

Warszawa, 18 stycznia 2023 r.

Prof. dr hab. inż. Mateusz Śmietana  
Politechnika Warszawska  
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki  
ul. Koszykowa 75  
00-662 Warszawa  
Tel. 22 234 6364  
Fax. 22 234 6063  
e-mail: Mateusz.Smietana@pw.edu.pl

S E K R E T A R I A T  
Rady Dyscypliny AEETK  
Wpłynęło dnia.....24.01.2023  
Zarejestrowano pod nr .....  
Podpis .....*dm*

### RECENZJA

**rozprawy doktorskiej pt. „Opracowanie czujników stężenia pyłów dla potrzeb gniazd produkcyjnych, wykorzystujących proces selektywnego topienia i spiekania laserowego” autorstwa pana mgr inż. Stanisława Karcza**

wykonana na wniosek Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Akademii Górniczo-Hutniczej z dnia 04.11.2022 r.

Niniejsza recenzja została przygotowana zgodnie z wymogami sprecyzowanymi w ramach par. 3 p. 5 umowy na wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej z dnia 21.11.2022 r.

- a. **Tytuł rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę do ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora: „Opracowanie czujników stężenia pyłów dla potrzeb gniazd produkcyjnych, wykorzystujących proces selektywnego topienia i spiekania laserowego”**
- b. **Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych**

Układ treści rozprawy doktorskiej obejmuje wprowadzenie do problematyki analizy zapylenia, w tym stanu techniki (Rozdział 3), metod druku 3D wykorzystujących łoża prozkowe (Rozdział 4), ochronę przeciwpylową w procesach wykorzystujących to łożo (Rozdział 5) i zjawiska występujące podczas pomiaru zapylenia (Rozdział 6). W kolejnych rozdziałach Autor opisał podstawowe elementy i problemy związane z układami pomiarowymi do badania zapylenia tj. półprzewodnikowe detektory promieniowania (Rozdział 7), źródła i rodzaje szumów w układach elektronicznych (Rozdział 8), filtrację sygnałów (Rozdział 9), przetworniki A/C w detekcji sygnałów optycznych (Rozdział 10), oraz wpływ poszczególnych czynników na parametry sensora (Rozdział 11). Kolejne rozdziały

dotyczą opisu badań własnych, w szczególności badań wstępnych (Rozdział 12), propozycji własnego rozwiązania (Rozdział 13), modelu szumowego układu pomiarowego (Rozdział 14), oraz rozwiązania wykorzystujące wzmacniacz bez i z przetwarzaniem (odpowiednio Rozdziały 15 i 16). Kończącą implementację rozwiązania Autor opisał z kolei w Rozdziale 17, po którym wyciągnął wnioski końcowe zestawione w Rozdziale 18. Układ treści jest ogólnie poprawny. Z punktu widzenia czytelnika na pewno bardziej przejrzystym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie kolejnego poziomu numeracji i wydzielenie głównych bloków rozprawy obejmujących, choćby wstęp do problematyki zapylenia, elementy i układy elektroniczne i optyczne stosowane do jego pomiaru, oraz badania własne wraz z ich analizą i wnioskami.

#### **c. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej**

Autor rozprawy odwołuje się do ponad 160 pozycji literaturowych. Mając na uwadze szeroki zakres tematyczny rozprawy i jej aplikacyjny charakter, dobór pozycji literaturowych nie był zadaniem trywialnym. Poza licznymi artykułami opublikowanymi w czasopiśmie, Autor odwołał się do szeregu dokumentów normatywnych, raportów, kart katalogowych i licznych stron internetowych. W szczególności te ostatnie mogłyby być umieszczone bezpośrednio w tekście rozprawy, co znacząco uprościłoby zestawienie piśmiennictwa. Należy zauważyć, że Autor odwołał się do kilku publikacji z XIX i początku XX wieku, w tym przygotowanych w językach niemieckim i francuskim. Czytelnikowi pozostaje mieć nadzieję, że Autor rozprawy faktycznie dotarł do treści tych materiałów źródłowych i powołał się na nie z pełną świadomością ich zawartości.

