

Dariusz GLOGER\*

## KONCEPCJA BUDOWY MIKROFONU LASEROWEGO

W pracy zaprezentowano wstępne rezultaty funkcjonowania opracowanego układu mikrofonu laserowego. Opisano zastosowane do jego budowy elementy oraz wyjaśniono zasadę działania układu. Następnie przedstawiono wykonany model urządzenia i przeprowadzono próbę jego działania. Zamieszczono otrzymane wyniki.

### 1. WPROWADZENIE

Technikę używania wiązki światła do zdalnego nagrywania dźwięku prawdopodobnie zapoczątkował Léon Theremin w Związku Radzieckim w 1947 lub wcześniej, kiedy to rozwinął system szpiegowski Buran. System ten wykorzystywał wiązkę podczerwieni niewielkiej mocy (jeszcze nie laser), aby wykrywać wibracje pojawiające się na szklanym oknie powodowane przez dźwięk. Systemy te były wykorzystywane przez KGB do podsłuchu ambasad Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii oraz Francji znajdujących się w Moskwie [1].

Mikrofon laserowy to przetwornik optoelektroniczny służący w skrócie do przetwarzania fal dźwiękowych w postaci światła na sygnał elektryczny. Najczęściej znacznie różni się co do wielkości od reszty tradycyjnych mikrofonów (np. dynamicznych i pojemnościowych), ponieważ nie zawiera się w żadnej obudowie i może działać na dosyć duże odległości ze względu na nietypową konstrukcję. Z tego też powodu bardziej powinno się go rozpatrywać jako układ, który jest tym większy, im większa jest odległość emitera promieniowania i detektora od źródła rejestrowanego dźwięku.

Głównym celem niniejszego artykułu jest prezentacja wstępnych rezultatów funkcjonowania opracowanego układu mikrofonu laserowego. Opisano każdy z zastosowanych elementów i przedstawiono zasadę działania całego układu. Wykonano model urządzenia, za pomocą którego zarejestrowano dźwięk w postaci cyfrowej, a otrzymane próbki sygnału zaprezentowano w postaci wykresu amplitudy w funkcji czasu i poddano wstępnej ocenie.

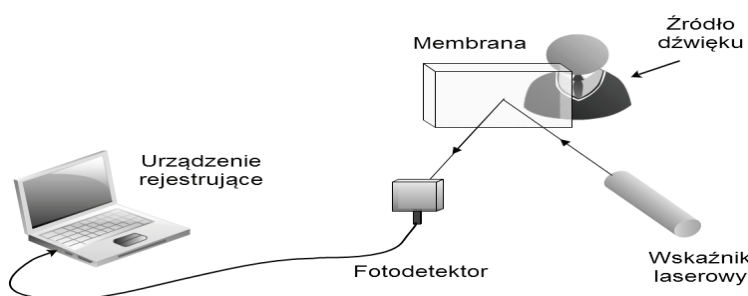
### 2. KONSTRUKCJA I ZASADA DZIAŁANIA UKŁADU

Na rys. 1 przedstawiono koncepcję modelu układu mikrofonu laserowego. Wykorzystano: wskaźnik laserowy, membranę, fotodetektor i urządzenie

---

\* Politechnika Poznańska.

rejestrujące. Źródło dźwięku powinno znajdować się za membraną, może to być np. osoba czytająca na głos określony tekst.



Rys. 1. Schemat ilustrujący koncepcję modelu układu mikrofonu laserowego

Zasada działania opracowanego układu opiera się na przenoszeniu informacji dźwiękowej za pomocą modulowanego światła laserowego, które jest następnie przetwarzane na sygnał audio. Kiedy sygnał dźwiękowy dociera do membrany, wprawia ją w drgania, a wtedy parametry odbitej wiązki promieniowania emitowanego przez laser zmieniają się oświetlając odpowiednią powierzchnię światłoczułą fotodetektora. W ten sposób na wyjściu fotodetektora pojawia się zmieniający się sygnał napięcia o wartości proporcjonalnej do natężenia padającego promieniowania [2]. Sygnał ten odwzorowuje dźwięk, dlatego nazywamy go sygnałem audio. Przyjmuje się, że sygnały audio to sygnały o częstotliwościach słyszalnych przez człowieka, a zatem mieszczących się w zakresie od 20 Hz do 20 kHz.

