

Warszawa, 20 września 2021 r.

dr hab. Kamil Kosiel

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki

Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

**Ocena osiągnięć dr. inż. Pawła Jana Marcia  
ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Podstawa formalna

Podstawą opracowania recenzji jest decyzja Rady Doskonałości Naukowej i Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Materiałowa” Wojskowej Akademii Technicznej, które powołały mnie na recenzenta komisji habilitacyjnej w celu przeprowadzenia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Pawłowi Janowi Marciowi, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Pismo w tej sprawie, z dnia 2 sierpnia 2021 r., otrzymałem od Dziekana Wydziału Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej, Pana Prof. dr. hab. inż. Krzysztofa Czupryńskiego.

Struktura recenzji

Treść recenzji składa się z pięciu punktów omawiających kolejno: wykształcenie i karierę zawodową Habilitanta (punkt 1), ocenę cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe Habilitanta w rozumieniu Ustawy (punkt 2), ogólną charakterystykę dorobku naukowego w tym ocenę pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych Kandydata, tj. pozostałej istotnej aktywności naukowej Kandydata w zakresie publikacyjnym i konferencyjnym oraz udziału w projektach badawczych (punkt 3), ocenę dodatkowego dorobku - dydaktycznego, popularyzatorskiego, eksperckiego, organizacyjnego, w zakresie uzyskanych praw własności intelektualnej oraz współpracy międzynarodowej (punkt 4), oraz wniosek końcowy recenzenta w punkcie 5. Każdy z punktów 1-4 zakończony jest podsumowaniem.

## Treść recenzji

### 1. Wykształcenie i kariera zawodowa Habilitanta

Dr inż. Paweł Jan Marć ukończył studia wyższe w 1999 r. w Wojskowej Akademii Technicznej (WAT) z tytułem magistra inżyniera, w ramach dyscypliny fizyka techniczna ze specjalnością akustoelektronika. Jego pracę magisterską pt. „Wąskopasmowy filtr niskostratny z akustyczną falą powierzchniową” wyróżniono nagrodą Dziekana Wydziału. Od 2000 r. aż do dziś Habilitant pracuje w WAT, gdzie kolejno zatrudniony był na stanowiskach inżyniera, asystenta naukowo-dydaktycznego, adiunkta badawczo-dydaktycznego. Stopień doktora nauk technicznych otrzymał w 2004 r., w dyscyplinie elektronika ze specjalnością optoelektronika, na Wydziale Elektroniki WAT, na podstawie obronionej z wyróżnieniem rozprawy doktorskiej pt. „Analiza parametrów polaryzacji wiązki świetlnej w systemie światłowodowym”. Od 2008 r. do dziś Kandydat pełni funkcję Kierownika Zakładu Technicznych Zastosowań Fizyki w Instytucie Fizyki Technicznej na Wydziale Nowych Technologii i Chemii.

Habilitant odbył dwa zagraniczne staże naukowe – miesięczny (w Niemczech, w 2003 r.) przed uzyskaniem stopnia doktora i niemal dwuletni (we Francji, w latach 2005-2007) już po jego uzyskaniu; w szczególności ten drugi staż zaowocował dwiema prezentacjami na konferencjach międzynarodowych.

### Podsumowanie

Podsumowując należy zauważyć, że jakkolwiek dotychczasowa kariera zawodowa Habilitanta rozwijała się w łonie macierzystej uczelni, to dodatkowy pozytywny wpływ na Jego rozwój naukowy miał znaczący czas pracy badawczej realizowanej w innych zespołach.

### 2. Ocena cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe Kandydata w rozumieniu

#### Ustawy

W charakterze osiągnięcia naukowego poddanego ocenie recenzenckiej Kandydat przedstawił cykl jedenastu powiązanych tematycznie publikacji [H1-H11], pod wspólnym tytułem „Materiały funkcjonalne dla przetworników fotonicznych oraz przykłady ich zastosowań”.

Powyższy tytuł został nadany zdaniem recenzenta w sposób trafny i oddaje rzeczywistą zawartość merytoryczną osiągnięcia. Cykl publikacji powstałych w latach 2015-2020 poświęcony jest zagadnieniom związanym z opracowaniami różnego typu przetworników fotonicznych (zasadniczo trzech podstawowych rodzajów/grup takich przetworników, różniących się na poziomie idei konstrukcyjnej) – sposobom ich wytworzenia, badaniu podstawowych właściwości i prezentacji/sugestii ewentualnych zastosowań. Opracowania te przeprowadzone są w większości bardziej na poziomie materiałowym bądź na podstawowym poziomie konstrukcyjnym niż dojrzałym poziomie przyrządowym, choć z drugiej strony aspekt ich aplikacyjności jest przez Autora osiągnięcia silnie podkreślany, dla każdego z przedstawionych rodzajów przetworników. Z tego względu prace te należy traktować w większości raczej jako przyczynki do ewentualnego przyszłego rozwoju technologii wytwarzania przyrządów. Przetworniki fotoniczne, o których tu mowa, w zależności od konkretnego rodzaju, mogłyby mieć zastosowanie czujnikowe (służyć do przetwarzania analizowanych sygnałów) lub konwerterowe (służyć do transmisji energii promienistej pomiędzy elementami układu, bez zmiany na inną formę energii). Opisane tu konwertery są być może najbardziej dojrzałym technologicznie elementem pracy, biorąc pod uwagę fakt opatentowania odpowiednich rozwiązań przez ich Twórców. Ze względu na posiadane/otrzymywane specjalne właściwości, które są niezbędne dla opracowywanych rozwiązań przetwornikowych, materiały opisane w ramach przedstawionego osiągnięcia słusznie określone zostały mianem materiałów funkcjonalnych.

