

Warszawa, dnia 21 grudnia 2017 roku

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Jaroszewicz
Instytut Optyki Stosowanej im. Prof. Maksymiliana Pluty
ul. Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa
tel. 228130585
e-mail: mmtzjaroszewicz@post.pl

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr Juan Martinez-Carranza pt. „Development of quantitative phase retrieval method employing the Transport of Intensity Equation”

Rozprawa doktorska p. mgr Juana Martinez-Carranza pt. "Development of quantitative phase retrieval method employing the Transport of Intensity Equation" zawiera, jak to już jej tytuł wskazuje, opis nowej metody pomiaru fazy (Quantitative Phase Imaging (QPI)) opartej na tzw. równaniu transportu natężenia (Transport Intensity Equation (TIE)).

Rozprawa została przygotowana w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opatrzonego opisem i liczy w sumie 172 stron. Sam opis składa się z 62 stron i obejmuje streszczenie, wstęp, przewodnik po publikacjach i bibliografię. Zbiór artykułów, który stanowi podstawę rozprawy zawiera pięć prac opublikowanych wcześniej w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej i sześć komunikatów konferencyjnych przedstawionych na międzynarodowych konferencjach optycznych.

We wstępie opisu autor przedstawił swój dorobek naukowy, który powstał w wyniku pracy nad rozprawą oraz sformułował jej cel naukowy i określił obszar zagadnień, których ona dotyczy. Autor postawił sobie za cel opracowanie metod ilościowego pomiaru fazy, opartych na pomiarze natężenia wiązki przedmiotowej (Single Beam Phase Retrieval Techniques (SBPRT)). Proponowane podejście za punkt wyjścia obiera technikę TIE. Podstawowe problemy do rozwiązania, które dostrzega autor, są następujące:

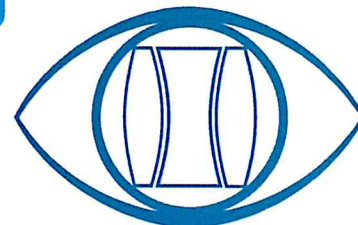
INSTYTUT OPTYKI STOSOWANEJ

im. prof. Maksymiliana Pluty

ul. Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa

tel: +48 604 432 844
fax: +48 22 813 32 65
e-mail: galasj@inos.pl
<http://www.inos.pl>

KRS: 0000119363
REGON: 000035725
NIP: 525-000-87-90



INOS

1. Optymalna ocena pochodnej natężenia poosiowego wymagana dla dokładnej rekonstrukcji fazy przy pomocy rozwiązania opartego na technice QPI-TIE.
2. Wybór właściwego warunku brzegowego (Boundary Condition (BC)) w celu zapewnienia odzyskiwania fazy wolnej od błędów.
3. Zastosowanie oświetlenia częściowo spójnego w metodologii QPI-TIE.
4. Zwiększenie maksymalnej osiągalnej rozdzielczości fazowej poniżej ograniczenia dyfrakcyjnego układu optycznego.

Pierwszy problem polega na znalezieniu optymalnej wartości odległości Δz pomiędzy płaszczyznami, w których dokonuje się pomiaru natężenia wymaganego w metodzie TIE. Zbyt mała odległość wprowadza zbyt duży szum, zbyt duża z kolei oznacza coraz większą różnicę pomiędzy skończonym przyrostem $\Delta I/\Delta z$ a pochodną natężenia $\partial I/\partial z$. Rozwiązanie zaproponowane przez kandydata pokazało, że dotychczasowe przekonanie, zgodnie z którym najbardziej dokładna eksperymentalna ocena pochodnej natężenia poosiowego prowadzi do najbardziej dokładnego pomiaru fazy, nie jest prawdziwa. Optymalną wartość wielkości Δz można ustalić na podstawie policzonego pierwiastka błędów średniokwadratowych pomiędzy wyliczonym i idealnym rozkładem fazy. Dalszym krokiem okazało się dopuszczenie możliwości nierównych odległości pomiędzy płaszczyznami pomiaru natężeń wymaganych do zastosowania metody TIE, co pozwoliło na wyeliminowanie niektórych błędów. Zagadnieniom tym poświęcone są pierwsze dwa artykuły ze zbioru stanowiącego drugą część rozprawy, tj. prace J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Optimum measurement criteria for the axial derivative intensity used in transport of intensity-equation-based solvers," *Opt. Lett.* **39**, 182-185 (2014) i J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Optimum plane selection for transport-of-intensity-equation-based solvers," *Appl. Opt.* **53**, 7050-7058 (2014).

