

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ ЗАВИСИМОСТЯМ

д.ф. - м. н., проф. А.К. Гнап, Н.И. Коваленко

Данный вопрос относится к области применения лазерных и других оптических систем для определения характеристик объекта на расстоянии.

Активная область видеолокации. Известна локация характеристик объекта на расстоянии [1]. Этот способ позволяет определять расстояние до объекта и его пространственные характеристики, но не позволяет определять тип вещества, из которого он состоит и его состояние.

Поставленная цель – определение вещества объекта на расстоянии. Она достигается тем, что на определенный объект направляют пучок электромагнитных волн в диапазоне 0,2 – 1,2 микрон, то есть пучок световых волн разной изменяющейся длины волны и по соотношениям коэффициентов отражения для разных длин волн устанавливают тип вещества объекта. Это основано на известных функциональных связях между изменением коэффициента отражения вещества и длиной световой волны [2] (пример – рис.1).

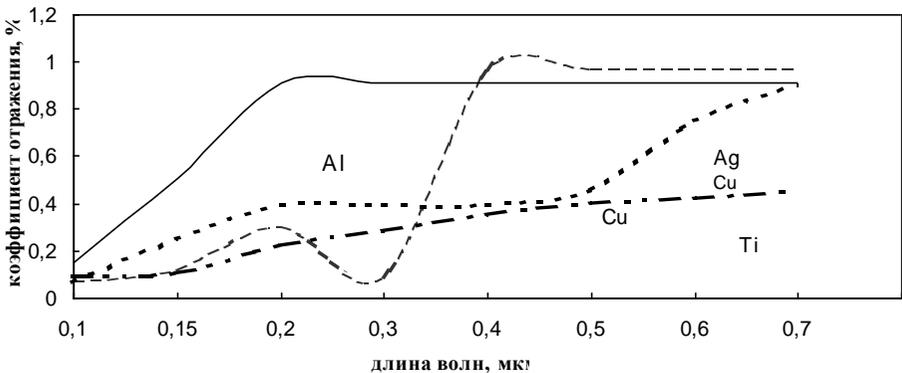


Рис.1. Кривые зависимости коэффициента отражения от длины волны

Указанные зависимости, использованы нами для решения задачи определения типа вещества объекта на расстоянии (блок - схема системы показана на рис. 2).

Лазерный излучающий блок – 1 через синтезатор частоты настраивается на определенное количество частот, характерных для кривых отражения возможных исследуемых объектов. Отраженный сигнал от объекта – 5 принимается антенной – 2, фокусируется в чувствительном фотоприемнике и поступает на анализирующее устройство с банком данных – 4.

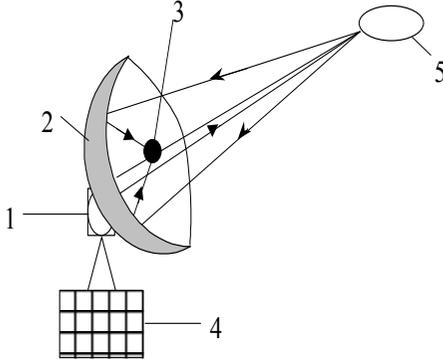


Рис. 2. Блок схемы – системы определения типа и характеристик объектов

В связи с малостью угла  $\alpha = 10^{-3}$  рад,  $\alpha^2 \approx \sin^2 \alpha$  имеем

$$P = \frac{N_0}{4\pi R^2 10^{-6}} \quad (3)$$

Тело, на которое падает излучение, рассеивает падающие на него электромагнитные волны в разные стороны, так как является точечным источником вторичного излучения, мощность которого выразится

$$N_1 = P \sigma = \frac{N_0 \sigma}{4\pi R^2 10^{-6}} \quad (4)$$

здесь  $\sigma$  - имеющий размерность площади, коэффициент называется действующей (эффективной) площадью рассеиваемого тела в направлении приемной антенны (сечение взаимодействия).

Зная  $N_1$ , можно определить плотность потока мощности рассеянного излучения в местах расположения лазерной системы.

$$P_1 = \frac{N_1}{2\pi R^2} = \frac{2N_0 \sigma}{(4\pi)^2 R^4 10^{-6}} \quad (5)$$

Для приема отраженного (рассеянного) излучения можно применить антенну в виде отражающего параболического и другого зеркала, в фокусе которого размещается чувствительный фотоприемник.

Плотность потока мощности на поверхности сферы у излучаемого объекта определяется [3]

$$P = \frac{N_0}{4\pi R^2} \quad (1)$$

Поток мощности, достигающей облучаемого тела, определяется

$$P = \frac{N_0}{4\pi R^2 \sin^2 \alpha} \quad (2)$$

где  $N_0$  - общий поток мощности электромагнитного излучения для определенной волны,  $R$  - расстояние от излучателя,  $\alpha$  -

Если действующую площадь антенны при приеме обозначить через  $S$ , то вся принимаемая ею от вторичного излучателя поток мощности определится:

$$N = P_1 S = \frac{2N_0 \sigma S}{(4\pi)^2 R^4 10^{-6}}. \quad (6)$$

Из теории известно, что коэффициент усиления антенн находится в следующей зависимости от длины волны [4]

$$G = \frac{4\pi S}{\lambda^2}, \quad (7)$$

то есть наибольшее усиление наблюдается при более коротких волнах. Определим, из выше приведенной формулы, площадь  $S$ :

$$S = \frac{G \lambda^2}{4\pi}. \quad (8)$$

Подставим ее значения в  $N$ :

$$N = \frac{2N_0 \sigma G \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4 10^{-6}}. \quad (9)$$

Это выражение может быть уравнение видеолокации, так как оно связывает величины, характеризующие это явление, определяет принимаемую антенной видеолокатора, мощность.