Wspomniane trzy różne typy materiałów funkcjonalnych dla przetworników fotonicznych zostały przedstawione w trzech osobnych sekcjach opisu osiągnięcia (podtematach), pomiędzy które Autor rozdzielił publikacje prezentowanego cyklu. Kolejne sekcje poświęcone są badaniom nad:

Sekcja 1 - hybrydowymi przetwornikami fonicznymi wykorzystującymi światłowod foniczny częściowo wypełniony odpowiednio dobranym materiałem organicznym, wykazującym przejścia fazowe w znanym zakresie temperatury, wytwarzanymi z myślą o budowie dwustanowych czujników temperatury przejścia,

Sekcja 2 - hybrydowymi przetwornikami fonicznymi wykorzystującymi dodane do struktury mikroelementy polimerowe, wytwarzanymi z myślą o budowie czujników światłowodowych (np. czujników chemicznych) a także z myślą o budowie konwertera modowego,

Sekcja 3 - polaryzacyjnymi przetwornikami fonicznymi wykorzystującymi połączenie z materiałem ciekłokrystalicznym, które mogłyby pozwolić na kontrolę/modulację polaryzacji fali transmitowanej w światłowodzie poprzez sterowanie zewnętrznym polem elektrycznym.

Określenie „hybrydowe” w odniesieniu do opracowanych przetworników odnosi się w tym przypadku do inżynierskiego połączenia elementów (w pracy Habilitanta są to połączenia dwuelementowe) wykonanych z różnych materiałów, pozwalającego na uzyskanie całkiem nowych funkcjonalności/właściwości takich przetworników w porównaniu do przetworników „jednoelementowych”. Tak w każdym razie recenzent rozumie tę koncepcję Autora opisu osiągnięcia, który sam pisze również np. o „hybrydyzacji właściwości optycznych” użytych elementów, na drodze ich integracji w jednym układzie. Jest to więc znaczenie podobne do tego, które jest przyjęte w kontekście fotoniki hybrydowej (*hybrid photonics*), związanej z połączeniami elementów krzemowych z innymi elementami (niekompatybilnymi ze standardową technologią CMOS) i mającej na celu zwiększenie możliwości rozwijającej się fotoniki krzemowej. Czasem można się także spotkać w literaturze naukowej z terminem *hybrid sensor*, odnoszącym się do analogicznej przemysłanej integracji dwóch różnych materiałów w jednym czujniku i uzyskanemu dzięki takiemu podejściu „*upgrade'u*” właściwości czujnikowych. „Hybrydowe” w kontekście przedstawionego osiągnięcia nie ma więc znaczenia w sensie przyjętym w inżynierii materiałowej – tzn. nie chodzi o materiał hybrydowy będący kompozytowym połączeniem różnych materiałów, jednorodnym w skali nano- lub w skali cząsteczkowej. Z drugiej strony takie właśnie rozumienie określenia „hybrydowe” mogłoby może pasować do opracowanych w ramach osiągnięcia mieszanin na bazie alkanów i nanocząstek metalu, np. złota, (przynajmniej w sytuacji gdy przechodziły one w stan stały), zastosowanych do wypełniania czujnikowych światłowodów fonicznych w ramach dwustanowych czujników temperatury.

Sekcja 1 osiągnięcia obejmuje publikacje [H1] i [H2].

Publikacja [H1], opisuje prace doświadczalne prowadzące do skonstruowania przetworników przy użyciu światłowodów fonicznych wypełnionych częściowo odpowiednio dobranymi n-alkanami (przetestowano 10 rodzajów takich substancji). Celem było wykonanie miernika temperatury przejścia, w oparciu o skokową zmianę właściwości optycznych (intensywności transmisji) wypełnionego światłowodu, towarzyszącą przejściu fazowemu (krzepnięciu) alkanu. Zaprezentowano jednopoziomowy miernik temperatury przejścia, choć pewną jego niedogodnością było występowanie histerezy podczas zmian temperatury w górę i w dół,

wokół przejścia fazowego. Niemniej zaprezentowano tu dodatkowo wielopoziomowy miernik temperatury przejścia, dający informację o 5 poziomach temperatury, zbudowany w oparciu o kilka różnych przetworników (włókien wypełnionych różnymi substancjami). Zwrócono uwagę na potencjał aplikacyjny przetwornika – do kontroli temperatury w zastosowaniach przemysłowych.

Publikacja [H2] opisuje prace mające na celu ograniczenie problemów związanych z występowaniem wspomnianego powyżej zjawiska histerezy. Aby zminimalizować różnice rzeczywistej temperatury przejścia przy zmianach temperatury w górę i w dół celowo zmodyfikowano właściwości substancji wypełniającej włókno foniczne, dodając do niej centra krzepnięcia w postaci nanocząstek złota, co pozwoliło na minimalizację efektu przechładzania cieczy. Przetestowano przy tym różne zakresy rozmiarów nanocząstek, optymalizując to techniczne zagadnienie.