Kolejnym ważnym stwierdzeniem dowiedzionym w rozprawie jest problem optymalnej separacji płaszczyzn pomiaru natężeń. Dotychczas panowało przekonanie, że ta optymalna odległość powinna zależeć od widma fazy. Okazało się, że tak nie jest i że wielkość ta jest pierwiastkiem wartości trzeciej pochodnej osiowej natężenia, co za tym idzie, oznacza to, że odległości te są takie same dla obiektów fazowych o różnym rozkładzie widmowym, co ma istotne (i korzystne) konsekwencje praktyczne.

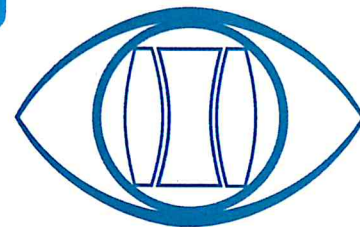
INSTYTUT OPTYKI STOSOWANEJ

im. prof. Maksymiliana Pluty

ul. Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa

tel: +48 604 432 844
fax: +48 22 813 32 65
e-mail: galasi@inos.pl
<http://www.inos.pl>

KRS: 0000119363
REGON: 000035725
NIP: 525-000-87-90



INOS

Trzecia i czwarta praca zbioru, tj. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Multi-filter transport of intensity equation solver with equalized noise sensitivity," *Opt. Express* **23**, 23092-23107 (2015) i J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, T. Kozacki, "Solution to the boundary problem for Fourier and Multigrid transport of intensity equation based solvers," *Photonics Letters of Poland* **7**, 2-4 (2015) traktują o problemie wyboru warunków brzegowych (BC) i ich wpływie na rozwiązania rozkładów fazy otrzymywane przy pomocy metody TIE. Jedną z propozycji jest zastosowanie tzw. schematu wypełnienia lustrzanego (i określenie warunków jego stosowalności). Kandydat wykazał również możliwość otrzymania rozwiązania pozbawionego brzegowych artefaktów przez nałożenie przesłony w płaszczyźnie przedmiotowej systemu optycznego.

W piątej pracy (J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Fast and accurate phase-unwrapping algorithm based on the transport of intensity equation," *Appl. Opt.* **56**, 7079-7088 (2017)) zostało zaproponowane zastosowanie metody TIE do operacji rozwijania fazy ("phase unwrapping") koniecznej w technikach interferometrycznych.

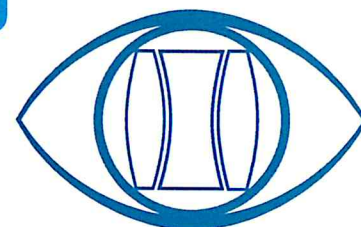
Ponadto w rozprawie poddano analizie ograniczenia konwencjonalnej metody TIE i zaproponowano zwiększenie jej rozdzielczości poprzez zastosowanie skośnego oświetlenia, zwiększenie odporności na szum poprzez odejście od wymogu spójnego charakteru użytej wiązki światła, co eliminuje szumy koherentne i wreszcie możliwość zmiany płaszczyzny pomiaru bez konieczności przesuwania kamery, a to dzięki zmianie promienia krzywizny wiązki oświetlającej.

Nie mam uwag dotyczących układu pracy, bądź też sposobu potraktowania tematu. Autor w serii artykułów składających się na rozprawę w wyczerpujący i dokładny sposób analizuje wszystkie, jak mi się wydaje, możliwości wydajnej implementacji metody TIE. W bibliografii opisu jest zamieszczonych 86 prac w nim cytowanych, a ich wybór jest reprezentatywny dla dziedziny będącej treścią rozprawy.

Chociaż wyniki opisane w rozprawie mają charakter numeryczny, to należy z naciskiem podkreślić, że posiadają one bezpośrednie i ważne konsekwencje praktyczne, jakimi są zarówno wiarygodne numeryczne opracowanie metody TIE, jak i określenie granic ich stosowalności oraz problemów, jakie pojawiają się podczas ich używania. W mojej opinii tezy postawione w pracy zostały z powodzeniem wykazane, a jej wyniki stanowią ważny wkład w rozwój technik metod ilościowego pomiaru fazy na podstawie intensywności wiązki przedmiotowej.

