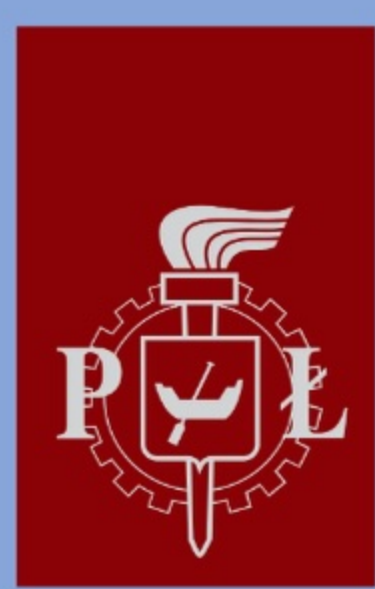




PROJEKT OKULARÓW OCHRONNYCH O PODWYŻSZONEJ ODPORNOŚCI NA ZARYSOWANIE Z WYKORZYSTANIEM CIENKICH WARSTW NANOSZONYCH METODĄ ALD

Autor: Małgorzata Cichowlas^{1,2}

Promotorzy: dr. hab Michał Puchalski, prof. PŁ², dr Małgorzata Okrasa¹

¹ Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Pracownia Ochron Oczu i Twarzy

² Politechnika Łódzka, Insytut Włókiennictwa

Wstęp

Okulary ochronne są jednym z najczęściej stosowanych środków ochrony osobistej. Znajdują zastosowanie w wielu sektorach gospodarki, w tym w przemyśle i usługach (m.in transport, medycyna). Najważniejszą cechą takich produktów powinna być ochrona przed czynnikami zewnętrznymi, takimi jak **uszkodzenia mechaniczne** czy różnego rodzaju **promieniowanie optyczne**. Innym istotnym aspektem jest wygoda i komfort użytkownika, co wymaga odpowiedniego wyboru materiału oraz dobrze zaprojektowanej konstrukcji dopasowanej do potrzeb potencjalnego użytkownika.

Materiały i metodyka

Materiałem badawczym, który został użyty w tej pracy jako materiał przezierny jest **poliwęglan** - popularne tworzywo stosowane do produkcji elementów przeziernych okularów ochronnych. Powierzchnia próbek z poliwęglanu została zmodyfikowana poprzez depozycję cienkich warstw **ditlenku tytanu (TiO₂) metodą ALD**. Proces był przeprowadzony w temperaturze 120 °C. Depozycję przeprowadzono w różnych ilościach cykli: **500, 1000, 1500 i 2000**, w celu uzyskania różnej grubości powłok (Rys. 1)