Tematyka badań opisanych w publikacjach z sekcji 1 jest stosunkowo świeża w skali świata, gdzie badania możliwości zastosowań czujnikowych dla światłowodów fonicznych wypełnianych różnymi substancjami np. gazowymi lub ciekłymi rozpoczęły się około pierwszej dekady bieżącego wieku i rozwijały się intensywniej w kolejnej dekadzie. Wyniki przedstawione w [H2] są świadectwem postępu technologicznego (w stosunku do badań z [H1]) osiągniętego w zespole Habilitanta, w zakresie czujnikowych zastosowań wypełnianych włókien fonicznych.

Sekcja 2 osiągnięcia obejmuje publikacje od [H3] do [H7].

Publikacja [H3] opisuje opracowanie technologii wykonywania mikrotipów polimerowych z zastosowaniem procesu fotopolimeryzacji prowadzonego na końcach włókien światłowodowych, przy czym, co istotne, przetestowano tu kilka różnych rodzajów takich włókien (standardowe światłowody jednomodowe, światłowód foniczny, wielomodowy światłowód polimerowy). W ramach próby zastosowania takiego układu zaprojektowano światłowodowy czujnik chemiczny mogący wykrywać bojowe środki trujące, zawierający na końcówce włókna mikrotip polimerowy pełniący funkcję przetwornika. Wstępnie określono także korzystny sposób modyfikacji chemicznej powierzchni mikrotipu, z zastosowaniem odpowiedniej dodatkowej substancji, pozwalający zwiększyć jej podatność na sorbowanie analitu.

Publikacja [H4] opisuje opracowanie technologii wytwarzania polimerowego połączenia światłowodowego (konwertera) pomiędzy dwoma włóknami wykonanymi z różnych

materiałów (krzemionkowego i polimerowego, o jednakowej średnicy rdzenia i o gradientowym rozkładzie profilu współczynnika złamania) – co jest rozwinięciem umiejętności technologicznych nabytych przy okazji pracy nad publikacją [H3]. Dla kontroli procesu fotopolimeryzacji zastosowano specjalną metodę, pozwalającą na bieżącą kontrolę mocy optycznej transmitowanej przez układ tworzony przez oba światłowody, budowane połączenie polimerowe i kroplę mieszaniny poddawanej sukcesywnej fotopolimeryzacji. Dzięki temu uzyskano kontrolę nad zachodzącym procesem polimeryzacji a pośrednio także i nad powstającym w takim polimerowym połączeniu tłumieniu fali optycznej (które skutecznie zminimalizowano).

Publikacja [H5] dotyczy badań stanowiących kluczowy przyczynek do opracowania technologii wytwarzania specjalnego włókna światłowodowego przeznaczonego do procesu mikroekstrakcji z fazy stałej (SPME) stosowanego w chromatografii gazowej – co jest kolejnym rozszerzeniem koncepcji technologicznych pozostających w zakresie tematycznym sekcji 2 osiągnięcia. Zaplanowano wykonanie takiego włókna w oparciu o przewężenie wykonane w standardowym włóknie wielomodowym, przerwanie włókna w tym miejscu i wytworzenie tam odpowiedniego połączenia polimerowego w ramach procesu fotopolimeryzacji, analogicznie do sposobu opisanego w [H3] i [H4]. Przetestowano przy tym różnego rodzaju polimery, pod kątem właściwości niezbędnych dla tego zastosowania, m.in. ich odporności termicznej. Dodatkowo, specjalnie dobrana substancja miała wzmocnić właściwości sorbujące (podobnie jak w [H3]) takiego połączenia polimerowego. Badania te nie przyniosły rozstrzygających rozwiązań technologicznych lecz są kontynuowane.

Publikacja [H6] prezentuje kontynuowane badania nad kluczowymi zagadnieniami techniki wytwarzania/kształtowania za pomocą fotopolimeryzacji trójwymiarowej struktury polimerowej będącej przedłużeniem rdzenia światłowodu na końcu włókna światłowodowego. Przetestowano tu dwa rodzaje polimerów (PETA i TCDMA, które występowały także i w innych pracach należących do tej sekcji osiągnięcia). Stwierdzono, że geometria mikrotipów polimerowych formowanych na końcu światłowodu wielomodowego zależy przede wszystkim od składu mieszaniny monomerów, parametrów źródeł światła (wielkości dostarczonej energii i charakterystyki spektralnej), rodzaju użytego światłowodu, wielkości kropli monomeru i ustawienia światłowodu. Na bazie tej wiedzy dokonano kolejnej optymalizacji procesu, co jest świadectwem postępu technologicznego osiągniętego w zespole Habilitanta w zakresie polimerowych mikroelementów optycznych formowanych na końcach włókien.

Publikacja [H7] prezentuje możliwość wytwarzania refraktometrów o wysokiej czułości w oparciu o odpowiednio wykonane mikrotypy polimerowe, pełniące rolę przetworników fonicznych na końcach światłowodów wielomodowych. Przeprowadzono tu wstępne prace nad optymalizacją tej technologii. W efekcie uzyskano mikrotyp dający liniową odpowiedź czujnika w zakresie zmian SRI 1,35 – 1,48, z czułością około 208 dB/RI jak i dynamiką równą 32 dB. Świadczy to o dalszym skutecznym rozszerzeniu pola potencjalnych zastosowań w zespole Habilitanta w zakresie mikroelementów optycznych formowanych na końcach włókien.