### 3. ZAPROJEKTOWANY MODEL URZĄDZENIA

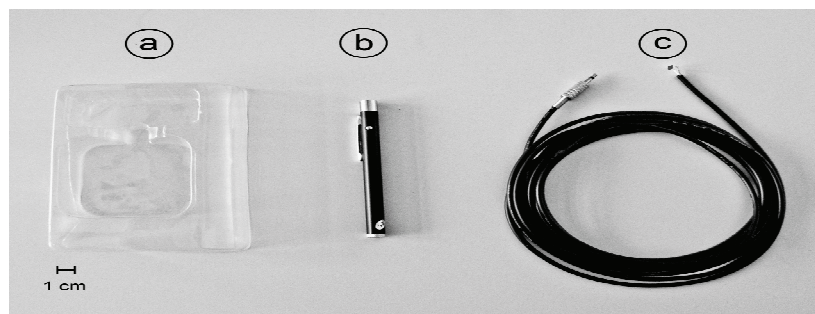
W tym rozdziale opisano zaprojektowany model układu mikrofonu laserowego oraz użyte do jego budowy elementy i podzespoły potrzebne do prawidłowego działania.

#### 3.1. Zastosowane podzespoły

Zdjęcie zastosowanych podzespołów przedstawiono na rys. 2, gdzie wyróżniono trzy podstawowe elementy oznaczone odpowiednio literami a, b, c:

- a) membrana, czyli ekran odbijający, jest wykonana z cienkiego, przezroczystego i odbijającego tworzywa sztucznego o dobrych właściwościach sprężystych. Wartość współczynnika odbicia tego materiału nie jest dokładnie określona, ale należy sądzić, że jest wystarczająco duża dla rozpatrywanego układu, pomimo że większość wiązki światła laserowego przenika przez membranę;

- b) wskaźnik laserowy o mocy promienistej 1 mW, który emituje światło czerwone o długości fali mieszczącej się w zakresie (650-670) nm. Jest to standardowy, powszechnie stosowany wskaźnik do prezentacji multimedialnych;
- c) fotodetektor, którym jest fotodioda BPW34. Ma ona dużą powierzchnię światłoczułą o polu  $7,5 \text{ mm}^2$ , charakteryzują ją: szybki czas reakcji, szeroki kąt detekcji  $\varphi = \pm 65^\circ$  oraz wystarczająco duża czułość na fale o długości od 600 do 1050 nm [3]. Fotodioda została spolaryzowana w kierunku zaporowym.



Rys. 2. Podstawowe elementy wykorzystane do budowy mikrofonu laserowego: a) membrana, b) wskaźnik laserowy, c) fotodetektor

### 3.2. Model układu mikrofonu laserowego

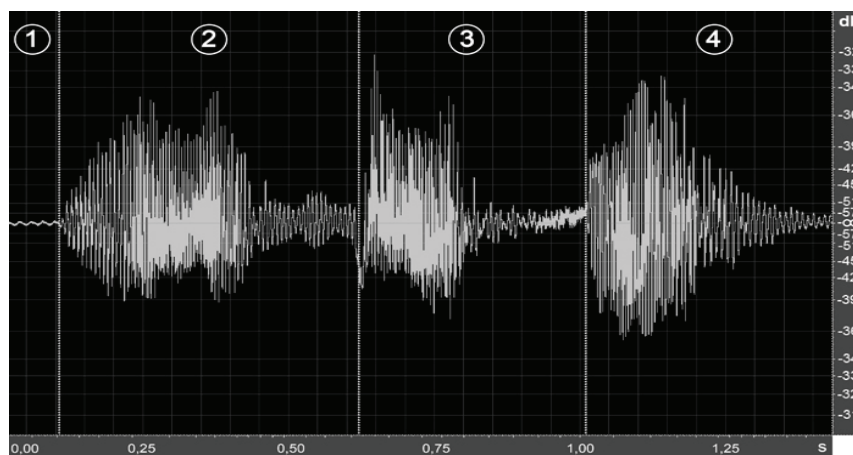
Widok wykonanego zestawu układu mikrofonu laserowego przedstawiono na rys. 3. Widoczne są przedstawione wcześniej na rys. 2 elementy a, b i c oraz ich wzajemne położenie względem siebie. Literą "d" oznaczono urządzenie rejestrujące, którego rolę pełni laptop z wbudowaną kartą dźwiękową wyposażoną w wejście mikrofonowe.



