

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Разработка волоконно-оптического пожарного извещателя окиси углерода и дыма

Выполнил студент гр. 2635М Мосенцов С.Н.

Руководитель: доцент, к.т.н. Москалец О.Д.

входящих в сенсор.

- Теоретическое обоснование принципов работы, проектирование и расчет структурных элементов,



Задачи

- Исследовать механизм взаимодействия частиц дыма и оксида углерода с лазерным излучением;
- разработать оптическую линзовую систему чувствительного элемента;
- оценить энергетические дифракционные потери в чувствительном элементе;
- оценить итоговое затухание в системе.

Поглощение излучения газами



Иллюстрация 1 - Поглощение излучения в ближнем ИК-диапазоне.

4/18

[1] Ослабление оптических и инфракрасных волн в атмосфере [Электронный ресурс]: науч. журн. «Радиотехнические системы» – А.Н. Сенченко, А.С. Злыгостев, 2010. – URL: http://rateli.ru/books/item/foo/soo/zoooooo/sto78.shtml

Поглощение излучения газами



$$\Gamma = \frac{8 \cdot \pi^3 \cdot \left(n^2 - 1\right)^2}{3 \cdot N_{_{\mathcal{M}}} \cdot \lambda^4}, \qquad (1)$$

где N_м - количество молекул газа, λ - длина ИК излучения,

п – показатель преломления воздуха.

$$\Gamma = \frac{\Phi_0}{\Phi},$$
 (2)

Иллюстрация 2 -Поглощение излучения в ближнем ИК-диапазоне.

5/18

[2] Респираторный мониторинг [Электронный ресурс]: Электрон. страница. ООО «ОКУЛЮС 2000» – А.
А. Антонов, 2009. – URL: http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z000000/st078.shtml
[3] Бухштаб, М.А. Поток излучения / М.А Бухштаб, А.М. Прохоров. - М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. - Т. 4. - с. 704.

Поглощение излучения газами

N_м при 25 ppm для CO₂ и 17,5 ppm для CO [4], L_{пучка}=0,1 м, d_{пучка}=0,02 м; n - показатель преломления воздуха;

 $\Phi_{_{\rm O}}$ = 1 Вт; $\lambda_{_{\rm 1}}$ =4,2 МКМ И $\lambda_{_{\rm 2}}$ =4,7 МКМ.

 $\Gamma_{4.2} \approx 36.41$ $\Gamma_{4.7} \approx 33.168$ $\Phi_{4.2} \approx 0.027 \; \text{Вт}$ $\Phi_{4.7} \approx 0.03 \; \text{Вт}$ Ослабление $\approx 15.6 \; \text{дБ}$ Ослабление $\approx 15.2 \; \text{дБ}$



[4] ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1). Издания. Международный стандартный книжный номер. Использование и издательское оформление. – М.: Стандартинформ, 2008. – 95 с.

Поглощение излучения дымом

$$k = \frac{2.317 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon " \cdot M}{\left[\left(\varepsilon' + 2 \right)^2 + \varepsilon "^2 \right] \cdot \lambda \cdot C} , \qquad (3)$$

где **є**' и **є**'' – действительная и мнимая части комплексной диэлектрической проницаемости частиц дыма,

М – концентрация частиц дыма,

7/18

λ – длина волны оптического лазерного излучения,

C = 2.3·10⁻³ – постоянный коэффициент [5].

[5] Patterson, E.M., Measurements of visibility vs. Mass-concentration for air-borne soil particles / E.M. Patterson,
 D.A. Gillette // Atmospheric Environment, vol.11 – 1977. – Nº2. – pp. 193-196.



Иллюстрация 3 – Зависимость ослабления излучения от концентрации дымовых частиц.

8/18

[6] S. N. Mosentsov, V. I. Kazakov. "Development of a device for the detection and processing of the testing signals of the fiber-optic smoke fire detector" Proceedings of international conference WECONF 2017

Взрывобезопасный пожарный извещатель



Иллюстрация 4 – Структурная схема пожарного извещателя.

9/18

[7] Казаков, В.И. Взрывобезопасный волоконно-оптический пожарный извещатель. Математическая модель чувствительного элемента / В.И. Казаков, О.Д. Москалец, Л.Н. Пресленев // Датчики и системы. – 2015. – №2. - C. 3-5.



Иллюстрация 5 – Схематичное представление элементов конденсора.

[8] Kazakov, Vasily I., Sergey N. Mosentsov, and Oleg D. Moskaletz. "Influence of aperture lens system on optical information processing." SPIE Optical Engineering+ Applications. International Society for Optics and Photonics, Vol. 9598, 959809-1-9, 2015.