Tematyka badań opisanych w publikacjach z sekcji 2 jest stosunkowo świeża w skali świata. Na świecie badania możliwości zastosowania procesu fotopolimeryzacji w celu wydajnego i taniego wytwarzania na końcówkach włókien światłowodowych różnych elementów optycznych (*end-of-fibre optical components*) np. soczewek i in., a także możliwości tworzenia polimerowych połączeń/mostków światłowodowych (*polymer waveguides*) pomiędzy włóknami, transmitujących w szerokim zakresie długości fal, rozpoczęły się około pierwszej dekady bieżącego wieku i rozwijały się w kolejnej dekadzie. Zgłoszenie patentowe do UP RP związane z rozwiązaniem opisanym w [H4] zaowocowało przyznaniem patentu PAT.233284 („Sposób wytwarzania konwertera polimerowego do łączenia włókien światłowodowych i polimerowy konwerter do łączenia włókien światłowodowych”), co świadczy zarazem o dojrzałości badań technologicznych prowadzonych w zespole Habilitanta w zakresie tematycznym odpowiadającym sekcji 2 osiągnięcia. (Rozszerzenie tego zgłoszenia na kraje EU złożone w procedurze EPO jest wciąż procedowane). Interesująca jest tu także koncepcja i badania dot. wytwarzania włókien detekcyjnych dla techniki SPME oraz dot. wytwarzania czułych refraktometrów.

Sekcja 3 osiągnięcia obejmuje publikacje od [H8] do [H11].

Prace przedstawione w publikacjach [H8]-[H10] stanowią z perspektywy całej sekcji 3 swego rodzaju wstęp/wdrożenie do badań zawartych w ostatnim artykule cyklu, a dotyczących konstrukcji, którą można nazwać hybrydową - w sensie przyjętym przez Autora osiągnięcia. Prezentują one wyniki doświadczeń nad różnymi materiałami ciekłokrystalicznymi wypełniającymi klasyczne komórki ciekłokrystaliczne, w ramach których badane są właściwości optyczne takich układów i możliwości ich zastosowań.

Publikacja [H8] prezentuje badania standardowych komórek ciekłokrystalicznych zawierających uporządkowany planarnie nematyk 5CB oraz jego postać deuterowaną

(D5CB). Pozwoliły one na prowadzenie badań właściwości optycznych materiałów na podstawie pomiarów polarymetrycznych w zakresie spektralnym bliskiej podczerwieni (dla długości fal 1390 nm, 1550 nm i 1630 nm). Zmiany elementów macierzy Muellera w funkcji napięcia przyłożonego do komórki potwierdziły że był to element fazowy o spodziewanej charakterystyce klasycznych nematyków pracujących w klasycznej komórce ciekłokrystalicznej. Natomiast problematyczna była tu kwestia niewystarczającej depolaryzacji monochromatycznego promieniowania laserowego, mogącej skutkować niedoszacowaniem obliczanych parametrów optycznych badanych materiałów funkcjonalnych w obliczeniach elementów macierzy Muellera.

Z kolei w badaniach opublikowanych w [H9] i [H10] zastosowano wypełnioną nematykiem komórkę ciekłokrystaliczną pozwalającą, ze względu na obecność specjalnie zaprojektowanego materiału porządkującego (biopolimeru na bazie DNA połączonego z odpowiednim surfaktantem - chlorkiem dimetylodioktadecyloamoniowym), na homeotropowe porządkowanie molekuł nematyka (którym była specjalnie przygotowana mieszanina związków). W ramach takiej komórki badano depolaryzację monochromatycznego promieniowania laserowego. W publikacji [H9] przedstawiono metodę skonstruowania oraz wyniki badań właściwości elektrooptycznych takiej komórki i jej działania depolaryzującego a w publikacji [H10] opisano jej możliwości czujnikowe – w tym sensie, że przedstawiono koncepcję użycia zmodyfikowanego interferometru Younga do oceny wpływu depolaryzacji, gdy wiązka odniesienia oświetla badany materiał biologiczny zmieniający jej stan i stopień polaryzacji. Udowodniono możliwość zastosowania takiego układu do analizy zmian polaryzacji w tkankach organizmów żywych, dla celów badań biomedycznych.

Publikacja [H11] opisuje metodę skonstruowania i badania właściwości optycznych polaryzacyjnego przetwornika fonicznego, powstałego na bazie połączenia jednomodowego włókna światłowodowego z przewężeniem dwustronnym i warstwy nematycznej, naniesionej w obszarze przewężenia (przetwornika hybrydowego – jak można by go nazwać zgodnie z terminologią Autora). Warstwa ciekłokrystaliczna została zamknięta wewnątrz pary podłoży szklanych zawierających warstwy porządkująco-przewodzące - co pozwoliło na przeprowadzenie badań właściwości elektrooptycznych. Tak skonstruowany przyrząd pozwalał na badanie wpływu amplitudy zewnętrznego pola elektrycznego sterującego pracą ciekłego kryształu na możliwość modulacji parametrów polaryzacji fali elektromagnetycznej badanej na wyjściu z włókna (pojawiającej się tam nie tyle na skutek procesu transmisji przez włókno - ze względu na odpowiednio dobrany kontrast współczynników załamania



nematyk/rdzeń włókna – ile w wyniku procesu odpromieniowania do ciekłego kryształu i następnie po odbiciu wiązki od górnej i dolnej szklanej płaszczyzny komórki częściowego powrotu do włókna optycznego. W ramach takiego układu analizowano jego stratność, właściwości depolaryzacyjne, dwójłomność i dichroizm, sprawdzając zgodność z założonymi modelami teoretycznymi.