Rys. 3 . Widok wykorzystanego w badaniach układu mikrofonu laserowego: a) membrana, b) wskaźnik laserowy, c) fotodetektor, d) urządzenie rejestrujące

#### 4. REJESTRACJA DŹWIĘKU I JEJ WSTĘPNE REZULTATY

Pomieszczenie, w którym dokonywano rejestracji dźwięku, ma dobre warunki akustyczne, tzn. nie występują zewnętrzne czynniki zakłócające w postaci hałasu oraz słyszalnych szumów akustycznych. Podczas przeprowadzania badań zaleca się również wyeliminowanie wszystkich niepotrzebnych źródeł światła w celu zminimalizowania wprowadzanych przez nie zakłóceń do toru sygnałowego. Dotyczy to głównie fotodetektora, który działa w zakresie promieniowania widzialnego i mógłby rejestrować dodatkowe szумы lub pogorszyć transmisję sygnału. Wskaźnik laserowy i fotodetektor znajdują się w odległości około 1 m od membrany (rys. 3). Podczas eksperymentu wskaźnik laserowy jest stale załączony i "nacelowany" na membranę pod odpowiednim kątem, tak aby odbite promieniowanie docierało do powierzchni światłoczułej fotodetektora. Fotodetektor połączono przewodem o długości 4 m z wejściem mikrofonowym urządzenia rejestrującego, na którym uruchomiona jest aplikacja służąca do rejestracji sygnałów audio. Za membraną, w odległości około 20 cm, umieszczone jest źródło dźwięku. Po spełnieniu tych warunków można rozpocząć procedurę nagrywania. Rys. 4 przedstawia wykres amplitudy otrzymanego sygnału w funkcji czasu. Względna wartość amplitudy sygnału jest mierzona w dB. Wykres na rys. 4 podzielono na cztery obszary, w których zaczynając od drugiego zarejestrowano kolejno trzy słowa: "raz", "dwa", "trzy".



Rys. 4. Wykres amplitudy zarejestrowanej próbki sygnału w funkcji czasu

W obszarze pierwszym, kiedy źródło nie emituje jeszcze żadnego dźwięku, amplituda sygnału wynosi -68,02 dB. Wynik tego pomiaru jest stosunkowo dobry i przyjmujemy, że takie jest tło akustyczne w pomieszczeniu lub są to szумы własne układu. Przyjmujemy, że jest to najmniejszy poziom zarejestrowanego

sygnału. W kolejnych segmentach wykresu poziom sygnału waha się, ale można z niego odczytać, że największy poziom sygnału wynosi -32,12 dB. Różnica pomiędzy dźwiękiem najcichszym, a najgłośniejszym to efekt dynamiki sygnału, która wynosi tutaj około 30 dB. Jest to wynik dobry, mając na względzie nietypową jak na mikrofon konstrukcję układu.

## 5. PODSUMOWANIE

Głównym celem artykułu jest zaprezentowanie wstępnych rezultatów funkcjonowania opracowanego układu mikrofonu laserowego. Omówiono zasadę działania i wyszczególniono wykorzystane do budowy elementy. Wykonany model układu mikrofonu laserowego stanowi ciekawą alternatywę dla tradycyjnych mikrofonów i dobrą bazę do dalszych prac. W ocenie autora jakość otrzymanego sygnału jest zadowalająca i pomimo występujących szumów w tle wystarcza do pełnego zrozumienia treści dokonanych nagrań. Planowane dalsze prace będą miały na celu przeprowadzenie serii szczegółowych porównawczych badań eksperymentalnych.

## LITERATURA

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Laser\\_microphone](http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_microphone)
- [2] Matsumoto, M., Abe, T., Hashimoto, S., *Noise reduction combining microphones and laser listening devices*, IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 5-8 Aug. 2008.
- [3] Dokumentacja techniczna fotodiody BPW34 firmy Vishay.

## CONCEPT OF A LASER MICROPHONE DESIGN

In this paper a constructional solution of a laser microphone circuit is presented. The elements applied in its structure are described, and the principles of operation of the circuit are explained. Subsequently, an actual model of the device is presented and a test of its performance is carried out. The preliminary results obtained in the experiment are included.