prof. dr hab. inż. Andrzej DZIEDZIC
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów
Politechnika Wrocławska

Wrocław, 14.11.2026

Recenzja rozprawy doktorskiej dla Rady Naukowej Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni

Tytuł rozprawy: Analiza wpływu warunków montażu powierzchniowego na parametry termiczne tranzystorów

Autor rozprawy: mgr inż. Adrian Michał Pietruszka
Promotor: dr hab. inż. Agata Skwarek-Illes
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Paweł Górecki

1. Podstawa prawna recenzji

Podstawą przygotowania niniejszej recenzji jest Uchwała nr 8/2026 Rady Naukowej Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni z dnia 10 września 2026 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adriana Pietruszki i pismo Dziekana Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, prof. Piotra Jankowskiego.

W recenzji posiłkowałem się wytycznymi zawartymi w art. 187 i art. 186 pkt. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. Ustaw z 2024 r., poz. 1571) oraz rekomendacjami Rady Doskonałości Naukowej zamieszczonymi w poradniku „Recenzje w postępowaniach o awans naukowy".

2. Jakie zagadnienie naukowe rozpatrzono w pracy i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez Autora?

Generalnie badania lutowi bezołowiowych i połączeń wykonanych na ich bazie rozpoczęły się na przełomie lat 80. i 90. XX wieku. Było to spowodowane udowodnieniem toksyczności ołowiu za czym poszły inicjatywy legislacyjne w krajach wysoko rozwiniętych (Japonia, kraje Europy Zachodniej, USA). Prace koncentrowały się wówczas na znalezieniu zamienników dla tradycyjnych stopów SnPb (cyna-ołów), które dominowały w elektronice przez wiele dekad. Dalsze prace doprowadziły do montażu ekologicznego, w którym w procesie montażu wykluczono nie tylko ołów ale także rtęć, kadm, chrom, brom, chlor, antymon, fosfor oraz polibromowane bifenole i etery difenylowe. Obecnie podstawowym zamiennikiem tradycyjnych stopów SnPb jest rodzina stopów lutowniczych na bazie cyny z dodatkiem srebra i miedzi tj. stopy SnAgCu (SAC). Ale badana jest nie tylko mikrostruktura i właściwości mechaniczne, elektryczne i cieplne stopów SAC różniących się proporcjami między cyną, srebrem i miedzią lecz także układy tych stopów po wprowadzeniu dodatkowych pierwiastków (np. ind, tytan, żelazo, cynk, cyrkon, bizmut, nikiel, antymon, gal, glin, cer, lantan, itr, erb, prazeodym, neodym oraz iterb) lub związków chemicznych, także w postaci nanocząstek (np. węglik krzemu, tlenek glinu, tlenek cynku, dwutlenek tytanu, tlenek ceru, tlenek cyrkonu, dwuborek tytanu, nanorurki węglowe, nanowarstwy grafenu). Od wielu lat corocznie w literaturze przedmiotu publikowanych jest kilkaset artykułów dotyczących nowych podejść do problematyki stopów lutowniczych i ich wykorzystania na połączenia lutowane w montażu elektronicznym. I na tym polu mieszczą się dotychczasowe

publikacje naukowe, których współautorem jest mgr inż. Adrian Michał Pietruszka jak też będąca ich pokłosiem rozprawa doktorska „***Analiza wpływu warunków montażu powierzchniowego na parametry termiczne tranzystorów***", która dotyczy problematyki kompozytowych niskosrebrowych lutowi bezołowiowych.