Polska





P. mgr Juan Martinez-Carranza jest autorem sześciu artykułów, które ukazały się w czasopiśmie z tzw. listy filadelfijskiej, z tego pięć prac składa się na treść omawianej rozprawy. Cztery z tych prac ukazały się w wysoko notowanych czasopiśmie naukowych Amerykańskiego Towarzystwa Optycznego.

Publikacje w czasopiśmie z listy filadelfijskiej:

1. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Optimum measurement criteria for the axial derivative intensity used in transport of intensity-equation-based solvers," *Opt. Lett.* **39**, 182-185 (2014).
2. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Optimum plane selection for transport-of-intensity-equation-based solvers," *Appl. Opt.* **53**, 7050-7058 (2014).
3. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Multi-filter transport of intensity equation solver with equalized noise sensitivity," *Opt. Express* **23**, 23092-23107 (2015).
4. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, T. Kozacki, "Solution to the boundary problem for Fourier and Multigrid transport of intensity equation based solvers," *Photonics Letters of Poland* **7**, 2-4 (2015).
5. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Fast and accurate phase-unwrapping algorithm based on the transport of intensity equation," *Appl. Opt.* **56**, 7079-7088 (2017).
6. J. Martinez-Carranza, F. Soto-Eguibar, and H. Moya-Cessa, "Alternative analysis to perturbation theory in quantum mechanics," *Eur. Phys. J. D* **66**, article 22, (2012).

Ponadto p mgr Juan Martinez-Carranza jest autorem dziewięciu publikacji zawartych w tomach materiałów konferencyjnych, z których siedem ukazało się w tzw. żółtej serii *Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng.*, również uwzględnianych w *Web of Knowledge*. Dwie pozostałe prace zostały opublikowane w materiałach konferencji naukowych Amerykańskiego Towarzystwa Optycznego i tylko jedna z nich nie jest związana z tematem dysertacji.



Publikacje w materiałach konferencyjnych:

1. J. Martinez-Carranza, P. Stepien, T. Kozacki, "Phase retrieval with tunable phase transfer function based on the transport of intensity equation," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **10330**, 103300D (2017).
2. M. Józwik, M. Trusiak, K. Liżewski, J. Martínez-Carranza, N. Voznesenskiy, and M. Kujawińska, "Optical methods for measurements of surface shape in optical components for high power laser beam forming," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **10159**, 1015915 (2016).
3. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, T. Kozacki, "Enhanced lateral resolution for phase retrieval based on the transport of intensity equation with tilted illumination," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **9718**, Quantitative Phase Imaging II, 97180H (2016).
4. J. Martínez-Carranza, K. Falaggis, T. Kozacki, "Deterministic phase retrieval employing spherical illumination," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **9525**, 952503 (2015).
5. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, M. Jozwik, T. Kozacki, "Comparison of phase retrieval techniques based on the transport of intensity equation using equally and unequally spaced plane separation criteria," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **9204**, 92040G (2014).
6. J. Martínez-Carranza, K. Falaggis, T. Kozacki, "Optimum phase retrieval using the transport of intensity equation," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **9132**, 91320T (2014).
7. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, T. Kozacki, M. Kujawinska, "Effect of imposed boundary conditions on the accuracy of transport of intensity equation based solvers," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., **8789**, 87890N (2013).
8. M. Kujawinska, K. Falaggis, T. Kozacki, J. Martinez-Carranza, and M. Józwik, "Single Beam Phase Microscopy: Conventional Solvers and Beyond," in *Classical Optics 2014*, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2014), paper CW1C.4.
9. A. Garza-Rivera, J. Martínez-Carranza, J. E. Gómez-Correa, C. G. Treviño-Palacios, and F. J. Renero-Carrillo, "Propagation of multiple laser beams through an ultra-thin objective lens based on superposition compound eye," in *International Summer Session: Lasers and Their Applications*, (Optical Society of America, 2011), paper Tu16.



