

#### **P1. Nazwa zespołu.**

Pracownia „Anten i techniki subterahercowej”

#### **P2. Dyscyplina/y naukowa/e w obszarze, której zespół prowadzi badania i/ lub realizuje usługi.**

reprezentowana dyscyplina naukowa: „Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika” a także „Informatyka stosowana i Telekomunikacja”

#### **P3. Słowa/ hasła kluczowe związane ze specjalizacją zespołu.**

Anteny, szyki i układy antenowe, anteny inteligentne, anteny rekonfigurowalne, mikrofały, technika subterahercowa, charakteryzacja materiałów, techniki pomiarowe.

#### **P4. Syntetyczny opis zespołu.**

Pracownia „Anten i techniki subterahercowej” działa w Zakładzie Techniki Subterahercowej w Instytucie Radioelektroniki i Technik Multimedialnych na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Pracownia dysponuje sprzętem pomiarowym i oprogramowaniem specjalistycznym o wartości przekraczającej 8 mln. zł; realizuje aktualnie dwa projekty badawcze finansowane w ramach programu Horyzont 2020; współpracuje z wieloma firmami z branży elektroniki i telekomunikacji i zrealizowała kilkanaście projektów, w tym komercyjnych oraz międzynarodowych. Zespół liczy **osiem** osób:

- profesor, dr hab. inż. Yevhen Yashchyshyn, kierownik pracowni
- dr inż. Krzysztof Derzakowski, adiunkt
- dr inż. Paweł Bajurko, adiunkt
- dr inż. Konrad Godziszewski, adiunkt
- dr inż. Grzegorz Bogdan, adiunkt
- mgr inż. Przemysław Piasecki, doktorant
- mgr inż. Jakub Sobolewski, doktorant
- mgr inż. Maciej Soszka, doktorant

#### **P5. Syntetyczny opis laboratorium/ sprzętu/ aparatury badawczej.**

Pracownia „Anten i techniki subterahercowej” dysponuje Laboratorium Anten, które jest przeznaczone do prowadzenia badań naukowych z szeroko pojętej techniki antenowej, techniki Radio-over-Fiber oraz techniki pomiarowej w zakresie do częstotliwości subterahercowych. Dzięki bogatemu wyposażeniu w aparaturę pomiarową możliwe jest przeprowadzanie zróżnicowanych pomiarów obejmujących:

- pomiary charakterystyk anten – w strefie bliskiej i dalekiej, w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz wyznaczanie właściwości anten sterowanych i rekonfigurowalnych w stanach nieustalonych;
- pomiary parametrów transmisji w łączach radiowo-światłowodowych;
- wyznaczanie właściwości układów przełączanych w stanach nieustalonych;
- charakteryzacja materiałów, w tym dielektryków nieliniowych (ferroelektryków).

Istotnym elementem laboratorium jest komora bezodbiciowa przeznaczona do pomiarów charakterystyk anten w zakresie częstotliwości do 50 GHz. Komora wyposażona jest w odpowiednie elementy mechaniczne i sterujące: stolik obrotowy o rozdzielczości kątowej 0,06°, precyzyjny skaner XY o wymiarach 1x1 m i rozdzielczości 5 µm oraz odpowiedni zestaw anten pomiarowych. W laboratorium możliwe jest przeprowadzanie także pomiarów w bardzo szerokim zakresie częstotliwości dzięki unikatowemu zestawowi złożonemu z czterowrotowego wektorowego analizatora obwodów PNA-X firmy Agilent Technologies oraz 6 par głowic rozszerzających zakres częstotliwości do 500 GHz. Każda z par głowic przeznaczona jest na jedno pasmo standardowego falowodu prostokątnego i umożliwia dwuwrotowy pomiar macierzy rozproszenia (amplituda i faza) z

bardzo dużą dynamiką (ponad 100 dB). Szerokie pasmo oraz duża liczba punktów pomiarowych (do 32001) pozwala na dodatkowe przetwarzanie danych pomiarowych w dziedzinie czasu. Zestaw ten wykorzystywany jest do pomiarów parametrów anten oraz jest częścią quasi-optycznego stanowiska pomiarowego do charakteryzacji materiałów w zakresie milimetrowym i subterahecowym.