Jakkolwiek badania układów łączących włókna światłowodowe (w szczególności przewężane) z elementami ciekłokrystalicznymi rozpoczęto na świecie jeszcze w XX w. wartość tej tematyki wydaje się być wciąż aktualna ze względu na szerokie możliwości łączenia różnorodnych materiałów i badania różnorodnych wpływów zewnętrznych (pól, temperatury).

Wszystkie artykuły cyklu tworzącego osiągnięcie zostały opublikowane w czasopismach indeksowanych i są uwzględnione w bazie danych Journal Citation Report (JCR). Czasopismem o najwyższym *impact factor* (IF) w ramach omawianego cyklu jest *Journal of Lightwave Technology* (IF ok. 4,126 w 2018 r.), w którym opublikowano pracę [H1]. Czasopismem o najniższym IF w ramach omawianego cyklu jest *Opto-Electronics Review* (IF ok. 1,449 w 2016 r.), w którym opublikowano pracę [H4]. Dziesięć z 11 publikacji umieszczono w czasopismach o  $IF > 2$ , wśród których 4 mają  $IF > 3$ . Są to więc czasopisma zdecydowanie liczące się w branży. Aż 8 publikacji w ramach cyklu pojawiło się nie wcześniej niż w 2018 r. - są one więc stosunkowo świeże, dlatego wytłumaczalne jest, że większość z nich ma najwyżej po parę cytowań, a niektóre nie mają nawet jednej. Tylko dla 3 publikacji z cyklu liczba cytowań przekracza 10 (tj. ponad 10 dla każdej z nich) - są to artykuły [H1], [H3] i [H8] z lat 2015-2018, które również nie zasługują na kolokwialne określenie „leciwych”.

Habilitant jest pierwszym autorem lub autorem korespondującym w 5 publikacjach cyklu ([H1], [H2], [H7], [H9], [H11]). Natomiast tylko na listach autorów 3 artykułów występuje nie wcześniej niż na 5 miejscu. Świadczy to o solidnym poziomie samodzielności Habilitanta w ramach twórczości naukowej.

Liczba autorów poszczególnych publikacji zawiera się w zakresie od 3 do 8 osób, przy czym tylko w 3 artykułach jest mniej niż 5 autorów – jest to jednak powszechny i naturalny stan rzeczy w przypadku realizacji badań o charakterze przynajmniej w części technologicznym. Zadeklarowany formalnie udział procentowy Habilitanta w pracach prowadzących do opublikowania poszczególnych artykułów cyklu jest nie niższy niż 15% (w przypadku

ośmioautorskiej publikacji [H5]) i sięga 60% (dla pięcioautorskiej publikacji [H11]). Dla 6 artykułów udział procentowy Habilitanta jest nie niższy niż 30%. Świadczy to o solidnym zaangażowaniu Habilitanta w pracę nad nimi.

Jak wynika z lektury autoreferatu Habilitant miał, co bardzo ważne, istotny wkład na poziomie koncepcyjnym podczas powstawania wszystkich publikacji składających się na oceniane osiągnięcie. Wkład ten polegał np. na opracowaniu koncepcji wykonania czy zastosowania kluczowych przyrządów/elementów (np. czujnika temperatury w [H1], mikrotipów w [H5], i in.), wprowadzenia kluczowych modyfikacji (np. domieszkowania n-alkanów nanocząstkami metalu w [H2]), przeprowadzenia badań (np. przetwornika w formie typu polimerowego w [H7]).

Dołączone do dokumentacji habilitacyjnej oświadczenia współautorów nie stoją w sprzeczności z przedstawionymi przez Habilitanta informacjami nt. Jego roli, choć równocześnie na podstawie ich lektury należy zauważyć, że w przypadku co najmniej 7 artykułów ([H3], [H4], [H5], [H6], [H8], [H10], [H11]) wkład natury koncepcyjnej miały także inne osoby. Z reguły polegał on na opracowaniu lub współpracowaniu koncepcji/metodologii badań, budowy stanowisk pomiarowych, lub opracowania technologii/prowadzenia procesów technologicznych. W swoich oświadczeniach dotyczących publikacji [H3] i [H4] prof. dr. hab inż. Leszek Jaroszewicz i prof. dr hab. inż. Małgorzata Kujawińska stwierdzają też, że to oni zainicjowali odpowiednie badania i je koordynowali.

Rola Habilitanta wiązała się też często z projektowaniem/przygotowaniem np. stanowisk/układów pomiarowych (np. dla przetwornika do pomiaru temp. w [H2]) i opracowywaniem procedur (np. pomiarowych). Kandydat brał też zawsze czynny udział w pisaniu/przygotowywaniu artykułów i formułowaniu odpowiedzi na recenzje.