Jednak tu pojawia się problem metodologiczny. Otóż w typowej strukturze klasycznej rozprawy doktorskiej należy określić przedmiot i cel badań, uzasadnić wybór tematu oraz sformułować problem badawczy i hipotezy lub pytania badawcze. Zwykle znajduje się to w części wstępnej rozprawy. W recenzowanej rozprawie dominuje podejście technologiczno-pomiarowe z elementami symulacji. Doktorant nie zaproponował w niej tezy badawczej. Jest to często spotykane w rozprawach o charakterze technologicznym. Natomiast na str. 31 stwierdził, że celem rozprawy jest „*powiązanie właściwości cieplnych kompozytowych połączeń lutowanych z realnymi warunkami termicznymi panującymi wewnątrz struktury tranzystora podczas jego pracy*". W streszczeniu (str. 3) ten cel sformułowany jest nieco inaczej „*Celem pracy było określenie zależności pomiędzy właściwościami zastosowanych materiałów lutowniczych, warunkami procesu montażu, rodzajem podłoża oraz parametrami termicznymi przylutowanych struktur*". Jako motywację do podjęcia tematyki prezentowanej w rozprawie Autor uznał, iż „*Aspekty związane z przewodnictwem cieplnym oraz jego wpływem na warunki pracy elementów półprzewodnikowych nadal pozostają w dużej mierze pominięte. W szczególności zauważalny jest brak analiz ilościowych opisujących w jaki sposób modyfikacja składu stopu lutowniczego oraz zmienna struktura połączenia lutowanego wpływa na przewodnictwo cieplne połączenia i efektywność odprowadzania ciepła z wnętrza struktury półprzewodnikowej, np. takiej jak tranzystor.*". Natomiast w rozprawie brakuje jawnego sformułowania pytań badawczych ewentualnie zadań cząstkowych, które prowadziły Doktoranta do osiągnięcia celu.

Kolejne etapy badań zostały opisane w siedmiu rozdziałach merytorycznych. W rozdziale pierwszym Autor omawia znaczenie tranzystorów we współczesnej elektronice i wpływ temperatury struktury tranzystorowej na niezawodność tranzystorów. W rozdziale drugim omówiony został montaż powierzchniowy tranzystorów ze szczególnym uwzględnieniem budowy połączenia lutowniczego i składu jak i właściwości różnych stopów lutowniczych. Oba te rozdziały bazują w dużej mierze na dostępnych doniesieniach literaturowych. Kolejny rozdział przedstawia przygotowanie oraz szereg badań i analiz związanych z właściwościami kompozytowych stopów lutowniczych. Rozdziały czwarty i piąty zawierają wyniki badań i analiz połączeń lutowanych odpowiednio tranzystorów MOSFET i IGBT wykonanych z wykorzystaniem niskosrebrowych kompozytowych stopów lutowniczych. Modelowanie wpływu rezystancji termicznej połączenia lutowanego oraz materiału podłoża na właściwości termiczne tranzystora MOSFET Autor przedstawił w rozdziale szóstym. Natomiast podsumowanie całej rozprawy znajduje się w rozdziale siódmym.

3. Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, konstrukcyjny, inny)?

W rozprawie doktorskiej mgra inż. Adriana Michała Pietruszki dominuje czynnik eksperymentalny, głównie technologiczno-pomiarowy. Niemniej jednak przy analizie wyników, szczególnie odnoszących się do właściwości cieplnych, istotnego znaczenia nabrało modelowanie i symulacja rezystancji termicznej tranzystorów MOSFET.

4. Czy w rozprawie w sposób właściwy przeprowadzono analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczącą o dostatecznej wiedzy Autora?

Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonywujący? Czy tematyka rozprawy jest aktualna lub dostatecznie ważna?

W rozprawie mgra inż. Adriana Michała Pietruszki część przeglądowa jest skumulowana rozdziałach 1 i 2. W rozdziale pierwszym znajduje się omówienie roli tranzystorów we współczesnej elektronice oraz powiązanie temperatury tranzystorowych struktur półprzewodnikowych z niezawodnością tranzystorów. Natomiast w rozdziale drugim Doktorant przedstawia zagadnienia montażu powierzchniowego, budowę i funkcje połączenia połączenia lutowanego oraz stopy lutownicze. Ale także w rozdziałach przedstawiających wyniki prac własnych Doktorant stara się na bieżąco konfrontować je z aktualnymi doniesieniami literaturowymi. Mgr inż. Adrian Michał Pietruszka wykorzystał w rozprawie łącznie informacje ze 192 pozycji (8, w których jest współautorem i 184 innych prac). W zdecydowanej większości są to artykuły z czasopism lub materiałów pokonferencyjnych. Można tam też znaleźć odwołania do publikacji książkowych, norm lub not katalogowych. Około 36 % cytowanych prac opublikowano w latach 2021-2026. Kolejnych 19 % pochodzi z lat 2016-2020 a 22 % to prace z lat 2011-2015. Należy zauważyć, że jest to rzetelna podbudowa do prac własnych Doktoranta. Przedstawione wyniki studiów literaturowych świadczą o umiejętności korzystania z istniejącej wiedzy i wyciągania z niej właściwych wniosków (chociaż pojawiły się także pewne braki, o których wspominam w dalszej części recenzji). Równocześnie zarówno przytoczona liczba wykorzystanych pozycji jak i daty ich opublikowania przekonują, że tematyka rozprawy jest jak najbardziej aktualna.