#### ***Sprzęt pomiarowy***

- Komora antenowa
- stacja pomiarowa PM8 EPS200MMW produkcji Cascade Microtech Inc.
- Wektorowy analizator obwodów PNA-X N5245A o zakresie częstotliwości od 10 MHz do 50 GHz z głowicami rozszerzającymi pasmo pracy:
  - 50 – 75 GHz (WR15)
  - 75 – 110 GHz (WR10)
  - 90 – 140 GHz (WR8.0)
  - 140 – 220 GHz (WR5.1)
  - 220 – 325 GHz (WR3.4)
  - 325 – 500 GHz (WR2.2);
- Wektorowy analizator obwodów PNA-X N5242A o zakresie pomiarowym od 10 MHz do 26.5 GHz;
- Wektorowy generator sygnałów SMBV100A 9 kHz – 6 GHz;
- Mikrofalowy generator sygnałów SMF100A 100 kHz – 43.5 GHz;
- Analizator widma: Agilent PSA E4440A 3 Hz – 26.5GHz wraz z oprogramowaniem VSA89600 do demodulacji sygnałów cyfrowych;
- Analizator widma: Rohde&Schwarz FSA 9 kHz – 30GHz;
- Mierniki mocy: Rohde&Schwarz NRP-Z

#### ***Oprogramownie***

- Symulator elektromagnetyczny FEKO;
- Symulator elektromagnetyczny QuickWave;
- MATLAB;
- AWR Microwave Office;

#### **P6. Syntetyczny opis oferty B+R (tj. usług badawczych).**

Tematyka badawcza Pracowni Anten i Technik Subterahecowych obejmuje dwie grupy zagadnień.

##### ***Pierwsza z nich dotyczy metodyki projektowania anten:***

- projektowanie i badanie wieloelementowych anten inteligentnych oraz badanie możliwości ich zastosowania w systemach łączności ruchomej; modelowanie systemów MIMO wykorzystujących anteny inteligentne;
- modelowanie, projektowanie, realizacja anten na podłożu półprzewodnikowym o rekonfigurowalnej elektronicznie aperturze;
- modelowanie i projektowanie modulowanych czasowo szyków antenowych;
- modelowanie, projektowanie, realizacja i badanie ferroelektrycznych anten skanujących;
- projektowanie anten fotonicznych i łączy radiowo-światłowodowych.

##### ***Druga grupa obejmuje zagadnienia pomiarowe, takie jak:***

- metodyka przeprowadzania pomiarów w bardzo szerokim zakresie częstotliwości do 500 GHz;
- pomiary charakterystyk anten (w strefie dalekiej i bliskiej, w dziedzinie czasu i częstotliwości);
- pomiary parametrów transmisji w łączach radiowo-światłowodowych;
- wyznaczanie właściwości układów przełączanych w stanach nieustalonych;
- charakteryzacja materiałów, w tym dielektryków nieliniowych (ferroelektryków).