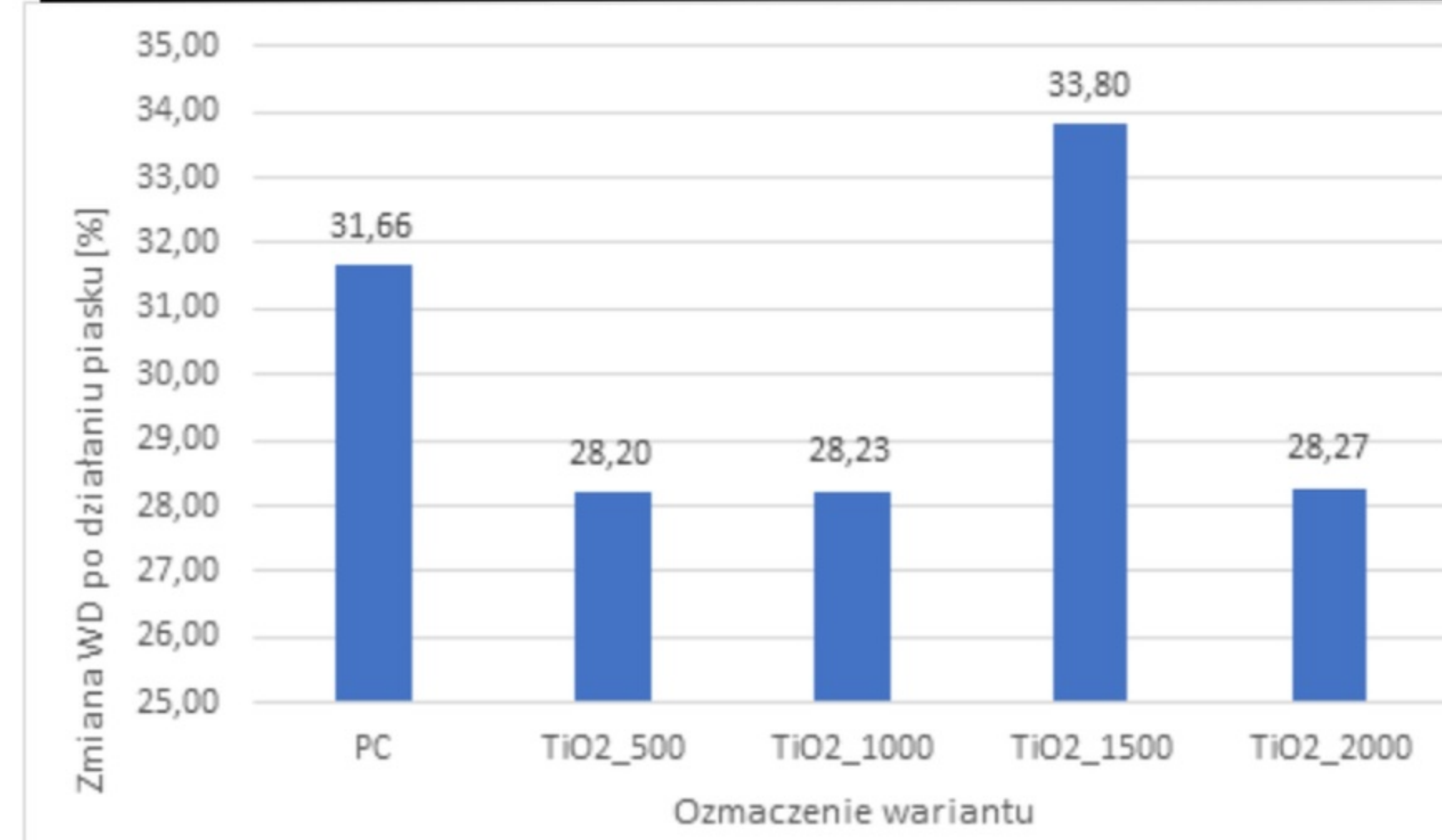


Rys. 1: a) Niemodyfikowany poliwęglan (PC), b) TiO₂@PC_500, c) TiO₂