#### **d. Wskazanie oraz ocena celu pracy Kandydata do stopnia doktora**

Celem pracy określonym w Rozdziale 2.2. było opracowanie innowacyjnego sensora dedykowanego do pomiaru zapyleń występujących podczas procesów wykorzystujących łożo proszkowe, takich jak procesy selektywnego spiekania/topienia laserowego (SLS/SLM), oraz proszków o dużej gęstości. Motywacją dojęcia tej tematyki pracy była z kolei poprawa bezpieczeństwa pracowników przeprowadzających wspomniane procesy. Autor pracy sformułował więc tezę, że „możliwe jest opracowanie niskokosztowego sensora zapylenia pracującego w trybie ciągłym, dedykowanego do procesów łoża proszkowego, którego wskazania są tożsame z uznaną metodą wagową”. Problematyka podjęcia badań jest istotna z punktu widzenia rozwoju technologii wykorzystujących materiały proszkowe. Należy zauważyć, że dedykowany system pomiarowy opracowany w ramach badań przeprowadzonych na potrzeby przygotowania rozprawy może nie tylko zwiększyć świadomość zagrożenia zdrowia z punktu widzenia użytkowników technologii, a także z punktu widzenia producentów urządzeń bazujących na technologii SLS/SLM, spowodować ich modyfikacje w kierunku optymalizacji procedur technologicznych i konstrukcji dostarczanych na rynek rozwiązań.

#### **e. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych**

Rozprawa obejmuje bardzo szeroki zakres badawczy, poczynając od badań materiałowych proszków (skaningowa mikroskopia elektronowa, dyfrakcja rentgenowska), przez analizy numeryczne układów elektronicznych (SPICE) i mechaniki przepływu (flow 3D), oraz przetwarzanie sygnałów, aż po oryginalne konstrukcje układów elektronicznych i elementów uzupełniających w postaci m.in. obudów, komór badawczych i systemów dozowania proszku. Dobór wykorzystanych metod badawczych jest poprawny i odpowiada celowi oraz zakresowi badań rozprawy. Fakt wykorzystania szerokiego zakresu metod badawczych z różnych dziedzin świadczy o szerokiej wiedzy Autora w zakresie tematycznym rozprawy.

#### **f. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań**

Rozprawa ma przede wszystkim charakter konstrukcyjno-pomiarowy. Opis wyników badań własnych poczynając od Rozdziału 12 przeplata się z opisami teoretycznymi, co nieco zaburza ciąg logiczny i utrudnia analizę przez czytelnika otrzymanych wyników. Analiza przeprowadzona przez Autora pozostawia pewien niedosyt. Autor w wielu aspektach ograniczył się do samej prezentacji wyników, akceptuje je w zaprezentowanej formie i pozostawia bez komentarza. Podejście to nie pozwala odpowiedzieć na pytania dotyczące powodów podjętych wyborów i kierunków działania, być może zakładając te jako oczywiste. Z punktu widzenia czytelnika, wybory te oczywistymi nie są. Pozostawienie wyników badań bez komentarza ze strony Autora daje szerokie możliwości interpretacji materiału przez czytelnika i dzieje się to zazwyczaj ze szkodą dla Autora. Pozostawione bez komentarza są wyniki przedstawione choćby w Rozdziale 12, oraz w nieco mniejszym stopniu w Rozdziałach 15 i 16. Ponadto, czytelnik oczekuje odniesienia uzyskanych wyników badań do danych literaturowych.

#### **g. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań**

Uzyskane wyniki badań, w szczególności po ich uzupełnieniu o wnikliwą analizę, mają niewątpliwie potencjał zastosowania praktycznego. Autor skupił się przede wszystkim na badaniu pyłów występujących podczas procesów SLS/SLM, ale jestem przekonany, że potencjalnych obszarów zastosowań jest znacznie więcej. Potencjał praktycznego zastosowania mają też niezależnie elementy składowe i pomocnicze opracowane na potrzeby rozprawy, czego potwierdzeniem są zgłoszenia patentowe ze współautorstwem p. Karcza.

#### **h. Informacje o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej**

Nieprawidłowości występujące w pracy można podzielić na mające charakter merytoryczny, w tym dyskusyjny, oraz organizacyjne i edycyjne.