5. Czy Autor rozwiązał postawione zagadnienie? Czy użył do tego właściwych metod i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

W badaniach dotyczących właściwości niskosrebrowych kompozytowych stopów lutowniczych Autor przygotował wiele zestawów past lutowniczych bazujących na stopie SAC0307 zmodyfikowanych trzema różnymi dodatkami ceramicznymi (SiC, TiO_2, Al_2O_3 – każdy w dwóch różnych formach). Każdy z dodatków zastosowano w pięciu różnych stężeniach wagowych – 0,125 % wag., 0,25 % wag., 0,5 % wag., 0,75 % wag. i 1,0 % wag. W procesie montażu powierzchniowego połączenia lutownicze wykonano w piecu okresowym (o łagodnym, około dziesięciominutowym profilu temperaturowym) i w trzystrefowym piecu konwekcyjnym z pięciominutowym profilem temperaturowym. Następnie dla około 70 zestawów struktur testowych określono właściwości kompozytowych stopów lutowniczych, w tym ich wytrzymałość mechaniczną (przez pomiar siły ścinania), zwilżalność (przez pomiar powierzchni rozpływu) i temperaturę topnienia (przez wykorzystanie różnicowej kalorymetrii skaningowej).

Z kolei w następnym etapie badań jako struktury testowe wykorzystano tranzystory MOSFET przylutowane do płytek obwodów drukowanych z rdzeniem aluminiowym przy czym jako lutowia wykorzystane zostały niskosrebrowe stopy lutownicze z dodatkiem nanoproszków węglika krzemu, ditlenku tytanu lub tritlenku glinu w różnych stężeniach i o różnych kształtach cząstek. Proces montażu tranzystora do płytki MCPCB zrealizowano w piecu okresowym. Dla tak przygotowanych struktur dokonano pomiarów sumarycznej impedancji i rezystancji termicznej (sumaryczna rezystancja termiczna struktury testowej jest sumą rezystancji termicznej tranzystora, rezystancji termicznej połączenia lutowanego i rezystancji termicznej obwodu drukowanego), wielkości obszaru pustek lutowniczych w połączeniach lutowanych (w tym celu wykorzystano inspekcję rentgenowską) oraz obserwacji mikrostruktury połączeń lutowanych (przeprowadzono obserwacje zgładów metalograficznych za po-

mocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) i spektroskopii mas jonów wtórnych (SIMS); szczególnie ta druga technika jest rzadko spotykana w badaniach połączeń lutowanych).

Do badań parametrów termicznych tranzystorów IGBT struktury testowe wykonano na „klasycznych" laminatach epoksydowo-szklanych FR-4. Wykorzystane tranzystory IGBT znajdowały się w obudowach TO-263, takich samych jak wspomniane powyżej tranzystory MOSFET. W związku z tym topologia i wymiary planarne struktury testowej a także pasty lutownicze były identyczne z omówionymi wcześniej. Natomiast tym razem proces lutowania przeprowadzono aż w pięciu różnych urządzeniach technologicznych – piecu okresowym, trój- i czterostrefowym piecu konwekcyjnym, piecu do lutowania w parach nasyconych oraz stacji lutowniczej z gorącym powietrzem. Każde z nich charakteryzowało się nieco innym profilem temperaturowym. Tym razem mierzono sumaryczną impedancję i rezystancję termiczną, wielkości obszaru pustek lutowniczych w połączeniach lutowanych oraz obserwano mikrostrukturę połączeń za pomocą SEM.