Przy okazji recenzent chciałby tu wspomnieć o braku w dokumentacji habilitacyjnej oświadczenia Pani Emilii Tomaszewskiej (w związku z [H1]) i o omyłkowym umieszczeniu oświadczenia Prof. Jarosława Grobelnego (w związku z [H1]) w sekcji dot. oświadczeń dla [H3] i [H4] (to ostatnie ma oczywiście jedynie wymiar błędu edycyjnego).

#### Podsumowanie

Cykl publikacji składających się na osiągnięcie – w osobistym odczuciu recenzenta bardzo interesujący - obejmuje tematyki stosunkowo nowe i na pewno wciąż aktualne w skali świata. Prace te są spójne tematycznie w związku z tym, że wszystkie dotyczą badań nad układami pełniącymi rolę przetworników fonicznych lub elementami mającymi zastosowanie

konstrukcyjne w takich przetwornikach, przy czym przeważa aspekt badań właściwości zastosowanych materiałów i ich wpływu na funkcjonowanie przetworników; w większości opisywanych przypadków specjalne (funkcjonalne) właściwości tych materiałów, zapewniające odpowiednie działanie przetwornika, uzyskane zostały przez połączenie (hybrydyzację – wg określenia Autora) materiałów o różnych właściwościach. Jednocześnie oceniany cykl publikacji dzieli się w sposób klarowny na trzy sekcje (podtematy), różniące się w aspekcie materiałowym i konstrukcyjnym. W osobistym odczuciu recenzenta czyni to osiągnięcie jeszcze bardziej interesującym.

Wszystkie artykuły zostały opublikowane w dobrych, liczących się w branży czasopismach naukowych i są w większości cytowane. Prace są stosunkowo świeżo opublikowane, co znamionuje m. in. dynamiczną aktywność badawczą Habilitanta. Wysoki wkład własny Habilitanta w prace badawcze prowadzące do powstania tych publikacji jest niepodważalny i wyraża się nie tylko poprzez „ilościowy” wysiłek Autora, ale także przez „jakościowo” wysoki jego charakter, tj. znaczący udział pracy o charakterze koncepcyjnym.

Biorąc powyższe pod uwagę recenzent pozytywnie ocenia przedstawione osiągnięcia naukowe Habilitanta i potwierdza Jego wysoki wkład w rozwój dziedziny inżynierii materiałowej.

### 3. Ogólna charakterystyka dorobku naukowego i ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych Habilitanta – tj. istotnej aktywności naukowej Kandydata w zakresie publikacyjnym i konferencyjnym oraz udziału w projektach badawczych

#### a. Zakres tematyczny dorobku naukowego

Habilitant podejmował w swojej działalności badawczej stosunkowo różnorodne tematyki (np. akustoelektronika w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora, fotonika światłowodowa dla zastosowań czujnikowych, współpraca przy budowie interferometru Sagnaca do badań zjawisk sejsmicznych, współpraca przy budowie komputera kwantowego), które – pomimo charakteru interdyscyplinarnego – generalnie wiązały się jednak z zakresem tematycznym elektroniki/optoelektroniki i fotoniki oraz inżynierii materiałowej. Wśród badanych przez Niego tematów szczególnie dużo jest zagadnień technicznych/technologicznych/inżynierskich i związanych z charakteryzacją materiałów i analizą/pomiarami właściwości otrzymywanych elementów i układów. Szczególnie sporo badań dotyczy kwestii analizy i kontroli polaryzacji promieniowania. Widać zwłaszcza duży udział zagadnień związanych z techniką i fotoniką

światłowodową, w szczególności w zakresie specjalnych włókien światłowodowych i układów które można określić jako hybrydowe (głównie w sensie inżynierskiego połączenia światłowodu z innym elementem, co w efekcie daje rozszerzone lub nowe funkcjonalności) – deklarowaną motywacją Habilitanta dla podejmowania tych tematów są potencjalne zastosowania w zakresie czujnikowym lub związanym z konwersją i transmisją promieniowania elektromagnetycznego (np. w ramach integrowanych różnych struktur światłowodowych).

Zauważalny jest również aspekt aplikacyjny prac technologicznych Habilitanta. Habilitant jest współtwórcą przyznanego patentu krajowego (2015 r.), ściśle związanego z tematyką ocenianego tu osiągnięcia naukowego. Kandydat jest również członkiem zespołu nagrodzonego brązowym medalem na 52th World Exhibition of Innovation, Research and New Technology EUREKA-2003 w Brukseli, za przedstawiony interferometr światłowodowy do zastosowań w optycznej tomografii koherencyjnej.

#### a. Aktywność publikacyjna i konferencyjna

Habilitant jest współautorem 32 publikacji w czasopiśmie naukowych, w tym 23 opublikowanych w czasopiśmie posiadających wskaźnik cytowań (IF) – wśród nich 12 należy do cyklu publikacji przedstawionych w ramach ocenianego tu osiągnięcia. Jako pierwszy autor Habilitant występuje w 6 publikacjach, w tym w 4 posiadających IF – a wśród nich nie ma ani jednej, która nie należałaby do cyklu publikacji przedstawionych w ramach ocenianego tu osiągnięcia. Wśród publikacji umieszczonych w czasopiśmie indeksowanych w okresie ostatnich około 3 lat tylko dwie nie należą do cyklu tworzącego oceniane tu osiągnięcie.

