

# **Jedno-pikselowa kamera multispektralna UV-VIS-IR**

**Projekt zgłoszony do Rezerwowej Puli na Projekty Naukowe 2019 przez  
Studencki Oddział SPIE PW**

## **1. Wstęp**

Celem projektu jest budowa układu laboratoryjnego jedno-pikselowej kamery pozwalającej na rejestrację obrazu w szerokim zakresie spektralnym (UV-A, VIS i NIR, zakres długości fali od ok. 350 nm do 1100 nm).

## **2. Podstawy teoretyczne**

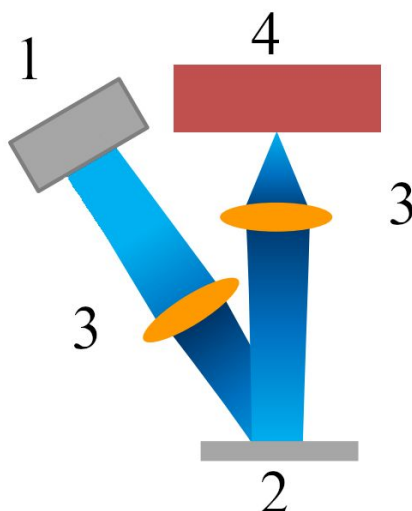
Obrazowanie jedno-pikselowe w najprostszym wydaniu opiera się na dwuelementowej architekturze - modulatorze przestrzennym światła i detektorze jednoelementowym/jednopunktowym. Światło pochodzące ze sceny jest modulowane, a następnie rejestrowane na detektorze. Dzięki znajomości zadanych wzorów/masek modulacji oraz rejestracji wartości natężenia, jesteśmy w stanie, wykorzystując operacje matematyczne, odtworzyć obraz sceny.

Zaletą takiego podejścia jest możliwość obrazowania w zakresach spektralnych w których matryce pikseli są albo drogie, albo wręcz niedostępne.

Algorytmy rekonstruujące opierają się na tzw. matematyce oszczędnego próbkowania (ang. compressed sensing) [1]. W zależności od użytych masek zadawanych na modulatorze i podejścia do rekonstrukcji, możliwe jest obecnie osiągnięcie prędkości odzyskiwania obrazów na poziomie ok. 20-25 Hz [2].

### 3. Układ

W projekcie wykorzystany zostanie następujący układ:



Rys. 1 Układ kamery jedno-pikselowej (częściowo oparte na [2])

- 1 - obiekt
- 2 - matryca mikrozwierciadeł (DMD)
- 3 - soczewka
- 4 - fotodioda

Światło odbite (zapewniane w scenie sztucznie i/lub naturalnie) od obiektu 1 ogniskowane jest na modulatorze 2 soczewką 3. Mikrozwierciadła modulatora ustawiane są kątoowo w zależności od wykorzystywanej maski w stanach 0 (odbijania poza układ), lub 1 (odbijania w stronę detektora). Tak zmodulowany obraz jest następnie skupiany na detektorze drugą soczewką. Zarejestrowana intensywność światła jest czytywana poprzez przetwornik A/C, a następnie przeprowadzana jest numeryczna rekonstrukcja obrazu sceny.

Wykorzystując filtr spektralny przed pierwszą, lub przed drugą soczewką możliwe jest ograniczenie rejestrowanego obrazu do wybranej długości fali. Dla znacząco różnych długości fali wymagana jest zmiana położenia soczewek względem kolejnych elementów (modulatora, detektora), z uwagi na aberracje chromatyczne soczewek. To przeogniskowanie zapewnione będzie poprzez justowalne uchwyty soczewek.

### 4. Zastosowania

W związku z szerokim zakresem spektralnym, urządzenie tego typu może mieć różnorodne zastosowania, od badania wycieków gazów które są nieprzepuszczalne dla światła podczerwonego w wykorzystanym zakresie spektralnym (np. metanu), poprzez obrazowanie kompresyjne (wprowadzane sprzętowo a nie software-owo) w zakresie widzialnym, aż po

identyfikację materiałów z wykorzystaniem zakresu UV (np. protez dentystycznych, śladów butów na niektórych powierzchniach).

## **5. Plany dalszego rozwoju**

Po zbudowaniu i potwierdzeniu poprawnego działania układu laboratoryjnego planowane są następujące kierunki rozwoju:

- udoskonalenie algorytmów rekonstrukcji, uzyskanie płynnego obrazu,
- zapewnienie pracy w warunkach oświetlenia dziennego,
- automatyzacja ogniskowania dla różnych długości fali,
- częściowa achromatyzacja elementów refrakcyjnych urządzenia, w celu minimalizacji aberracji chromatycznych,
- integracja systemów FGPA realizujących rekonstrukcję obrazu w celu usprawnienia przetwarzania obrazu i uwolnienia kamery od zewnętrznego układu obliczeniowego.

## **6. Źródła**

[1] *Edgar, Matthew & Gibson, Graham & Padgett, Miles. (2018). Principles and prospects for single-pixel imaging. Nature Photonics. 10.1038/s41566-018-0300-7.*

[2] *Florian Rousset. Single-pixel Imaging: development and applications of adaptive methods. Signal and Image Processing. Université de Lyon; Politecnico di Milano, 2017. English. fftel-01717619f*