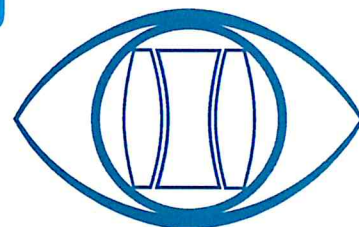
INSTYTUT OPTYKI STOSOWANEJ

im. prof. Maksymiliana Pluty

ul. Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa

tel: +48 604 432 844
fax: +48 22 813 32 65
e-mail: galasj@inos.pl
<http://www.inos.pl>

KRS: 0000119363
REGON: 000035725
NIP: 525-000-87-90



INOS

Ilość cytowań artykułów p. mgr Juana Martinez-Carranza wg bazy Web of Knowledge na dzień dzisiejszy jest równa 51, z czego ilość cytowań w pracach innych autorów wynosi 31. Indeks Hirscha prac p. mgr Juana Martinez-Carranza jest równy 4, a indeks i10 według tej samej bazy wynosi 3. Najwyżej cytowana z prac, tj. J. Martinez-Carranza, K. Falaggis, and T. Kozacki, "Optimum measurement criteria for the axial derivative intensity used in transport of intensity-equation-based solvers," *Opt. Lett.* **39**, 182-185 (2014) zebrała już 16 cytowań i to pomimo tego, że została opublikowana stosunkowo niedawno, bo w 2014 roku. Z kolei ogólnodostępna baza Scholar Google podaje liczbę wszystkich cytowań równą 104, a indeks Hirscha równy 6. Wspomniana poprzednio najwyżej cytowana praca jest wymieniana tu 24 razy.

Mając na względzie krótki czas, jaki minął od publikacji prac p. mgr Juana Martinez-Carranza należy uznać, że spotkały się one już z zainteresowaniem środowiska naukowego. Zważywszy na znaczenie wyników w nich zawartych można zasadnie domniemywać, że przytoczone wyżej wskaźniki bibliometryczne będą w przyszłości szybko rosły.

Zarówno wskaźniki bibliometryczne, jak i liczba publikacji składających się na rozprawę stanowią wynik bardzo dobry i lokujący się znacząco powyżej średniej. Podobnie ranga czasopism, w których ukazały się prace doktoranta świadczy o ich wartości. Za miarę ich znaczenia może posłużyć np. zaproszenie p. mgr Juana Martinez-Carranza do wygłoszenia wykładu na konferencji „SPIE Optical Metrology” w Monachium w 2017 roku (J. Martinez-Carranza, P. Stepień, T. Kozacki, "Phase retrieval with tunable phase transfer function based on the transport of intensity equation," *Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng.*, **10330**, 103300D (2017)) lub pierwsze miejsce na liście rankingowej projektu Preludium Narodowego Centrum Nauki pt. „New approach to partial coherence single beam phase retrieval techniques” przyznanego p. mgr Juanowi Martinez-Carranza w 2015 roku.

Wziąwszy pod uwagę przytoczone powyżej powody uważam, że wniosek o przyznanie p. mgr Juanowi Martinez-Carranza wyróżnienia jest w pełni uzasadniony.

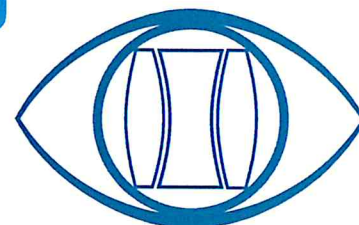
INSTYTUT OPTYKI STOSOWANEJ

im. prof. Maksymiliana Pluty

ul. Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa

tel: +48 604 432 844
fax: +48 22 813 32 65
e-mail: galasi@inos.pl
<http://www.inos.pl>

KRS: 0000119363
REGON: 000035725
NIP: 525-000-87-90



INOS

W konkluzji stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska p. mgr Juana Martinez-Carranza p.t. "Development of quantitative phase retrieval method employing the Transport of Intensity Equation" zawiera rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego i tym samym spełnia wymogi ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2014 r. poz. 1852 , z 2015 r. poz. 249.) i na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony oraz o uznanie jej za wyróżniającą.

**KIEROWNIK ZAKŁADU
OPTYKI FIZYCZNEJ**

prof. dr hab. Zbigniew Jaroszewicz

Zbigniew Jaroszewicz

Polska