Иллюстрация 6 – Зависимость доли потерянного излучения от расстояния между входной и выходной апертурой конденсора.



выходной апертуры конденсора.

Параметры системы:

- 1. Длина волны оптического излучения: λ_1 = 4.2·10⁻⁶, λ_2 = 4.7·10⁻⁶ (м)
- 2. Диаметр линз: d = 0.02 (м)
- 3. Протяженность контролируемой извещателем зоны: L=0.05 (м)



Выбор оптического волокна



поставщика «Специальные системы. Фотоника».

14/18

[9] Окна из селенида цинка (ZnSe) [Электронный ресурс]: сайт компании «Специальные Системы. Фотоника» - 2018 – URL: http://sphotonics.ru/catalog/uf_ik-optika/Zinc_Selenide_Windows/

Выбор оптического волокна



Иллюстрация 11 – Функция затухания света в волокне поставщика «CorActive».

[10] IR FIBERS [Электронный ресурс]: сайт компании «Coractive» - 2016 – URL: http://sphotonics.ru/catalog/uf_ik-optika/Zinc_Selenide_Windows/

15/18

Расчет итогового затухания

$$P_{_{Bblx}}^{^{cehc}} = P_{_{\thetax}} \cdot \left[L_{_{\phip}}^{^{o_{\theta}}} \cdot L_{_{50/50}} \cdot L_{_{o_{\theta}1}} \cdot L_{_{\phip}}^{^{o_{\theta}}} \cdot L_{_{\pi}} \cdot L_{_{\pi}} \cdot L_{_{\phip}}^{^{o_{\theta}}} \cdot L_{_{o_{\theta}2}} \cdot L_{_{\phip}}^{^{o_{\theta}}} \right] = P_{_{\thetax}} \cdot \left[\left(L_{_{\phip}}^{^{o_{\theta}}} \right)^4 \cdot L_{_{50/50}} \cdot L_{_{o_{\theta}1}} \cdot \left(L_{_{\pi}} \right)^2 \cdot L_{_{o_{\theta}2}} \right],$$

$$(4)$$

$$P_{_{Gblx}}^{_{o63}} = P_{_{6x}} \cdot \left[L_{_{\phi p}}^{_{o6}} + L_{_{50/50}} + L_{_{o63}} + L_{_{\phi p}}^{_{o6}} \right] = \left[\left(L_{_{\phi p}}^{_{o8}} \right)^2 \cdot L_{_{50/50}} \cdot L_{_{o63}} \right], \tag{5}$$

где *P*_{ех} - мощность входного излучения [Вт];

P^{сенс} - выходная мощность излучения, прошедшего через сенсор [Вт];
 L^{oe}_{фp} - потери за счёт френелевского отражения на стыке ОВ-воздух [дБ];
 *L*_{50/50} - потери на сварном сплиттере [дБ];
 *L*_{oe1}, *L*_{oe2} и *L*_{oe3} - потери в OB₁, OB₂ и OB₃ [дБ/км];

*L*_{*a*} - потери на линзе [дБ];

Р^{ое3} - выходная мощность излучения, прошедшего через OB₃ [BT].

Расчет итогового затухания

При P_{ex} - 1 [Вт], L^{oe}_{фp} - 0.912 [дБ], L_{50/50} - 0.5 [дБ] и L_a - 0.76 [дБ],

$$P_{eblx}^{cehc} = P_{ex} \cdot \left[\left(L_{dp}^{oe} \right)^4 \cdot L_{50/50} \cdot \left(L_{\pi} \right)^2 \right] = 1 \cdot \left[0.912^4 \cdot 0.5 \cdot 0.76^2 \right] \approx 0.2 \ [Bm],$$

$$P_{eblx}^{oe3} = P_{ex} \cdot \left[\left(L_{dp}^{oe} \right)^2 \cdot L_{50/50} \right] = 1 \cdot \left[\left(0.912 \right)^2 \cdot 0.5 \cdot \right] \approx 0.42 \ [Bm],$$

Заключение

- По данным зависимости затухания ИК-излучения от длины волны в атмосфере, определены длины волн максимального поглощения СО и СО₂;
- Построено семейство графиков, наглядно отражающих интенсивность поглощения ИК-излучения в дымовых завесах разных концентраций;
- Определен вклад дифракционных потерь в общую картину затухания;
- Произведен расчет затухания оптического сигнала для λ со, и λ со;
- Спроектированный извещатель является абсолютно взрывобезопасным и может найти применение на объектах с повышенной взрывоопасностю.

Спасибо за внимание!