## Nieprawidłowości merytoryczne:

1. **Wybrane elementy.** Na str. 118 określono elementy wykorzystane do konstrukcji układu dodatkowo podając niektóre z ich parametrów. Autor w żaden sposób nie uzasadnia na tym etapie swojego wyboru. W przypadku wykorzystania technologii FDM do wykonania komory, konieczne wydaje się uwzględnienie procedury jej okresowego czyszczenia, w szczególności mając na uwadze interakcje pyłów z chropowatą powierzchnią takiego elementu i określony w tezie rozprawy pomiar ciągły;
2. **Użycie filtra.** W ramach realizacji zadań projektowych (Rozdział 14.10) i badawczych (Rozdział 16.5) Autor ustalił, że wykorzystanie wzmacniacza z przetwarzaniem jest korzystniejsze niż wersji bez przetwarzania. Podobnie ustalił, że filtry w układzie z przetwarzaniem nie wnoszą istotnej poprawy. Co więcej, na str. 135 i później 139 określono, że „Układ z przetwarzaniem bez filtru posiada najmniejsze błędy pomiarowe”. Mimo to konsekwentnie stosowano filtr ponownie udowadniając w ramach Rozdziału 17.2, że „Działanie filtra w warunkach normalnej pracy nieznacznie wpływało na sygnał wyjściowy (...)”. Hipoteza odnośnie potrzeby redukcji szumów z użyciem filtra w środowisku przemysłowym (str. 136) wymaga weryfikacji. Argument, że przewidziano „wystarczającą ilość miejsca w urządzeniu” nie uzasadnia potrzeby instalacji filtra, szczególnie mając na uwadze koszt urządzenia, który zgodnie z tezą rozprawy powinien być niski;
3. **Użyta metoda referencyjna.** W przypadku wyników pomiaru referencyjnego proszku MS1 z wykorzystaniem analizy sitowej bardzo istotne jest wykluczenie potencjalnych błędów, ponieważ te przekładają się na interpretację wyników własnych Autora. Wskazane jest co najmniej kilkukrotne powtórzenie tej analizy celem ustalenia wielkości potencjalnych błędów pomiaru;
4. **Urządzenie referencyjne.** Detektory SDS198 zostały „wyselekcjonowane na podstawie specyfikacji technicznej oraz dostępności” do realizacji badań wstępnych. W wyniku ich wykonania ustalono ograniczenia tych detektorów co do zakresu analizowanych pyłów, szczególnie ich wysokiej gęstości. Dlaczego nie podjęto próby wykorzystania innych rozwiązań? Zakładam, że detektor SDS198 nie jest rozwiązaniem idealnym, ale jego ograniczenia powinny skłonić do poszukiwania innych alternatyw i odniesienia opracowanego rozwiązania właśnie do nich;
5. **Koszt urządzenia.** Jako niedopatrzenie można uznać brak estymacji kosztu skonstruowanego urządzenia. Koszty innych urządzeń zostały określone choćby na str. 41, lecz opracowane rozwiązanie nie zostało wycenione, mimo deklarowanego w tezie niskiego kosztu i później spełnienia oczekiwań co do funkcjonalności (str. 148);
6. **Funkcjonalności.** Na stronie 148, w ramach podsumowania, stwierdzono, że „Jako końcowy efekt powstało urządzenie prototypowe posiadające wszystkie założone funkcjonalności”. Nie jest jasne, o które założenia i gdzie przedstawione chodzi.

