



Prof. dr hab. Tomasz R. Woliński

Warszawa, 16.06.2014 r.

Ocena dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej pt.:
„Dyfrakcyjna projekcja dwuwymiarowych, barwnych rozkładów natężenia światła”
dra inż. Michała Makowskiego

Ocena działalności naukowej

Dr inż. Michał Makowski ukończył w 2002 r. z wyróżnieniem studia magisterskie w specjalności optoelektronika na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej. Bezpośrednio potem rozpoczął studia doktoranckie na macierzystym Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej i w 2007 r. obronił z wyróżnieniem, rozprawę doktorską pt. „*Hologramy Fresnela scen przestrzennych uzyskiwane iteracyjnie*”. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. Andrzej Kołodziejczyk.

Po doktoracie, dr inż. M. Makowski został zatrudniony w 2007 r. na stanowisku adiunkta w Zakładzie Optyki i Fotoniki Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej, a jego działalność naukowa skoncentrowała się na dziedzinie optyki dyfrakcyjnej i holografii komputerowej, a w szczególności dotyczyła bezsoczewkowej projekcji kolorowych obrazów płaskich.

Od roku 2010 uczestniczył łącznie w realizacji 7 projektach badawczych NCBiR, MNiSW, NCN oraz w europejskim 7. Programie Ramowym FP7. W 2013 r. został laureatem IV edycji programu LIDER Narodowego Centrum Badań i Rozwoju kierując projektem „Kompaktowy ultra-wydajny projektor laserowy do urządzeń przenośnych” z budżetem 1,2 mln zł na lata 2013-2016.

Łączny dorobek podany przez Habilitanta obejmuje 40 prac naukowych, z czego 22 prace (3 przed i 19 po doktoracie) ukazały się w renomowanych czasopismach posiadających *impact factor* z listy ISI Thompson. Jest to dorobek znaczący, w szczególności dynamicznie wzrastający w okresie kilku ostatnich lat. W dokumentacji wniosku odnajdujemy sporządzone przez Habilitanta dane wg bazy ISI Web of Science: 96 cytowań obcych, indeks Hirscha $h = 7$ oraz sumaryczny

Impact Factor IF = 56. Są to bardzo przyzwoite wskaźniki bibliograficzne świadczące o zauważalnej w świecie pozycji naukowej Habilitanta.

Od doktoratu, tj. od 2007 r. dr inż. Michał Makowski opublikował 19 prac recenzowanych (z listy ISI) dr inż. Michał Makowski w następujących czasopismach optycznych i optoelektronicznych:

7 – *Optics Letters* (2012 impact factor 3,4);

5 – *Optics Express* (impact factor 3,7);

2 – *Applied Optics* (impact factor = 1,7);

2 – *Chinese Optics Letters* (impact factor 1,0);

1 – *Optical Engineering* (impact factor 1,0);

1 – *Optoelectronics Review* (impact 1,0);

1 – *J. Infrared Milli. THz Waves*.

Większość prac Habilitanta (z listy ISI) po doktoracie były wieloautorskie; natomiast w 6 pracach Habilitant był pierwszym autorem.

Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Michał Makowski ma bogate doświadczenie dydaktyczne i organizacyjne. Od dwóch lat prowadzi m.in. wykład i ćwiczenia laboratoryjne dla studentów kierunku Fotonika na Wydziale Fizyki PW („Podstawy fotografii cyfrowej” i „Techniki obrazowania 3D”). Wypromował 8 inżynierów i 10 magistrów oraz sprawuje opiekę naukową nad jednym doktorantem. Był współorganizatorem *Szkoły Holografii*, pokazów podczas *Drzwi Otwartych* i *Festiwalu Nauki*; aktywnie również uczestniczy w innych zadaniach o charakterze organizacyjnym na rzecz Wydziału Fizyki, Politechniki Warszawskiej (Centrum Studiów Zaawansowanych) oraz całego środowiska (*Uniwersytet Trzeciego Wieku*, wykłady dla licealistów, popularyzatorski artykuł „Czy powstaną telewizory wyświetlające programy 3D?” w czasopiśmie *Świat Nauki*)

Dr inż. Michał Makowski jest członkiem OSA (*Optical Society of America*) oraz Polskiego Stowarzyszenia Fotonicznego PSP (*Photonics Society of Poland*). Na zaproszenie PSP podjął się zredagowania specjalnego numeru czasopisma *Photonics Letters of Poland* poświęconego holografii, który ukaże się we wrześniu 2014 r.