Ostatni etap prac własnych Doktoranta obejmował opracowanie trójwymiarowych modeli symulacyjnych odpowiadających rzeczywistym próbkom testowym tranzystor MOSFET – podłoże MCPCB i tranzystor IGBT – podłoże FR-4. Właściwości termofizyczne wszystkich materiałów zostały zdefiniowane dzięki bibliotece materiałów dostępnych w oprogramowaniu ANSYS. Symulacje przeprowadzono wykorzystując metodę elementów skończonych (zapewne korzystając z oprogramowania ANSYS). Równolegle przygotowano struktury testowe jak najbliższe modelowi celem porównania wyników symulacji i pomiarów.

Działania te, prowadzone częściowo w innych ośrodkach (SBŁ-Instytutem Mikroelektroniki i Fotoniki, SBŁ-Krakowskim Instytutem Technologicznym i Department of Electronics Technology, Budapest University of Technology and Economics), pozwoliły Doktorantowi przeanalizować wpływ rodzaju i ilości nanoproszków ceramicznych SiC, TiO_2 lub Al_2O_3 oraz wpływ profilu temperaturowego procesu lutowania na mikrostrukturę połączeń lutowanych opartych na niskosrebrowych kompozytowych stopach lutowniczych, ich rezystancję termiczną oraz wytrzymałość mechaniczną. Tym samym Doktorant określił zależności między właściwościami zastosowanych materiałów lutowniczych i warunkami montażu tranzystorów MOSFET i IGBT odpowiednio na podłożach MCPCB lub FR-4 a mikrostrukturą połączeń lutowanych, ich rezystancją termiczną i wytrzymałością mechaniczną co prawdopodobnie było celem jego rozprawy doktorskiej. A zatem rozwiązał postawione zagadnienie używając do tego właściwych metod.

6. Na czym polega oryginalny dorobek Autora (najważniejsze osiągnięcia Autora) i jakie jest jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Przedstawioną do oceny rozprawę charakteryzuje szerokie spojrzenie na problemy montażu powierzchniowego tranzystorów mocy. Do najważniejszych osiągnięć Autora zaliczam wykazanie, iż:

1. Decydujący wpływ na właściwości połączeń lutowanych ma profil temperaturowy procesu lutowania.
2. Kluczowe znaczenie przy efektywnym odprowadzaniu ciepła z przylutowanego tranzystora ma ciągłość i jednorodność warstwy związków międzymetalicznych.
3. Umocnienia w postaci materiałów ceramicznych modyfikują mikrostrukturę połączenia lutowanego głównie przez rozdrobnienie ziaren cyny. Trzeba przy tym zauważyć, że koncentracja nano-

proszków umocnień wzrasta w górnej części połączenia lutowanego (swoista segregacja nanoproszków w ośrodku topiących się dużych ziaren stopu lutowniczego).

4. Dla określonych koncentracji dodatków kompozytowych można uzyskać poprawę właściwości cieplnych lub mechanicznych w porównaniu z właściwościami stopu referencyjnego.

5. Właściwie skalibrowane modele symulacyjne mogą pozwolić na prognozowanie parametrów termicznych połączeń i przez to zastąpić część uciążliwych i długotrwałych badań eksploatacyjnych.

Natomiast nie przekonał mnie Doktorant konkluzją, że rodzaj podłoża (laminat epoksydowo-szklany FR4 czy też płytka obwodu drukowanego z rdzeniem aluminiowym) w istotny sposób determinuje parametry cieplne całego układu. Już od ponad 30 lat na prowadzonych przeze mnie wykładach przekazuję studentom, że podłoże MCPCB charakteryzuje się mniej więcej dziesięciokrotnie większą przewodnością cieplną od laminatów epoksydowo-szklanych i tym samym zdolnością do wyrównywania temperatury na całej jego powierzchni, maksymalną temperaturą pracy ciągłej - 150°C a krótkotrwałej - 320°C, co pozwala na montaż termo- i ultrakompresyjny, odpornością na wilgotne gorąco stałe i dużą wytrzymałością mechaniczną. Dlatego znajdują one zastosowania przy produkcji:

- układów wymagających dobrego przewodnictwa cieplnego (wzmacniacze mocy, zasilacze, układy sterowania, regulatory i stabilizatory napięcia),
- układów o dużej zdolności do odprowadzania ciepła (w których konieczna jest kompensacja termiczna),
- układów, w których wymagana jest odporność na duże różnice temperatur, szoki termiczne i udary mechaniczne lub elektryczne (sprzęt lotniczy i rakietowy, układy elektroniki motoryzacyjnej – np. przerywacze, regulatory i urządzenia zapłonowe).