@PC_1000, d) TiO₂@PC_1500, e) TiO₂@PC_2000.

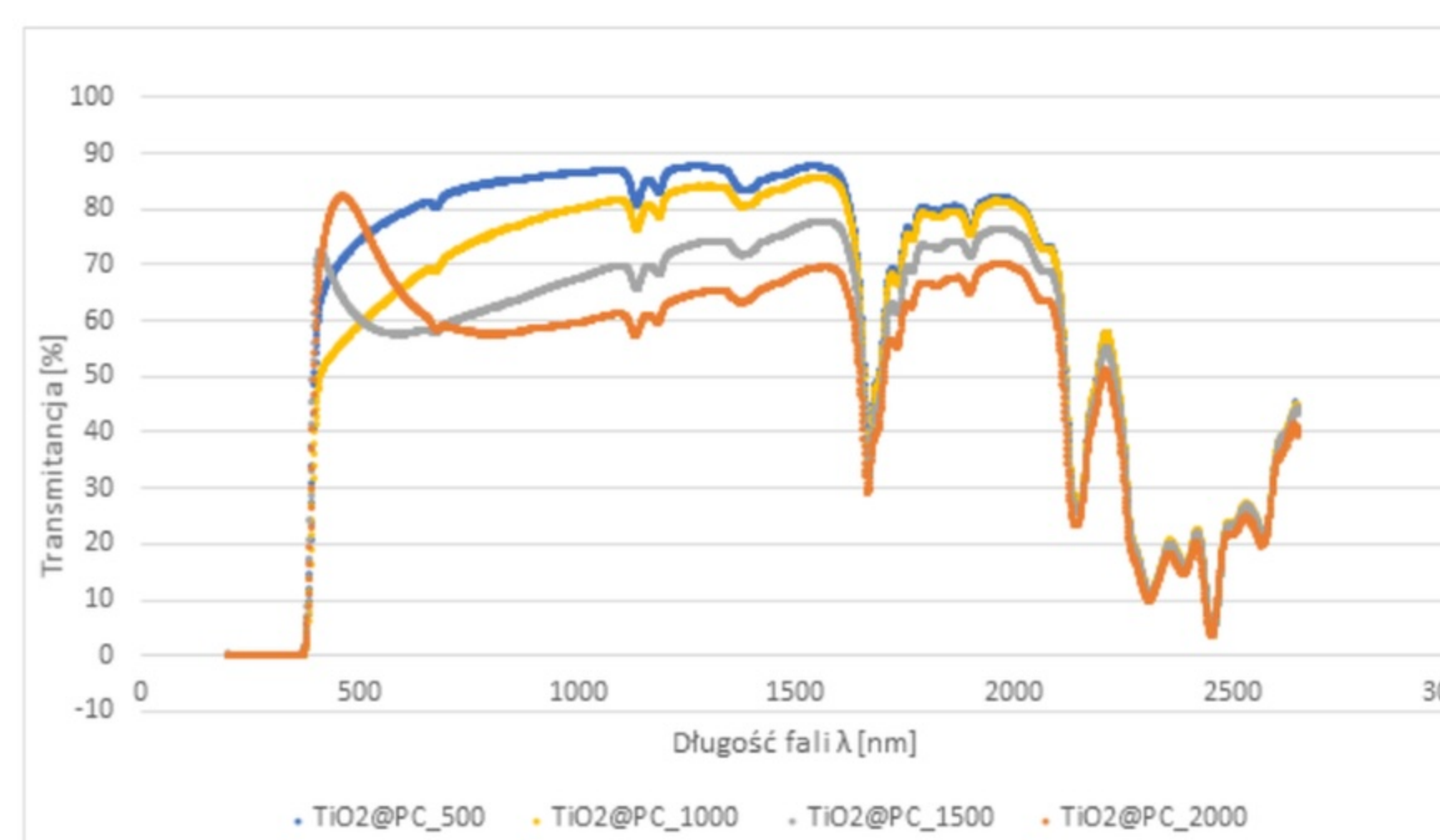
Przeprowadzono analizy:

- Charakterystyka powierzchni techniką SEM-EDS.
- Wyznaczanie grubości nanoszonych warstw.
- Wyznaczanie swobodnej energii powierzchni metodą sessile drop.
- Widmowe charakterystyki przepuszczania, rozproszenia i odbicia promieniowania optycznego.
- Badanie zredukowanego współczynnika rozproszenia światła.
- Badanie odporności na zarysowanie.

Wyniki



Rys. 2: Wykres zależności zmiany szerokokątnego rozproszenia światła po działaniu spadającego piasku w zależności od przebadanego wariantu.



Rys. 3: Wykres przedstawiający porównanie uśrednionych widm w zakresie UV, widzialnym i podczerwieni.

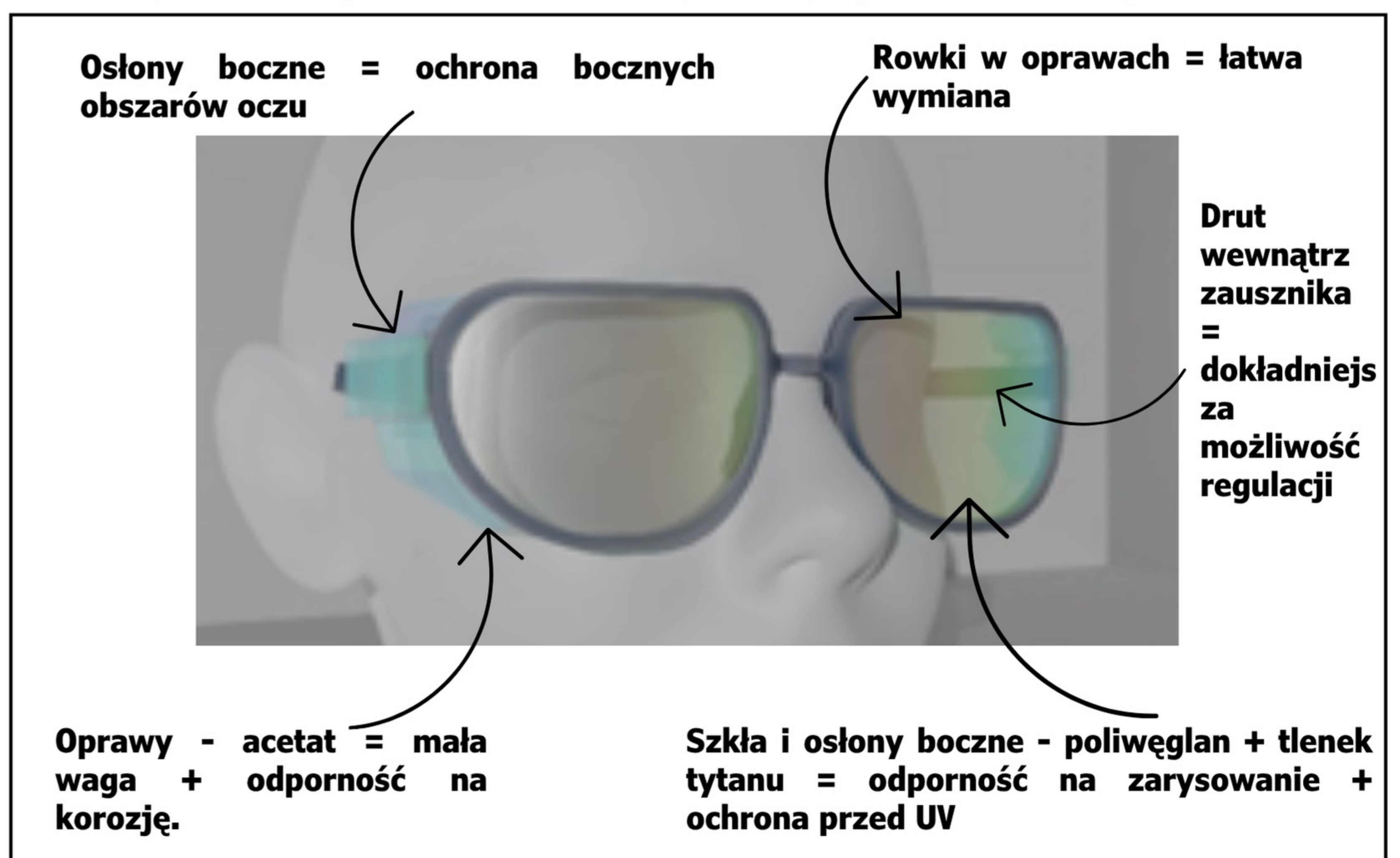
Wyniki badania odporności na zarysowanie zostały przedstawione na wykresie (Rys. 2). Największą różnicę zaobserwowano przy 1500 cyklach naniesienia warstwy. Najmniejsza różnica została zaobserwowana przy wariacie z 500 cyklami. Wraz ze wzrostem ilości cykli maleje różnica szerokokątnego rozproszenia po działaniu spadającego piasku. **Potwierdza to zdolności tlenku tytanu do zwiększania odporności na zarysowania poliwęglanu.**

Na wykresie (Rys. 3) zestawiono widma wszystkich wariantów grubości powłok. Na jego podstawie możemy zaobserwować, że wartość współczynnika przepuszczania światła maleje wraz ze wzrostem ilości cykli depozycji tlenku tytanu.

Wyniki badań opublikowano w **artykule naukowym** (kod QR).



Na rysunku poniżej (Rys. 4) została przedstawiona wizualizacja okularów ochronnych wraz z przedstawieniem najważniejszych cech budowy.



Rys. 4: Plansza prezentacyjna przedstawiająca budowę okularów ochronnych o podwyższonej odporności na zarysowanie. Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie i wnioski

Po przeanalizowaniu wszystkich przeprowadzonych badań najlepszym wariantem do wykorzystania w tej pracy okazał się wariant **500 cykli depozycji tlenku tytanu**. Charakteryzuje się on najmniejszą energią powierzchniową, najmniejszym współczynnikiem przepuszczania światła oraz najmniejszą zmianą szerokokątnego rozproszenia światła po działaniu spadającego piasku. Uzyskane wyniki z badania odporności na uszkodzenia powierzchni przez drobne cząstki pozwoliły stwierdzić, że tlenek tytanu po depozycji 500, 1000 i 2000 przyczynia się do polepszenia właściwości materiału pod kątem uzyskania podwyższonej odporności na zarysowanie.

Stwierdzono, że zastosowanie cienkowarstwowych powłok funkcjonalnych nanoszonych metodą ALD może znacząco **poprawić właściwości użytkowe powierzchni poliwęglanu**, w tym **odporność na zarysowania bez pogorszenia właściwości optycznych**. Integracja badań materiałowych z procesem projektowym pozwoliła stworzyć nowoczesny, funkcjonalny i estetyczny produkt o dużym potencjale aplikacyjnym (Rys. 4).

Podczas badań zostały zaobserwowane zdolności odbicia światła tlenku tytanu naniesionego na próbki poliwęglanu, które mogą zostać wykorzystane w późniejszych pracach, np. przy projektowaniu **okularów chroniących przed światłem lasera**.