Ocena rozprawy habilitacyjnej

Zgodnie art. 16 ust. 2. ustawy z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) rozprawę habilitacyjną dr inż. Michał Makowski przedstawia w postaci jednotematycznego cyklu 7 publikacji pt. „*Dyfrakcyjna projekcja dwuwymiarowych, barwnych rozkładów natężenia światła*” Cykl ten składa się z 6 współautorskich prac (**H1-H6**, liczba autorów od 6 do 10), spośród których Habilitant cztery razy był głównym autorem oraz jednej pracy samodzielnej (**H7**). Wszystkie prace opublikowane zostały latach 2010 – 2013 w czasopismach optycznych z listy JCR (ISI Thompson), w większości *Optics Express* i *Optics Letters* - czasopismach, które od lat zajmują dwa czołowe pozycje na tej liście:

- H1. **M. Makowski**, I. Ducin, M. Sypek, A. Siemion, A. Siemion, J. Suszek, A. Kolodziejczyk, „Color image projection based on Fourier holograms”, *Opt. Lett.* 35, 1227-1229 (2010).
- H2. **M. Makowski**, I. Ducin, K. Kakarenko, A. Kolodziejczyk, A. Siemion, A. Siemion, J. Suszek, M. Sypek, D. Wojnowski, "Efficient image projection by Fourier electroholography," *Opt. Lett.* 36, 3018-3020 (2011).
- H3. **M. Makowski**, A. Siemion, I. Ducin, K. Kakarenko, M. Sypek, A. M. Siemion, J. Suszek, D. Wojnowski, Z. Jaroszewicz, A. Kolodziejczyk, „Complex light modulation for lensless image projection,” *Chin. Opt. Lett.* 9, 12008 (2011).
- H4. **M. Makowski**, I. Ducin, K. Kakarenko, J. Suszek, M. Sypek, A. Kolodziejczyk, "Simple holographic projection in color," *Opt. Express* 20, 25130-25136 (2012).
- H5. A. Siemion, M. Sypek, J. Suszek, **M. Makowski**, A. M. Siemion, A. Kolodziejczyk, and Z. Jaroszewicz, "Diffuserless holographic projection working on twin spatial light modulators," *Opt. Lett.* 37, 5064-5066 (2012).
- H6. T. Shimobaba, **M. Makowski**, T. Kakue, M. Oikawa, N. Okada, Y. Endo, R. Hirayama, and T. Ito, "Lensless zoomable holographic projection using scaled Fresnel diffraction," *Opt. Express.* 21, 25285-25290 (2013).
- H7. **M. Makowski**, "Minimized speckle noise in lens-less holographic projection by pixel separation," *Opt. Express* 21, 29205-29216 (2013).

W dokumentacji wniosku znajdują się oświadczenia współautorów, z których wynika wiodący – od 35% do 75% – wkład dra inż. Ł. Makowskiego w powstanie każdej z prac wieloautorskich. Tytuł rozprawy: „*Dyfrakcyjna projekcja dwuwymiarowych, barwnych rozkładów natężenia światła*” uważam za trafnie dobrany. Odpowiada on postawionemu przez Habilitanta problemowi naukowemu, który sprowadza się do wytworzenia w określonej płaszczyźnie zadanego

rozkładu natężenia światła z wykorzystaniem dyfrakcji na czysto fazowym przestrzennym modulatorze światła typu SLM, bez użycia tradycyjnej soczewki obrazującej.

