



Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут аерокосмічних технологій

Кафедра систем керування літальними апаратами

# Тема дисертації

## «Розробка та дослідження ультрафіолетового піко- поляриметра»»

Науковий керівник дисертації

Збруцький Олександр Васильович

д.т.н., професор



# Мета дослідження

**Метою проекту** є створення структурної та функціональної схем приладу, розрахунок електричного блоку УФП та створення наземного макету для проведення випробувань в лабораторних умовах.

Для дослідження стану озонового шару Землі планується наступний космічний експеримент.

За допомогою УФП, який буде встановлено на борту піко супутника, систематично, в кожний з його обертів навколо Землі, виконувати вимірювання поляризаційних компонентів дифузійно-відбитого атмосферного сонячного випромінювання. Такі дані можна отримати за допомогою космічного УФП, який працює у діапазоні хвиль 230–350нм.



# Обґрунтування теми магістерської дисертації

**Актуальність** даної теми полягає в наступному: стратосферний аерозоль є фактором, що визначає формування глобального клімату.

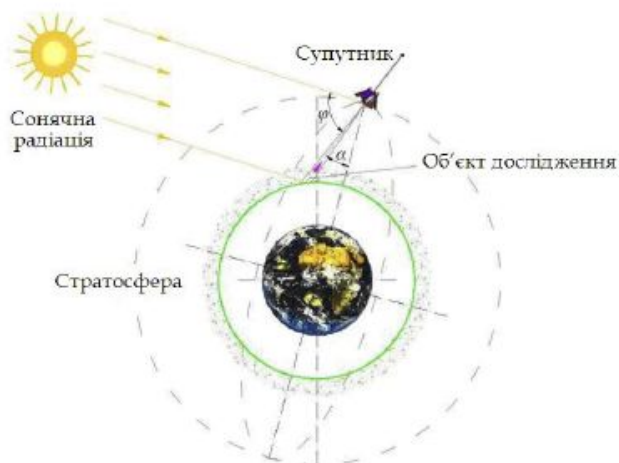
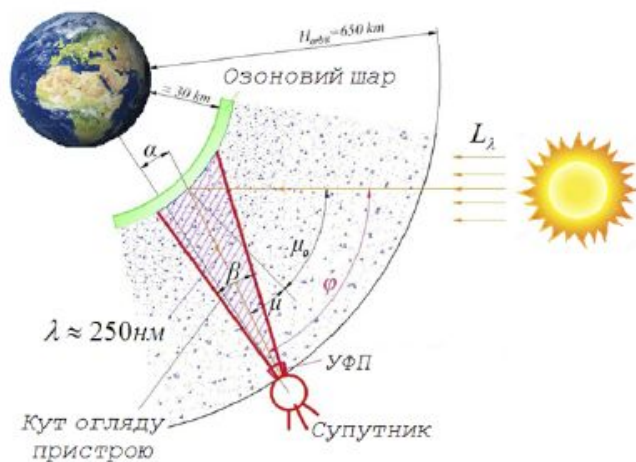
Зміна погоди і клімату на Землі залежить від температурного балансу планети, тобто від випромінювання, що надходить від Сонця та відбивається Землею у космічний простір. Особливе місце в атмосфері займає стратосфера та її озоновий шар, який захищає Землю від жорсткого ультрафіолетового випромінювання. Дослідження озонового шару Землі необхідне для прогнозування екологічної катастрофи.

Дослідження такого типу вже виконувались за допомогою стаціонарних наземних поляриметрів. Їх недоліком є похибки, що виникають через земну атмосферу – саме тому необхідно дослідити озоновий шар із космосу – дані такого експерименту будуть більш «чисті».

Даний проект виконується сумісно з ГАО НАНУ та ІКД.



# Схема наукового експерименту



$\varphi$  - фазовий кут  
 $\beta$  - кут поля зору  
 $\alpha$  - кут відхилення осі поля зору від надиру  
 $\mu_0$  - кут падіння  
 $\mu$  - кут відбиття  
 $L_\lambda$  - випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda$