## **P7. Opis powstałych wynalazków i patentów.**

1. Bogdan Grzegorz, Yashchyshyn Yevhen: Sposób kształtowania charakterystyki kierunkowej w szyku antenowym z modulacją czasową oraz szyk antenowy z modulacją czasową, Wynalazek, Chroniony, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P-416239, Numer patentu/prawa: PAT.230083, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 23-02-2016, Data udzielenia (decyzji): 11-05-2018, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 28-09-2018]
2. Szafran Mikołaj, Pawlikowska Emilia, Pietrzak Emilia, Bobryk Ewa, Yashchyshyn Yevhen, Godziszewski Konrad, Kozakiewicz J, Ofat I, Trzaska J: Sposób wytwarzania przestrajalnych kompozytów ceramika-polimer dla elektroniki wysokich częstotliwości, Wynalazek, Chroniony, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P-410683, Numer patentu/prawa: PL229471, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 19-12-2014, Data udzielenia (decyzji): 12-03-2018, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 31-07-2018]
3. Yashchyshyn Yevhen, Andrushchak N, Godziszewski Konrad, Kushnir O, Andrushchak A: Interferometryczne stanowisko pomiarowe do określania przenikalności elektrycznej materiałów z użyciem wektorowego analizatora obwodów, Wynalazek, Zgłoszenie potwierdzone, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 2014 00822, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 29-01-2014
4. Yashchyshyn Yevhen, Modelski Józef: Antena skanująca, Wynalazek, Zaakceptowany, Numer patentu/prawa: No. 206802, Data udzielenia (decyzji): 30-09-2010
5. Szafran Mikołaj, Bobryk Ewa, Modelski Józef, Yashchyshyn Yevhen: Kompozyt ceramika-polimer do zastosowań mikrofalowych i sposób wytwarzania kompozytu ceramika-polimer do zastosowań mikrofalowych, Wynalazek, Zaakceptowany, Numer patentu/prawa: 363196, Data udzielenia (decyzji): 30-01-2009
6. Bajurko Paweł: Antena tubowa diagonalna, Wynalazek, Chroniony, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P-413078, Numer patentu/prawa: 228859, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 09-07-2015, Data udzielenia (decyzji): 07-12-2017, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 30-05-2018]
7. Bajurko Paweł, Bury Marek, Kozłowski Sebastian: Impulsowy system pomiarowy do wyznaczania parametrów sterowanych układów mikrofalowych, Wynalazek, Chroniony, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P.398249, Numer patentu/prawa: PL 227869, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 27-02-2012, Data udzielenia (decyzji): 22-08-2017, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 31-01-2018]
8. Bajurko Paweł, Bury Marek, Kozłowski Sebastian: Mikrofalowy system pomiarowy z oknowaniem w czasie, Wynalazek, Zaakceptowany, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P.399175, Numer patentu/prawa: PL 227828, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 14-05-2012, Data udzielenia (decyzji): 23-06-2017, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 31-01-2018]
9. Bury Marek, Zawisłak R, Kozłowski Sebastian, Bajurko Paweł: Antena o przełączanej polaryzacji, Wynalazek, Zaakceptowany, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P.398059, Numer patentu/prawa: PL 226960, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 09-02-2012, Data udzielenia (decyzji): 25-04-2017, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 31-10-2017]
10. Bury Marek, Bajurko Paweł, Kozłowski Sebastian: Mikrofalowy wielokanałowy system pomiarowy z przetwarzaniem w dziedzinie czasu, Wynalazek, Chroniony, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P-396233, Numer patentu/prawa: PL 227561, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 05-09-2011, Data udzielenia (decyzji): 20-06-2017, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 31-01-2018]

11. Bajurko Paweł: Planarna antena dipolowa z ekranem przewodzącym, Wynalazek, Wygaśły, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P.399395, Numer patentu/prawa: 399395, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 01-06-2012, Data udzielenia (decyzji): 04-09-2015, Data wygaśnięcia: 01-06-2017, Publikacja patentu/wzoru: [BUP 09-12-2013]
12. Bajurko Paweł, Bury Marek, Kozłowski Sebastian: Sposób kalibracji wektorowego systemu pomiarowego oraz zestaw kalibracyjny dla wektorowego systemu pomiarowego, Wynalazek, Zaakceptowany, Numer zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): P-398727, Numer patentu/prawa: PAT.219807, Data zgłoszenia (w pierwszym kraju zgłoszenia powyżej): 04-04-2012, Data udzielenia (decyzji): 13-11-2014, Publikacja patentu/wzoru: [WUP 31-07-2015]

#### **P8. Kluczowe publikacje członków zespołu.**

1. Y. Yashchyshyn and K. Godziszewski, "A New Method for Dielectric Characterization in Sub-THz Frequency Range," in IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, vol. 8, no. 1, pp. 1926, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1109/TTHZ.2017.2771309>
2. Y. Yashchyshyn, K. Derzakowski, P. R. Bajurko, J. Marczewski and S. Kozłowski, "Time-Modulated Reconfigurable Antenna Based on Integrated S-PIN Diodes for mm-Wave Communication Systems," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 63, no. 9, pp. 4121-4131, Sept. 2015. <https://doi.org/10.1109/TAP.2015.2444425>
3. G. Bogdan, Y. Yashchyshyn and M. Jarzynka, "Time-Modulated Antenna Array With Lossless Switching Network," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 15, pp. 1827-1830, 2016. <http://dx.doi.org/10.1109/LAWP.2016.2538463>
4. Y. Yashchyshyn et al., "28 GHz Switched-Beam Antenna Based on S-PIN Diodes for 5G Mobile Communications," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 17, no. 2, pp. 225-228, Feb. 2018. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2017.2781262>
5. N. A. Andrushchak, I. D. Karbovnyk, K. Godziszewski, Y. Yashchyshyn, M. V. Lobur and A. S. Andrushchak, "New Interference Technique for Determination of Low Loss Material Permittivity in the Extremely High Frequency Range," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 64, no. 11, pp. 3005-3012, Nov. 2015. <https://doi.org/10.1109/TIM.2015.2437631>
6. Y. Yashchyshyn et al., "Experience in developing LTCC technologies for mm-Wave antennas," 2017 11th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Paris, 2017, pp. 1306-1310. <https://doi.org/10.23919/EuCAP.2017.7928083>
7. B. Słojewska, Y. Yashchyshyn, „Design of millimeter-wave six-port device for LTCC technology”, International Journal of Electronics and Telecommunications, vol. 66, no. 1, pp. 3743, 2020. <https://doi.org/10.24425/ijet.2019.130263>
8. P. Piasecki, Y. Yashchyshyn, „Study of D-band LTCC Leaky Wave Antenna Optimized for Broadside Radiation,” Radioengineering, tom 27, nr 2, str. 463-468, czerwiec 2018. <https://dx.doi.org/10.13164/re.2018.0463>
9. C. Wu, S. Lu, Z. Yang and Y. Yashchyshyn, "A UWB Absorber Based on the TCA Concept in the UHF Band," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, (Early Access). <https://doi.org/10.1109/TAP.2019.2949698>
10. G. Bogdan, K. Godziszewski, Y. Yashchyshyn, C. H. Kim and S. Hyun, "Time Modulated Antenna Array for Real-Time Adaptation in Wideband Wireless Systems—Part I: Design and Characterization,"