Poza 5 publikacjami w czasopiśmie wszystkie pozostałe powstały po uzyskaniu przez Habilitanta stopnia doktora.

Habilitant jest też współautorem licznych publikacji w materiałach konferencyjnych – aż 61 międzynarodowych (w tym 47 po uzyskaniu stopnia doktora) i 3 krajowych.

Habilitant jest współautorem 26 wystąpień konferencyjnych - w tym 11 wykładów plenarnych i 1 wykładu zaproszonego, w większości na konferencjach międzynarodowych (natomiast wszystkie pozostałe prezentacje poza tymi 12 wykładami miały charakter plakatowy). Jakkolwiek Habilitant jest pierwszym autorem w ramach 11 z tych prezentacji ustnych, to niestety brak jest jednoznacznej informacji w których przypadkach Habilitant występował osobiście. Biorąc pod uwagę różnicę pomiędzy liczbą publikacji w materiałach

konferencyjnych i ogólną liczbą wystąpień konferencyjnych recenzent przyjmuje, że podane wystąpienia ustne wiążą się z osobistym prezentowaniem tych tematów przez Habilitanta.

Poza 4 wystąpieniami konferencyjnymi wszystkie pozostałe miały miejsce po uzyskaniu przez Habilitanta stopnia doktora.

Habilitant posiada indeks Hirscha 10, potwierdzony w bazach Web of Science i Scopus, które podają także, że Jego prace były cytowane 186/206 razy (odpowiednio WoS/Scopus, podane bez autocytowań).

#### b. Uczestnictwo w projektach badawczych

Habilitant jest obecnie wykonawcą w 3 projektach badawczych finansowanych przez agencje lub urzędy państwowe. Uczestniczył w realizacji 24 zakończonych już projektów badawczych (z których 9 było finansowanych wewnątrz przez WAT), w tym w czterech jako Kierownik (tu jeden był finansowany w ramach konkursu ogłoszonego przez agencję państwową, a pozostałe były związane z działalnością wewnętrzną WAT). Brak informacji o realizacji projektów finansowanych w ramach konkursów pozakrajowych.

#### Podsumowanie

Podsumowując należy stwierdzić, że dorobek naukowy Habilitanta, w szczególności publikacyjny/konferencyjny oraz związany z realizacją projektów badawczych, jest w sensie pozytywnym merytorycznie szeroki, różnorodny i interdyscyplinarny, a jednocześnie wystarczająco skupiony tematycznie. Wyniki badań opublikowane zostały w liczących się czasopismach i są często cytowane – stąd stosunkowo wysoki indeks H, którym legitymuje się Kandydat. Widać przy tym, że Habilitant zintensyfikował swój osobisty wysiłek publikacyjny w ciągu ostatnich paru lat i podniósł wynikającą z niego efektywność (której miarą jest stosunkowo wysoka wartość IF czasopism i wysoka pozycja na liście autorów), przy czym zdecydowana większość tego sukcesu zawarta została w ramach ocenianego tu osiągnięcia naukowego Habilitanta. Habilitant wykazuje konsekwentną i intensywną aktywność konferencyjną. Habilitant jest również bardzo aktywny jako wykonawca projektów badawczych, choć zarazem należy zauważyć, że sam kierował tylko jednym projektem.

Ocena dorobku Habilitanta w omawianym zakresie jest pozytywna.

4. Ocena dodatkowego dorobku – dydaktycznego, popularyzatorskiego, eksperckiego, organizacyjnego, w zakresie uzyskanych praw własności intelektualnej oraz współpracy międzynarodowej

a. Dorobek dydaktyczny

Habilitant, jako pracownik badawczo-dydaktyczny uczelni prowadzi od 2000 r. regularne zajęcia dydaktyczne dla studentów (których sumaryczną ilość ocenia na około 5000 przepracowanych godzin), w formie wykładów, ćwiczeń rachunkowych i laboratoryjnych. Są to zajęcia z dziedziny fizyki, a w szczególności fotoniki oraz technologii światłowodowej. Część wykładów prowadzona była w języku angielskim, podobnie jak i prowadzone przez Habilitanta zajęcia dydaktyczne dla studentów programu ERASMUS. Habilitant, m.in. we współpracy z Politechniką Warszawską, był opiekunem naukowym trzynastu dyplomantów studiów I stopnia (w dziedzinie inżynierii materiałowej i mechatroniki) oraz pięciu dyplomantów studiów II stopnia w dziedzinie inżynierii materiałowej. Jest On też organizatorem praktyk studenckich w WAT dla studentów Uniwersytetu Warszawskiego i Politechniki Warszawskiej.

Habilitant podkreśla także w swoim autoreferacie, że w ramach swoich obowiązków kierownika Zakładu (w WAT) sprawuje opiekę organizacyjną i merytoryczną nad młodymi pracownikami stwarzając korzystne warunki dla ich rozwoju naukowego, co owocuje powstawaniem prac naukowych będących podstawą ubiegania się o nadawanie stopni kolejnym pracownikom.