# Нові наукові та технічні результати

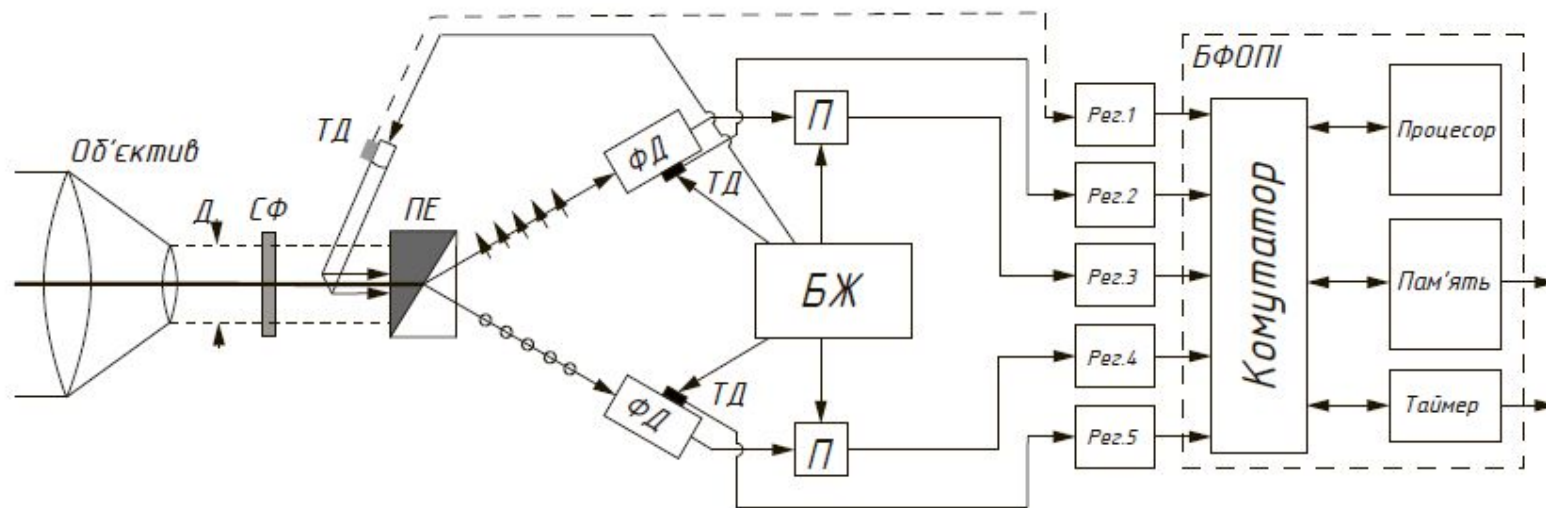
## Нові наукові та технічні результати.

Новими науковими результатами є розробка та технологія отримання наступних даних за допомогою УФП: коефіцієнт поляризації, розміри часточок, напрямок вектора поляризації.

Дані отримані за таким космічним експериментом дозволять проаналізувати наявність аерозольної компоненти, що впливає на зміну озонового шару Землі. Такий УФП може бути встановлений на борту супутника КПІ та КБ «Південне».



# Структурна схема



- Д* – діафрагма
- СФ* – світлофільтр
- ТД* – термодатчик
- ПЕ* – поляризаційний елемент
- ФД* – фотодіод
- П* – підсилювач
- БЖ* – блок живлення
- БФОПІ* – блок формування, обробки та передачі інформації

$$k_{ВП} = 1,11 \cdot 10^{-8} \frac{A \cdot m^2}{Вт}$$

$$k_{ВЛ} = 2,5 \cdot 10^6 \frac{В}{А}$$

$$k_{ИП} = 1,8$$



# Структурна схема

**Структурна схема.** В загальному вигляді УФП планується доповнити наступними елементами:

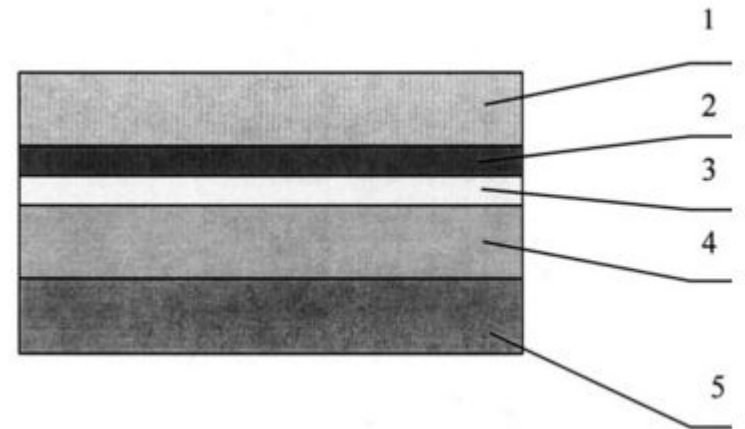
- оптична частина (діафрагма, лінзи, призма Воластона, світлофільтри);
- блок реєстрації корисного сигналу та обробки отриманої інформації (фотоелектричні приймачі (фотодіоди), датчики температури і тиску, частото вимірювач (блок корекції сигналів), АЦП, управління УФП (бортовий обчислювач));
- блок передачі інформації на Землю (кодер, радіопередавач, радіоканал, інше).