## Nieprawidłowości organizacyjne i edycyjne:

1. Styl przygotowania tekstu rozprawy jest dość nietypowy. Autor wyodrębnia olbrzymią liczbę rozdziałów głównych i występujących w nich akapitów. Nowy akapit sugeruje rozpoczęcie omawiania kolejnego wątku myślowego. Mnogość akapitów, bardzo często jednozdaniowych sprawia wrażenie braku ciągu logicznego, choć łącząc ze sobą akapity okazuje się, że wątek w większości jest jednak spójny. Dodatkowo podział na rozdziały jest dość osobliwy. Zdarzają się podrozdziały zawierające po 1-2 zdania, czasami uzupełnione o rysunek (Rozdział 3.1);
2. Układ treści pracy miejscami nie jest spójny logicznie. W Rozdziale 3.3 opisano optyczne metody pomiaru zapylenia. W Rozdziale 6 z kolei opisano zjawiska występujące podczas pomiaru zapylenia. Przedstawione treści dotyczą tego samego zakresu tematycznego i powinny być przedstawione razem, co pozwoliłoby uniknąć powtórzeń. Podobnie, problematyka szkodliwości pyłów została poruszona w Rozdziale 3.4.1 i tam powinna być kontynuowana, a nie dopiero w Rozdziale 5. Z kolei, model szumowy wraz z jego opisem teoretycznym nie został uwzględniony w Rozdziale 8, lecz dopiero w Rozdziale 14, czyli po przedstawieniu wyników wstępnych. Logika takiego układu treści nie jest jasna, a na pewno nie została odpowiednio uzasadniona;
3. Rozdział 8 dotyczący szumów w układach elektronicznych może być dla czytelnika zaskoczeniem. Autor nie sprecyzował na wstępie dlaczego ta problematyka jest poruszana na tym etapie rozprawy. Podobnie, można się też domyślać, że problematyka filtrowania i przetworników A/C będzie kluczowa później, ale na etapie odpowiednich rozdziałów ją opisujących intencje Autora nie są jasne;
4. Opisując problematykę atomizacji (str. 44) Autor zdaje się już przedstawiać wyniki własne, które zgodnie z układem pracy powinny zostać ujęte dopiero w Rozdziale 12 (od str. 90);
5. W rozprawie poddano analizie głównie proszek stali MS1. Nie jest jasne dlaczego w Rozdziale 12 przeanalizowano też inne proszki. Brakuje uzasadnienia zajęcia się innymi materiałami i komentarza ze strony Autora. W podrozdziale 12.3 zadeklarowane jest wstrzyknięcie „20 g proszku (o znanym uziarnieniu)”. Na tym etapie zupełnie nie wiadomo o jaki proszek i jego „znane” uziarnienie chodzi;
6. Bez dodatkowego opisu/schematu nie jest jasne jak się mają wyniki symulacji przedstawionej na Rys. 15-3 do modelu komory przedstawionego na Rys. 15-1 i 15-2. Ponadto, zabrakło opisu osi na Rys. 15-12, 17-8 i 17-9;
7. W rozprawie pojawia się materiał ilustracyjny, który można uznać za nadmiarowy. Na Rys. 5-8 przedstawiono maskę pełnotwarzową, na Rys. 5-9 pracownika w tej masce, zaś na Rys. 5-10 również pracownika, ale innego i w innej masce. Wydaje się, że Rys. 5-10 w zupełności wystarcza do zobrazowania maski i sposobu jej wykorzystania. Informacja nadmiarowa występuje także w przypadku Rys. 15-2 i 16-1. Są to te same tabele tylko z innym podpisem. Wystarczy przytoczyć schemat pomiarowy jedynie raz i później się do niego odnosić. Podobny problem dotyczy Rys. 15-6 i 16-2, gdzie

powinno wystąpić odwołanie do jednego z nich i uwzględnienie wprowadzonych różnic;

