układów Złożonych). Sądząc po doniesieniach medialnych z dnia 18.03.2015 (<http://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,404248.unikalny-cyfrowy-symulator-procesow-chemicznych-powstaje-w-lodzi.html>) na Politechnice Łódzkiej zaprezentowano prototyp analizatora - mikro ARUZa, który pomyślnie przeszedł weryfikację i jak stwierdził,

konsultant projektu z ramienia Politechniki Łódzkiej dr Rafał Kiełbik testy przebiegły bardzo pozytywnie. W tym samym doniesieniu stwierdzono, że pomysłodawcami koncepcji budowy ARUZa są naukowcy z Politechniki Łódzkiej, którzy pracowali nad jego prototypami od 2005 r. Nie ulega wątpliwości, że u podstaw budowy prototypu – mikroARUZa legły rozwiązania opisane w zgłoszeniach patentowych P1, P2, P3 i P4 oraz wiedza (know-how) nagromadzona podczas opracowania szczegółów algorytmu DLL, KDLL, oraz prototypów maszyn mikro DLL i mDLL. We wszystkich tych wynalazkach i opracowaniach rola Habilitanta była wiodąca. Według koordynatora projektu Adama Włodarczyka z firmy Ericpol, która wygrała przetarg na budowę ARUZa (koszt ponad 20 mln. zł.) będzie on największym obecnie na świecie dedykowanym analizatorem służącym symulacjom przebiegu reakcji chemicznych w skomplikowanych układach molekularnych i biologicznych oraz złożonych zjawisk fizykochemicznych (źródło informacji patrz wyżej).

Swój autoreferat Habilitant kończy wirtualnym przykładem, w którym demonstruje, że właśnie za pomocą analizatora ARUZ możliwa jest symulacja procesów zachodzących podczas tworzenia się warstw półprzewodników organicznych nanoszonych za pomocą drukarek atramentowych i tym samym prognozowanie ich właściwości, w tym ruchliwość nośników ładunku. Tak więc można śmiało stwierdzić, że na przykład, odtworzenie dynamiki formowania cienkiej warstwy cząsteczek półprzewodnika organicznego, albo zbadanie wpływu dyfuzji cząsteczek wody w cienkich warstwach półprzewodników organicznych na transport nośników ładunku pozwoli w przyszłości uniknąć lub istotnie ograniczyć empiryczne podejście przy konstruowaniu urządzeń elektronicznych.

Wniosek

Na podstawie szczegółowej analizy dorobku naukowego, przedstawionych do oceny publikacji i proponowanych rozwiązań technicznych oraz uwzględniając osiągnięcia w pracy dydaktycznej dr inż. J. Junga można stwierdzić, co następuje.

Dr inż. J. Jung jest wysoko wykwalifikowanym specjalistą w dziedzinie fizyki, w zakresie fotoelektroniki, jak również w dziedzinie współczesnej techniki obliczeniowej i posiada kwalifikacje do samodzielnej pracy naukowo-badawczej. Przedłożony do oceny cykl publikacji jest spójny i monotematyczny. Prace naukowe i wynalazki dr inż. J. Junga posłużyły za podstawę do skonstruowania unikalnej w skali światowej maszyny obliczeniowej ARUZ, co w pełni rekompensuje wskazane w ogólnej ocenie pewne nieścisłości i braki. Stwierdzam zatem, że rozprawa habilitacyjna dr inż. J. Junga spełnia wymagania ustawy o tytule i stopniach naukowych oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14.03.2003 r. (Dz.U. nr 65, poz.595 ze zm.) i wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Agnieszka Iwan