Вхідною величиною для всього приладу і для його оптичної частини, як первинного перетворювача є УФ випромінювання. За умовами технічного завдання функція перетворення повинна бути лінійною. Вимірюваною величиною є інтенсивність світлового потоку випромінювання  $I$  [Вт/м<sup>2</sup>], що є вихідною величиною оптичної частини приладу. Вихідним сигналом датчика повинна бути напруга від 0 до 5В, який після обробки перетворюється у значення поляризації від 0 до 100%.



# Термозахист

- Матеріал має наступну структуру (ззовні всередину):
- 1 - зовнішній облицювальний шар;
- 2 - комбіновані електропровідні нитки;
- 3 - полімерні нитки;
- 4 - термопластичний шар;
- 5 - металізована підкладка.





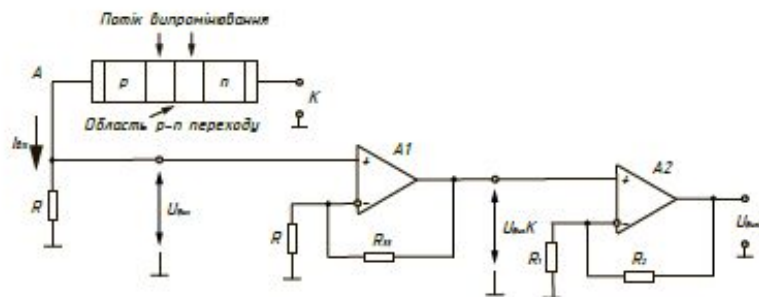
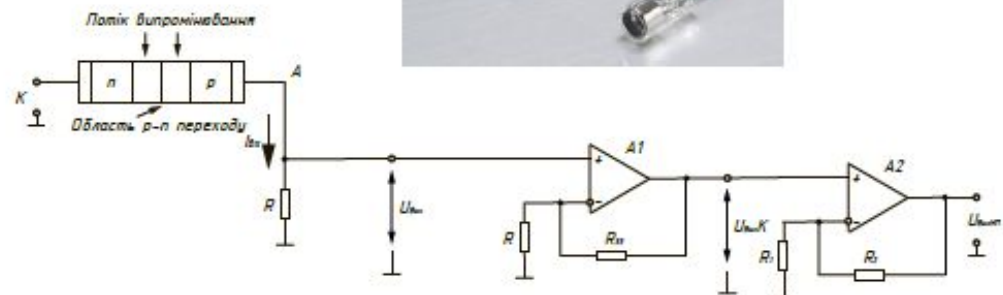
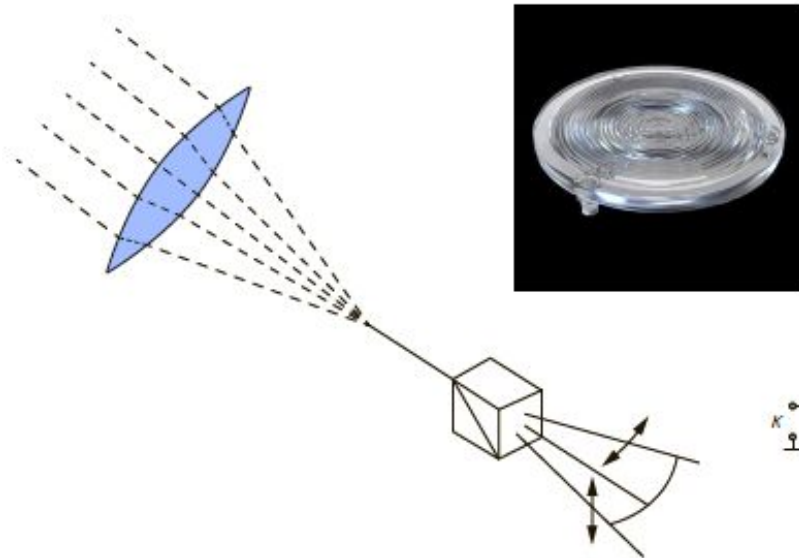


# Термозахист

Через екстремально-низьку температуру зовнішнього середовища використовувати термодатчики, та корегувати вихідні дані у відповідності з їхніми показами є недоцільним – похибки у вимірюванні наднизьких температур і неточність температурних коефіцієнтів для наднизьких температур усіх датчиків сумарно дадуть неприпустимо велику похибку результатів вимірювання. Конструктивно простіше зробити термостійкий корпус для приладу – температура всередині залишатиметься постійною і вихідні дані пристрою матимуть припустиму похибку вимірювань.



# Функціональна схема





# Функціональна схема

Зображена функціональна схема приладу, у відповідності до якої і функціонує прилад. Використовується двоканальна схема, що не має рухомих частин.

Поляризоване УФ світло поступає на вхід оптичної частини УФП, де розкладається на два пучка УФ світла, які потрапляють на вторинний перетворювач - фотодіод.