7. Jakie są wady i słabe strony rozprawy?

Podczas uważnej lektury rozprawy, oprócz przedstawionych powyżej jej zalet, nasunęło mi się kilka uwag i spostrzeżeń dyskusyjnych lub o charakterze krytycznym. Dotyczą one zarówno strony merytorycznej jak i formalnej rozprawy. Poniżej przytaczam usterki i wątpliwości, które powinny być wyjaśnione podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej:

a) Proszę o sprecyzowanie celu rozprawy oraz zadań, które prowadziły Autora do realizacji celu;

b) Na str. 15 Doktorant stwierdza *„Z powyższego równania (1.1) wynika, iż wzrost temperatury złącza o 8 – 10 °C powoduje dwukrotne skrócenie czasu życia elementu (Rys. 1.3). Dla przykładu wzrost temperatury złącza z 30 °C do 38 °C powoduje skrócenie czasu życia ze 100 000 do 50 000 godzin"*. Pojawia się tutaj kilka błędów merytorycznych. Po pierwsze, to nie z równania wynika wspomniane skrócenie czasu życia elementu lecz z wartości energii aktywacji procesu degradacji, a wartość ta nie została podana. Tymczasem uwzględniając zmiany w charakterystyce termicznej elementu elektronicznego wartość energii aktywacji uszkodzenia zmienia się w zależności od różnych mechanizmów uszkodzeń fizycznych i/lub chemicznych. Stąd też w obliczeniach współczynników przyspieszenia w celu określenia wartości energii aktywacji uszkodzeń należy stwierdzić jakie mechanizmy powodują uszkodzenie. Np. w artykule *Q. Wen, R. Zhai, G. Ji, T. Zhu, Z. Li, Y. Hue; Test Method and Application of High-Temperature Operating Life of Automobile Chips, Journal of Physics: Conference Series, vol.2447 (2023), art. ID 012003 (8 pp.)* znajduje się informacja, że energia aktywacji uszkodzeń związanych z montażem mieści się w zakresie od 0,5 do 0,7 eV. Po drugie, w wyrażeniu (1.1) występuje odwrotność temperatury złącza podawana

w kelwinach i to przy stałej wartości odwrotności temperatury złącza możemy obserwować stałą wartość współczynnika przyspieszenia. I po trzecie, jeżeli przy wzroście temperatury złącza z 30 °C do 38 °C obserwowane byłoby skrócenie czasu życia ze 100 000 do 50 000 godzin to takie złącze byłoby praktycznie bezużyteczne we współczesnych tranzystorach ze względu na bardzo wysoką usterkowość przy temperaturach złącza przekraczających 100 °C;

c) Podczas badań rezystancji termicznej tranzystorów MOSFET przylutowanych do płytek obwodów drukowanych z rdzeniem metalowym z wykorzystaniem niskosrebrowego stopu SAC0307 z nanoproszkami TiO_2, SiC lub Al_2O_3 (rozdz. 4.3.1, 4.4.1 i 4.5.1) wartość rezystancji termicznej połączeń zawierających wzmocnienia Doktorant odnosił do rezystancji termicznej połączeń referencyjnych, wykonanych za pomocą pasty SAC0307 i za znaczne uważał zmiany na poziomie 5-7 %. Tymczasem w badaniach połączeń zawierających SiC referencyjna rezystancja termiczna wynosiła 2,97 W/K, przy połączeniach z TiO_2 było to 3,17 W/K, zaś dla połączeń z Al_2O_3 – aż 3,75 W/K. Były to zatem różnice znacznie większe niż w obrębie poszczególnych nanoproszków, Jakie mogły być przyczyny tak wyraźnych różnic wartości referencyjnych rezystancji termicznej dla tego samego zestawu tranzystor, pasta lutownicza i podłoże?