8. Autor nie ustrzegł się wykorzystania sformułowań używanych potocznie, a takie nie powinny znaleźć się w rozprawie. Często nie ma też spójności w stosowanym nazewnictwie. Jako przykład może posłużyć „Sieć Badawcza Łukasiewicz”, która odmieniana jest jako „Łukasiewiczza” lub później zespół badawczy „w Łukasiewiczzu”. Kolejnym przykładem braku spójności w nazewnictwie są choćby skróty, których Autor nie rozwija lub rozwija po ich wielokrotnym użyciu, bywa że wielokrotnie, ale za każdym razem w innej formie. Tego typu niespójność istotnie ogranicza aspekt edukacyjny rozprawy i pozwala przyswoić jej treść jedynie specjalistom w jej zakresie tematycznym lub tylko osobom skłonnyim poszukiwać rozwinięcia skrótów w innych fragmentach tekstu. Jako przykłady może posłużyć użyty w celu pracy skrót SLS/SLM (str. 11), który jest rozwinięty dopiero na str. 14, następnie na str. 52. Z kolei skrót PFB jest rozwinięty na str. 13, ale później też na 15. Jako przykład braku spójności nazewnictwa może posłużyć określenie metody jako wagowej, zaś w następnym zdaniu jako grawimetrycznej. Czytelnik nie ma pewności, czy chodzi o tą samą czy już inną metodę;
9. Autor powinien więcej uwagi poświęcić precyzji opisu. Określenia „wskazania są tożsame” (str. 12), „znacznych gęstościach” (str. 13), „zwiększona ilość światła” (str. 67), „na styku drutu z końcówką” (str. 76), „cząstkę proszku” (str. 150) mogą być mylnie rozumiane lub niezrozumiałe w ogóle. W rozprawie występuje też szereg innych nieprecyzyjnych lub nieprawidłowych sformułowań. Jako przykłady można przytoczyć: Str. 14 - normę PN-EN 4225:1999, która określa „wstępnie” niekorzystne czynniki; Str. 14 - zdanie określające stężenia tlenków metali powinno sugerować, że są to wartości minimalne, a nie konkretnie te wymienione zostały uznane za szkodliwe; Str. 65 - „kilkaset centymetrów” to prościej kilka metrów; Str. 65 - w zdaniu „Znane jako wzory dyfrakcyjne Fraunhofera” brakuje pomiotu. Podobnie w przypadku zdania „Co może powodować błędy przy pomiarach małych sygnałów” (str. 76); Str. 67 – w przypadku „kilku pozycjach literaturowych [3-71]” prawdopodobnie chodzi jedynie o pozycje 3 i 71, a nie pełen zakres; Str. 70 - brakuje wyjaśnienia wszystkich oznaczeń użytych na Rys. 7-1, 8-3 i 8-4;
10. Rozprawa zawiera dość liczne drobne błędy edycyjne, nawet w kluczowych fragmentach tekstu jak choćby cel pracy („...przy procesach łoża proszkowo, z szczególnym...”). Kolejne to „o dużym współczynniku skurczy”, „ambulansach pomiarowych immisji”, „systemów pozwalającym filtracji”, niekończonej odległości”, „sakli logarytmicznej”, „niepieczonego proszku”, czy brak indeksu górnego w przypadku  $\text{cm}^3$  na str. 39. Występują też błędy ortograficzne np. niewymuszony, niesymetryczny i niemalże są pisane oddzielnie, zaś nieodwracającej, raz oddzielnie, a raz razem (str. 109);
11. Pojawiają się nieoczekiwane znaki nowej linii np. na str. 31, 46, 101, 107, 108, 110;

12. W zestawieniu literatury brakuje szeregu istotnych szczegółów, jak choćby nazw wydawców książek, lat wydania, kraju ministerstw, których dotyczą regulacje, czy tytułów artykułów. Niektóre opisy nie pozwalają ustalić co się pod nimi kryje np. [30], [127]. Strony internetowe powinny obejmować datę przeglądania.

**i. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązania problemu naukowego**

Rozprawa opisuje niewątpliwie oryginalne rozwiązanie konstrukcyjne w postaci czujnika stężenia pyłów, szczególnie ich wysokiego stężenia, które występuje w warunkach procesów SLS/SLM. Na potrzeby realizacji czujnika analizie podlegały aspekty z szerokiego zakresu nauk technicznych.

**j. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata do stopnia doktora w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

Opracowanie czujnika nie byłoby możliwe bez analizy bardzo szerokiego materiału publikacyjnego, wyboru odpowiednich metod badawczych i prawidłowej realizacji badań. Mimo licznych nieprawidłowości wymienionych powyżej uważam, że rozprawa w pełni potwierdza, że p. mgr inż. Stanisław Karcz posiadał niezbędną wiedzę teoretyczną w zakresie dyscypliny Automatyka, elektronika i elektrotechnika oraz wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie p. mgr inż. Stanisława Karcza do dalszych etapów postępowania.