in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, (Early Access).  
<http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2019.2902755>

**P9. Kluczowe projekty, które obrazują w największym stopniu potencjał zespołu badawczego.**

***Horyzont 2020, Marie Skłodowska-Curie:***

1. CELTA – Konwergencja elektroniki i technik fotonicznych na rzecz rozwoju zastosowań techniki, działanie ITN. Kierownik w Instytucji: Yevhen Yashchysyn, 01-03-2016 – 29-02-2020.
2. IMAGE – Innowacyjne optyczne/quasi-optyczne techniki oraz inżynieria nanomateriałów i materiałów anizotropowych dla opracowania struktur czynnych z zasadniczo poprawioną efektywnością energetyczną, działanie RISE. Kierownik w Instytucji: Yevhen Yashchysyn, 01-02-2018 – 31-01-2022.

***Prace umowne zagraniczne:***

1. Antena z kształtowaniem wiązki na pasmo 28 GHz oparta na diodach PIN. Praca we współpracy z Instytutem Badawczym Elektroniki i Telekomunikacji Republiki Korei (ETRI). Kierownik projektu: Yevhen Yashchysyn, 01-08-2016 – 31-01-2017.
2. Rekonfigurowalna antena z kształtowaniem wiązki na bazie przełączników półprzewodnikowych oraz modulacji czasowej. Praca we współpracy z Instytutem Badawczym Elektroniki i Telekomunikacji Republiki Korei (ETRI). Kierownik w Instytucji: Yevhen Yashchysyn, 01-06-2017 – 30-11-2017.

***Projekty NCBiR:***

1. Aktywny sub-THz skaner 3D do zastosowań antyterrorystycznych. Kierownik w Instytucji: Yevhen Yashchysyn, 01-09-2015 – 28-02-2019.
2. Rozwój zintegrowanych bloków funkcjonalnych dla aplikacji na fale milimetrowe realizowanych w technologii LTCC. Kierownik projektu: Yevhen Yashchysyn, 01-09-2015 – 31-12-2018.
3. Zastosowanie czujników radarowych do wspomagania opieki nad osobami starszymi i niepełnosprawnymi. Kierownik w Instytucji: Wiesław Winiecki, Główny wykonawca: Yevhen Yashchysyn, 01-05-2013 – 30-09-2016.
4. Nowe rodzaje inteligentnych anten z cyfrowym kształtowaniem wiązki o rekonfigurowanej elektronicznie aperturze. Kierownik projektu: Yevhen Yashchysyn, 08-04-2010 – 7-04-2013.

***Projekty NCN, OPUS:***

1. Ferroelektryczne kompozyty ceramiczno-polimerowe jako nowe materiały dla przestrajalnych oraz elastycznych sensorów mikrofalowych. Kierownik w Instytucji: Mikołaj Szafran, główny wykonawca: Yevhen Yashchysyn, 21-12-2011 – 20-12-2014.

***Projekty MNiSW:***

1. Nowe rodzaje inteligentnych anten z cyfrowym kształtowaniem wiązki o rekonfigurowalnej elektronicznie aperturze. Kierownik projektu: Yevhen Yashchysyn, 08-04-2010 – 07-04-2013.
2. Zintegrowany mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykrzysowe. Główny wykonawca: Yevhen Yashchysyn, 01-04-2007 – 31-12-2013.