d) Zarówno w badaniach właściwości połączeń tranzystorów MOSFET do podłoży MC PCB jak i przy dołączaniu tranzystorów IGBT do laminatów FR-4 na warstwie folii miedzianej znajdowała się warstwa ochronna HASL o grubości około 15 μm. Ani w rozdz. 4 ani w rozdz. 5 Doktorant nie wspomina jaki stop lutowniczy wykorzystano na tę powłokę. Ale w rozdz. 6 na rysunkach rys. 6.1(b) i 6.2, odnoszących się do przekroju modeli numerycznych, Doktorant wskazuje, że powłoka HASL została wykonana ze stopu SAC305. Jeżeli zatem powłoka HASL jest ze stopu SAC305 a właściwy stop lutowniczy to SAC0307 to z jakim materiałem mamy do czynienia w połączeniu? Czy podczas lutowania dochodzi do wymieszania obu tych stopów i pojawienia się nowego stopu o składzie będącym mieszaniną stopów SAC0307 i SAC305 i jakie mogą być dalsze konsekwencje tego wymieszania?

Zauważyłem także sporą liczbę usterek o mniejszym ciężarze gatunkowym, ale także wpływających na odbiór rozprawy:

a) Dlaczego w rozprawie doktorskiej przygotowanej w roku 2026 Autor wspomina o prognozach rynkowych na rok 2000 zamiast podać faktyczne udziały komponentów półprzewodnikowych w globalnym rynku urządzeń elektronicznych w tym czasie (str. 9);

b) Błędne jest stwierdzenie Doktoranta ze str. 28 iż prace badawcze nad opracowaniem bezołowiowych stopów lutowniczych pojawiły się wraz z wprowadzeniem dyrektywy RoHS w 2006 roku;

c) Proszę o rozwiniecie informacji ze str. 32, iż wybór dodatków SiC, TiO_2 i Al_2O_3 wynikał z ich unikalnych właściwości mechanicznych, termicznych oraz mikrostrukturalnych – jakie są te właściwości;

d) Przy badaniu zwilżalności pasta lutownicza była nadrukowywana w postaci kół a nie okręgów (str. 37);

e) Nie ma termopary Pt/Rh typu S – jest termopara Pt/PtRh typu S, a konkretnie jest to termopara Pt/PtRh 10% (str.41);

f) Na str. 73 Doktorant wspomina, że do dokładnej analizy mikrostrukturalnej połączeń lutowanych wykorzystano trzy techniki ale z nazwy wymienia tylko dwie – SEM i SIMS – a jaka była ta trzecia technika;

g) Węglik krzemu (SiC) nie jest pierwiastkiem lecz związkiem chemicznym (str. 74);
h) Podając składy stopów SAC305 i SAC0307 Autor nigdzie nie wyjaśnia o jakie % tutaj chodzi – wagowe, objętościowe, czy atomowe;
i) W kilku miejscach Doktorant podaje niewłaściwe skład stopu SAC0307 (jako Sn96,5Ag0,3Cu0,7 – str. 29 i 32 lub Sn99,3Ag0,3Cu0,7 – str. 61).

8. Czy autor wykazał się umiejętnością poprawnego i przekonywującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Oceniając organizację recenzowanego materiału stwierdzam, że układ rozprawy, jej struktura, podział treści i kolejność rozdziałów są w zasadzie prawidłowe. Piszę w zasadzie, gdyż brakuje mi założeń przyświecających realizacji rozprawy, sprecyzowanego jej celu oraz zestawu zadań prowadzących do realizacji postawionego celu. Natomiast badania własne wraz z analizą uzyskanych wyników, ujęte w rozdz. 3-6 zostały właściwie sformułowane w tekście. Rozprawa liczy 163 strony (w tym 70 rysunków, 10 tabel i 9 formuł matematycznych (brak wzorów o numerach (1.5) i (4.3)).

W rozprawie kolejno pojawia się streszczenie w języku polskim i angielskim, spis treści, wykaz istotnych oznaczeń i symboli, siedem rozdziałów merytorycznych, literatura i sylwetka autora. Bibliografia obejmuje łącznie 192 pozycje ściśle związane z tematyką poruszaną w rozprawie. W alfabetycznym spisie publikacji ujętych jest osiem prac współautorstwa mgra inż. Adriana Michała Pietruszki (pięć artykułów w czasopismach z listy filadelfijskiej i trzy referaty konferencyjne; w pięciu publikacjach Doktorant jest pierwszym autorem).