Wysiłki dydaktyczne Habilitanta zostały docenione również poprzez nadanie Mu tytułu Zasłużonego Nauczyciela Akademickiego WAT w 2018 r.

b. Dorobek popularyzatorski

W ramach działalności popularyzatorskiej Habilitant jest od kilku lat współorganizatorem wykładów i pokazów z fizyki dla uczniów szkoły podstawowej i licealistów.

c. Dorobek ekspercki

W ramach Special Issue „*Optical Fiber Sensor Transducers Based on Hybrid and Structured Materials*” przygotowywanego przez czasopismo *Sensors* (MDPI) Habilitant pełni rolę edytora gościnnego. Habilitant w swoim „Wykazie osiągnięć” podaje również informację o pełnieniu od 2020 r. roli edytora tematycznego w czasopiśmie *Sensors*, co można zrozumieć jako informację o pełnieniu roli w rodzaju „*Section Editor*”, „*Associate Editor*” czy

„*Subject Editor*”. Jednakże recenzentowi nie udało się znaleźć Habilitanta na liście edytorów podanej na stronie Sensors (MDPI), ani też na stronie żadnego innego czasopisma zawierającego wyraz *sensors* w swoim tytule.

Habilitant przekazuje informację o pełnieniu roli recenzenta 13 publikacji, również w czasopismach indeksowanych (m.in. *Optics Express*, *Sensors* (MDPI) i in.).

W charakterze informacji nt. swojej działalności eksperckiej w zakresie oceny projektów Habilitant podaje, że recenzował: 2 wnioski projektowe dla Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (2001 r.), raport końcowy dla Ośrodka Przetwarzania Informacji (2015 r.) oraz 6 wniosków dla Lubelskiej Agencji Wspierania Przedsiębiorczości (2019-2020 r.)

#### d. Dorobek organizacyjny

Habilitant pełnił rolę Członka Komitetu Technicznego w ramach dwóch konferencji naukowych: *SPIE Congress on Optics and Optoelectronics*, SPIE-COO, w Warszawie w 2005 r. i *5th European Workshop on Optical Fibre Sensors EWOFs'2013* w Krakowie.

#### e. Uzyskane prawa własności intelektualnej

Habilitant jest współtwórcą krajowego patentu dotyczącego polimerowego konwertera do łączenia włókien światłowodowych i sposobu jego wytwarzania (z dnia 9-10-2015 r.), tematycznie ściśle związanego z zakresem merytorycznym osiągnięcia przedstawionego do niniejszej oceny.

#### f. Współpraca międzynarodowa

Habilitant jest członkiem Polskiego Towarzystwa Fotonicznego od 2009 r. i był członkiem The International Society for Optics And Photonics (SPIE) w latach 2009-2015.

Habilitant odbył dwa staże naukowe w ośrodkach zagranicznych, tj. na Uniwersytecie Technicznym w Ilmenau (w Niemczech, w październiku 2003 r.) i na Uniwersytecie Franche-Comte w Besancon (we Francji, od listopada 2005 r. do października 2007 r.)

Habilitant podaje informację swoim o uczestnictwie w dwóch programach UE, w charakterze członka: UE COST Action (299 Optical Fibers for New Challenges Facing the Information Society – FIDES, 2005-2010 r. oraz TD1001 Novel and Reliable Optical Fibre Sensor Systems for Future Security and Safety Applications – OFSeSa), a także Network of Excellence for Micro-Optics NEMO (2006-2007 r.)

## Podsumowanie

Podsumowując tę część dorobku Habilitanta należy podkreślić Jego zaangażowanie w działalność dydaktyczną i popularyzatorską, które recenzent ocenia jako wysokie, nawet jeśli uwzględnić, że miejsce pracy Habilitanta predestynuje do działalności o takim charakterze. Habilitant ma też liczący się dorobek ekspercki (w kontekście dokonywanej oceny zgłaszanych do druku publikacji jak i krajowych wniosków o finansowanie projektów oraz jako edytor przygotowywanego wydania specjalnego w czasopiśmie indeksowanym), a także organizacyjny. Habilitant ma dorobek dotyczący praw własności intelektualnej związany z tematyką badawczą, którą przedstawił w ramach ocenianego tu osiągnięcia – świadczy to o wyższym poziomie dojrzałości koncepcji i prowadzonych prac tematycznych. W ramach współpracy międzynarodowej Habilitanta wysoko należy ocenić fakt odbycia 2-letniego stażu typu *post-doc*.

Ocena dorobku Habilitanta w omawianym zakresie jest pozytywna.

## 5. Wniosek końcowy

Dokonana powyżej ocena osiągnięć dr. inż. Pawła Jana Marcia świadczy o tym, że Habilitant dostatecznie opanował warsztat naukowy pozwalający zarówno na samodzielne prowadzenie badań naukowych jak i kierowanie badaniami innych osób i ocenę ich dorobku naukowego.

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę przedstawionego osiągnięcia naukowego pt.: „Materiały funkcjonalne dla przetworników fotonicznych oraz przykłady ich zastosowań”, które w opinii recenzenta stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynierii materiałowej, jak również pozytywną ocenę pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych oraz dodatkowego dorobku Habilitanta (w tym dydaktycznego, popularyzatorskiego i in.), świadczącą m. in. o tym, że Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej, stwierdzam, że dr inż. Paweł Jan Marć spełnia warunki stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