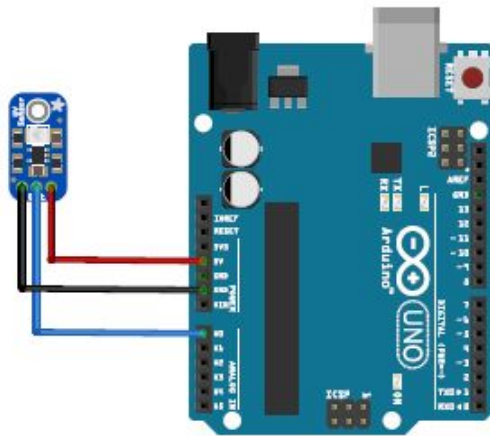
Фотодіоди працюють у генераторному режимі і є, по суті, джерелами струму у вимірювальному ланцюзі.

Вимірювальний ланцюг, що побудований на схемі з операційними підсилювачами, дає на виході напругу пропорційну енергії світла, що потрапляє на фотодіод.

Нормуючий перетворювач приводить вихідну напругу до значень від 0 до 5В.



# Лабораторний стенд



## Лістинг програми

```

unsigned int analogInput = A0; // номер порта ARDUINO
float Polar = 0; // вхідна напруга

void setup()
{
  serial.begin(9600); //встановлюємо швидкість передачі даних
}

void loop()
{
  Polar = float(analogRead(analogInput))/10.23;
  // напруга на аналоговому вході (0-5В) перетворюється в значення 0-1023
  // опорна напруга analogRead = 5В перетворюється в значення 1023
  // помножимо на 5 (значення опорної напруги), помножимо на 20, щоб
  // отримати значення поляризації у відсотках, ділимо на 1023
  Serial.print("Polar= "); // виводимо напис Polar=
  Serial.print(Polar); // виводимо значення поляризації
  Serial.println("%"); // виводимо знак %, кінець рядка
  delay(1000); // час, через який йде зчитування даних
}
  
```

## Результати вимірювань

Polar= 0.00%	Polar= 4.40%	Polar= 10.56%	Polar= 24.63%
Polar= 0.00%	Polar= 4.40%	Polar= 10.17%	Polar= 23.17%
Polar= 0.00%	Polar= 4.59%	Polar= 10.17%	Polar= 20.82%
Polar= 0.00%	Polar= 4.20%	Polar= 11.44%	Polar= 11.44%
Polar= 0.29%	Polar= 5.47%	Polar= 15.64%	Polar= 15.35%
Polar= 2.25%	Polar= 7.72%	Polar= 21.70%	Polar= 18.18%
Polar= 3.03%	Polar= 7.92%	Polar= 23.95%	Polar= 16.52%
Polar= 3.13%	Polar= 8.21%	Polar= 24.83%	Polar= 12.81%
Polar= 3.81%	Polar= 8.70%	Polar= 24.63%	Polar= 4.69%
Polar= 4.01%	Polar= 8.80%	Polar= 24.24%	Polar= 1.37%
Polar= 4.30%	Polar= 9.19%	Polar= 24.73%	Polar= 0.59%
Polar= 4.40%	Polar= 9.29%	Polar= 24.54%	Polar= 0.10%
Polar= 4.11%	Polar= 8.99%	Polar= 23.85%	Polar= 0.00%
Polar= 4.40%	Polar= 9.58%	Polar= 23.17%	Polar= 0.00%
Polar= 4.11%	Polar= 9.78%	Polar= 22.97%	Polar= 0.00%



# Лабораторний стенд

Представлено лабораторний стенд зі схемою підключення фотодіода до плати Arduino Uno та результати випробувань

Також тут зображений алгоритм обробки вихідних даних датчика, та лістинг коду програми, який реалізує даний алгоритм.

Програма працює наступним чином: вихідна напруга вимірюється за допомогою плати Arduino Uno. Пропорційний напрузі аналоговий вихідний сигнал в діапазоні від 0 до 1023 перетворюється у значення поляризації у відсотках. Ці значення виводяться на екран кожну секунду.



# Практичне значення

**Практичне значення.** У результаті проведеної роботи був розроблений лабораторний стенд блоку електричної частини УФП на основі ультрафіолетового фотодіоду, також були розроблені структурна та функціональна схеми приладу. Розрахунковим шляхом обґрунтовано працездатність конструкції.

Розроблений алгоритм обробки результатів вимірювання дозволить визначити ступінь поляризації стратосферного озону, а отримані результати – оцінити стан озонового шару Землі, тим самим вирішити задачу прогнозування екологічної катастрофи.

Також ці дані можуть бути застосовані в подальших розробках КПІ, КБ “Південне” та ГАО НАНУ.



*Дякую за увагу!*