Autor starał się przedstawić swoje badania w sposób zrozumiały. Rysunki, schematy i tabele zostały wykonane starannie. Jednak w rozprawie można zauważyć sporą liczbę usterek natury redakcyjnej. Są one związane m.in. z:

- nadużywanie określenia „*w przypadku*" (około 130 razy), które może być zastąpione słowami „*w razie*", „*w sytuacji*", „*w wypadku*" „*dla*" lub „*przy*";
- nadużywaniem przyimków „*poprzez*", „*pomiędzy*" lub „*pomimo*" (łącznie około 50 razy) zamiast przyimków „*przez*", „*między*" lub „*mimo*" (generalnie „*pomiędzy*", „*poprzez*", „*pomimo*" bywają nadużywane kosztem przyimków „*między*", „*przez*", „*mimo*"; prawdopodobnie wynika to z nieświadomego założenia, że im dłuższy wyraz, tym mądrzejszy; tymczasem jeśli można coś powiedzieć krócej, to prawie na pewno warto tak zrobić);
- nadmiarowe stosowanie przymiotników „*wysoki*", „*wyższy*", „*niski*", „*niższy*" zamiast bardziej pasujących w odpowiednich kontekstach przymiotników „*duży*", „*większy*", „*mały*", „*mniejszy*" (łącznie około 60 razy);
- spora liczba błędów interpunkcyjnych (brak lub nadmiar przecinków), które prawdopodobnie są wynikiem stosowania przez Doktoranta niekiedy zbyt długich zdań;
- używanie słownictwa żargonowego (np. *pady* lub *soldermaska*);
- bardzo duża liczba słów z przestawionymi literami – naliczyłem około 25 takich słów a zapewne nie są to wszystkie;
- brak wyjaśnienia niektórych skrótów (np. HVDC - str.12, GNSs i CoGNSs – str. 56).

Nie wiem też, dlaczego w pracy przygotowanej w języku polskim na określenie procentu wagowego Doktorant konsekwentnie używał skrótu „*wt. %*" zamiast ogólnie przyjętego polskiego skrótu „*% wag.*". Chcę także zauważyć, że powszechnie stosowane w zagadnieniach niezawodności pojęcie

„*failure*" należy tłumaczyć w języku polskim jako „*uszkodzenie*", czyli niekorzystna zmiana w wyrobie, które powoduje ograniczenie poprawności jego działania (tzw. „*uszkodzenie parametryczne*") lub niemożność jego użytkowania (tzw. „*uszkodzenie katastroficzne*" czyli inaczej „*awaria*"). Natomiast Doktorant posługiwał się głównie terminem „*awaria*". Można spuentować tę sytuację, iż każda awaria jest skutkiem jakiegoś uszkodzenia, ale nie każde uszkodzenie natychmiast wywołuje awarię.

9. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

a) nie spełnia stawianych wymagań,

b) wymaga wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,

c) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy,

d) spełnia stawiane wymagania z nadmiarem,

e) zasługuje na wyróżnienie.

10. Wniosek końcowy

Przytoczone powyżej przeze mnie uwagi i zastrzeżenia, tak merytoryczne jak i natury redakcyjnej, mają charakter konstruktywny i między innymi powinny przyczynić się do większej precyzji kolejnych prac, których autorem będzie Doktorant. Oczywiście wpływają one na odbiór rozprawy, ale nie deprecjonują przedstawionych wcześniej wartości tej rozprawy, związanych z analizą wpływu rodzaju i ilości nanoproszków ceramicznych SiC, TiO_2 lub Al_2O_3 oraz profilu temperaturowego procesu lutowania na mikrostrukturę połączeń lutowanych opartych na niskosrebrowych kompozytowych stopach lutowniczych, ich rezystancję termiczną oraz wytrzymałość mechaniczną.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Adriana Michała Pietruszki „*Analiza wpływu warunków montażu powierzchniowego na parametry termiczne tranzystorów*" spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez aktualnie obowiązującą Ustawę, czyli w wystarczającym stopniu prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata, wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego pracy naukowej i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Dlatego wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.