***Prace umowne krajowe:***

1. Projekt, realizacja i badanie anten na pasmo 5.2-5.9 GHz. Kierownik projektu: Yevhen Yashchysyn, 02-12-2013 – 31-03-2014.
2. Opracowanie oraz wykonanie modułów do transmisji radiowo-światłowodowej. Kierownik projektu: Yevhen Yashchysyn, 16-04-2016 – 30-06-2016

**P10. Najważniejsze nagrody, wyróżnienia itp.**

1. 1<sup>st</sup> Prize of EuMA on the 11<sup>th</sup> European Microwave Week for outstanding research and new concept of the reconfigurable antenna, Amsterdam, 2008;

2. Nagroda dla prof. Y. Yashchyshyna za najlepszą prezentację na 8th International Conference on Electronics, Communications and Networks (CECNet2018), Bangkok 2018, Tajlandia.
3. Nagrody Jego Magnificencji Rektora Politechniki Warszawskiej zespołowe za działalność naukową w: 2019 (I stopnia), 2017 (II stopnia), 2014 (I stopnia), 2008 (I stopnia);
4. Nagrody Jego Magnificencji Rektora Politechniki Warszawskiej indywidualne I stopnia dla Y. Yashchyshyna za działalność naukową w 2014 i 2006;
5. Nagrody Jego Magnificencji Rektora Politechniki Warszawskiej zespołowe za działalność dydaktyczną w: 2016 (II stopnia), 2012 (II stopnia), 2004 (I stopnia), 2003 (I stopnia);
6. Nagroda Jego Magnificencji Rektora Politechniki Warszawskiej zespołowa za działalność organizacyjną w 2015 (II stopnia);
7. Nagroda (II stopnia) dla dr inż. P. Bajurko w konkursie na najlepszą pracę doktorską z dziedziny radiokomunikacji i technik multimedialnych organizowanym przez Fundację Wspierania Rozwoju Radiokomunikacji i Technik Multimedialnych, 2013;
8. Nagrody Jego Magnificencji Rektora Politechniki Warszawskiej indywidualne dla dr inż. P. Bajurko za działalność naukową w 2013 (III stopnia) oraz w 2014 (II stopnia);
9. Nagroda w Konkursie dla Młodych Naukowców towarzyszącemu międzynarodowej konferencji MIKON dla mgr inż. Przemysława Piaseckiego za referat „Experience in Developing, manufacturing and Measurements of LTCC Leaky-Wave Antennas Operated in Milimeter Waves Range”, 2018;
10. Nagrody na Krajowej Konferencji Radiokomunikacji, Radiofonii i Telewizji:
  - 2019 - Barbara Aleksandra Słojewska (II stopnia), wyróżnienie dla Mikołaja Darka.
  - 2018 - Wyróżnienie w Konkursie ogólnopolskiego konkursu na najlepszą pracę doktorską z dziedziny radiokomunikacji i technik multimedialnych dla dr inż. Konrada Godziszewskiego.
  - 2017 - Jakub Sobolewski (I stopnia), wyróżnienie dla Przemysława Piaseckiego.
  - 2016 - Grzegorz Bogdan (I stopnia), wyróżnienie dla Piotra Włodarczyka oraz Jakuba Sobolewskiego.
  - 2015 - Piotr Włodarczyk (II stopnia).
  - 2014 - Jakub Wilkowski (I stopnia), wyróżnienie dla Konrada Godziszewskiego.
  - 2012 - Anna Urzędowska(Łysiuk), (III stopnia).
  - 2010 - Anna Urzędowska (II stopnia).
  - 2008 - Nagroda (II stopnia) w Konkursie Młodych Naukowców dla dr inż. P. Bajurko za referat „Antena planarna z kołową szczeliną”.
  - 2007 - Piotr Służewski (II stopnia).

#### **P11. Kierownik Zespołu**

- Imię i nazwisko (wraz z tytułem/ stopniem naukowym):  
**Yevhen Yashchyshyn**, profesor, dr hab. inż.
- Adres e-mail:  
**e.jaszczyszyn@ire.pw.edu.pl**
- Telefon: +48 22 234 77 27
- Strona www zespołu lub wydziału/ katedry/ jednostki organizacyjnej:  
<https://sub-thz.ire.pw.edu.pl>