Dr inż. M. Makowski zaproponował iteracyjne optymalizowanie fazy w zapętłonym procesie numerycznym, przy użyciu tzw. algorytmu Gerchberga-Saxtona. Algorytm ten polega na iteracyjnym propagowaniu pola świetlnego pomiędzy wyróżnionymi płaszczyznami w pętli, a w każdym obiegu pętli w płaszczyźnie hologramu nadpisywana jest bieżąca amplituda ewoluującego pola przez amplitudę jednorodną, natomiast w płaszczyźnie ekranu wymuszany jest rozkład amplitudy docelowego obrazu. Eksperymentalna praca H1 (pierwsza w cyklu habilitacyjnego) wykorzystuje iteracyjną technikę optymalizacji fazy według algorytmu Gerchberga-Saxtona do opisu barwnej projekcji z hologramów Fouriera. Kolejna praca H2 poprzez nałożenie na rozkłady fazowe hologramów Fouriera wyświetlonych na przestrzennym modulatorze światła dodatkowych czynników fazowych równoważnych soczewce rozpraszającej o niewielkiej mocy optycznej powoduje niemal całkowite usunięcie plamki zerowego rzędu z ekranu projekcyjnego. W pracach oznaczonych numerami H3 i H5 Habilitant konstruuje układ realizujący zespoloną modulację przy użyciu dwóch bliźniaczych modulatorów fazowych typu SLM, z których jeden był obrazowany na drugim przy użyciu pary soczewek (H3), bądź poprzez propagację w przestrzeni swobodnej z kompensacją powstałego w wyniku tego opóźnienia fazowego (H5). W pracy H4 pojawia się pomysł zbudowania bardzo prostego i miniaturyzowalnego układu projekcji barwnej, który łączyłby zalety dotychczas zbudowanych układów. Zaproponowany przez dra Makowskiego układ optyczny - kosztem nieznacznie pogorszonej jakości projekcji (mniejszy kontrast, i nieco większe zaszumienie) - charakteryzuje się dużą prostotą oraz niewielką ilością tanich komponentów: 3 laserów sprzęgniętych ze światłowodami, modulatora typu SLM oraz filtru barwnego. Praca H4 otwiera olbrzymie możliwości zastosowań proponowanych układów jako tzw. piko-projektorów, czyli miniaturowych urządzeń mobilnych zasilanych bateryjnie i pod koniec 2012 r. stała się jedną z najczęściej oglądanych publikacji w *Optics Express* powodując zainteresowanie współpracą ze strony firmy Barco oraz Samsung Electronics Polska. Tematem wspólnej pracy H6 z zespołem prof. Shimobaby z Japonii było uzyskanie eksperymentalnych projekcji monochromatycznych w rozbieżnej wiązce oświetlającej z rozkładów fazowych, zawierających hologramy Fouriera realizujące funkcjonalność zmiennej długości ogniskowej projektora (typu *zoom*) na bazie teorii skalowanej dyfrakcji Fresnela. Ostatnia, autorska praca cyklu H7 zawiera najnowszą modyfikacją algorytmu projekcji holograficznej w rozbieżnych wiązkach oświetlających. Polega ona na technice separacji punktów obrazu na ekranie projekcyjnym, przez co unika się niekontrolowanych interferencji pomiędzy promieniami światła tworzącymi sąsiadujące ze sobą "piksele". Dr inż. M.

Makowski w swoim algorytmie uzyskał dużą wydajność energetyczną i wysoką rozdzielczość obrazowania typu *full HD* (ponad 500 par linii obrazu w pionie).

W podsumowaniu należy podkreślić, że rozprawa habilitacyjna dra inż. Michała Makowskiego pt. *„Dyfrakcyjna projekcja dwuwymiarowych, barwnych rozkładów natężenia światła”* w postaci zestawu siedmiu monotematycznych prac spełnia z nadmiarem wymagania dotyczące rozprawy habilitacyjnej w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie: fizyka. Jest jednocześnie ważnym osiągnięciem naukowym w dziedzinie optyki dyfrakcyjnej o dużych możliwościach zastosowań praktycznych. Wyrazem uznania dla dotychczasowych osiągnięć Habilitanta w tej dziedzinie jest powierzenie mu w - ramach prestiżowego programu NCBiR Lider - środków badawczych na stworzenie nowego zespołu naukowego, którego celem będzie dalsze udoskonalanie i miniaturyzacja układu optycznego realizującego barwną holograficzną projekcję obrazów.

Ocena końcowa

W konkluzji stwierdzam, że rozprawa habilitacyjna dra inż. Michała Makowskiego pt. *„Dyfrakcyjna projekcja dwuwymiarowych, barwnych rozkładów natężenia światła”*, jak również całość jego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego zasługują na bardzo wysoką ocenę pozytywną.

Zgodnie z obowiązującą ustawą o tytule naukowym i stopniach naukowych (Ustawa z dnia 18 marca 2011 r. *o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw*) wymagania stawiane przed kandydatem do stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych można uznać za całkowicie a nawet z nadmiarem spełnione.

W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie dra inż. Michała Makowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