Из выше приведенной формулы можно найти максимальную дальность ( $R_{\max}$ ) определения физической природы объекта.

$$R_{\max} = \left( \frac{2N_0 \sigma G \lambda^2}{(4\pi)^3 N_{\min} 10^{-6}} \right)^{\frac{1}{4}}, \quad (10)$$

где  $N_{\min}$  – мощность, при которой будет срабатывать фоточувствительный приемник, то есть его чувствительность.

Применяя уравнение для вычисления мощности отраженного от объекта сигнала и принятого фотоприемником, можно рассчитать  $N_{\min}$ . Пусть  $N_0 = 10^7$  Вт,  $R = 500$  км,  $G = 10^{14}$  при  $S = 10$  м<sup>2</sup>,  $\lambda = 10^{-6}$  м,  $\sigma = 10$  м<sup>2</sup>, то  $N_{\min} = 4 \cdot 10^{-13}$  Вт.

Известно, что фотоэлектронные умножители, которые используются в качестве фотоприемников, характеризуются коэффициентом усиления  $10^5 - 10^6$  по току и 100 – 120 дБ по мощности. Для надежной работы всего измерительного комплекса, фотоприемники с последующими аппаратурными каскадами усиления, должны обеспечивать коэффициент усиления до  $10^{10} - 10^{12}$  раз, что обеспечивается низкочастотными каналами усиления.

Таким образом, современный уровень технического развития источников монохроматического излучения и приемников в оптической и УФ областях спектра, позволяет решить проблему оптической локации объектов в свободном пространстве.

Дистанционная диагностика природы вещества основана на измерении коэффициентов отражения (для разных длин волн  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ ), измеряемого объекта и сравнении их с хранящимися в памяти компьютерной сети для различных веществ. Для этого должен быть создан банк данных. Для примера рассмотрим определение одного из материалов.

Для длин волн 0,2; 0,3; 0,4; 0,6 микрона коэффициенты отражения некоторых материалов представляют следующие значения чисел:

Таблица 1

Длина волны	Коэффициент отражения материала			
	Ag	Al	Cu	Ti
0.2 мкм	0.32	0.87	0.34	0.21
0.3 мкм	0.08	0.88	0.36	0.3
0.4 мкм	0.93	0.908	0.42	0.35
0.6 мкм	0.96	0.91	0.8	0.41

А измеряемый объект характеризуется значениями коэффициентов отражения  $K_1 = 0,34$ ;  $K_2 = 0,37$ ;  $K_3 = 0,425$ ;  $K_4 = 0,81$  для следующих соответственно длин волн  $\lambda_1 = 0,2$ ,  $\lambda_2 = 0,3$ ,  $\lambda_3 = 0,4$ ,  $\lambda_4 = 0,6$  мкм.

Если проанализировать эти данные, то они практически будут совпадать с рядом коэффициентов характеризующих медь.

Полезность данного метода связана с возможностью дистанционного неразрушающего анализа материала объекта. Он может применяться как для анализа состава пород Земли и других планет, так и для анализа состояния растительного покрова земли, лесов, пастбищ и посевов по вопросу их эффективности, а также отсутствия или наличия определенных веществ в почве.

Может также применяться для определения типа вещества, из которого изготовлены корпуса летательных аппаратов.

О банке данных. Для решения вопросов идентификации материалов, из которого состоит объект, летательный аппарат или вещества, покрывающего поверхность узлов и деталей, окисных пленок, образующихся при вхождении в атмосферу необходимо ввести анализ состава. При использовании для контроля посевов технических культур, определения степени созревания, зараженности заболеваниями и вредителями, контроля посевов мака и конопли необходимо вести анализ спектров отражения. Это невозможно без составления банка данных, которым можно было бы пользоваться при решении многофакторного эксперимента по определению типа вещества объекта и параметров, характеризующих его состояние.

Следует отметить, что при составлении банка данных экспериментальные зависимости необходимо снимать при одном эталоне, хотя тип эталона не имеет никакого значения. Для возможности анализа сложных поверхностей, окисленных или подвергнутых воздействию повышенных температур и

ских соединений и имеющих тонкие слои покрытия для объектов по-  
к солнечным батареям (полупроводник – окисел – золотая пленка) надо  
в банк данных спектральные зависимости коэффициентов отражения  
структур.

Пассивная видеолокация. Так как для банка данных не имеет значения,  
какой использован эталон - источник света или отражающая поверхность, то  
имеется возможность пассивной локации вещества, как неразрушающего и  
невзаимодействующего контроля.

Для этого можно воспользоваться естественным источником света –  
солнечным излучением и, анализируя его спектр и спектр отраженного свето-  
вого потока от объекта по относительной интенсивности, можно определять  
тип вещества объекта, характерные параметры растительного покрова, состо-  
яние зараженности вредителями, сроки сбора урожая, урожайность культур,  
контролировать на значительных территориях тип выращиваемых культур  
(конопля, мак и т.п.).

Предлагаемая система может быть установлена и на борту летательных  
аппаратов, а описанный подход может быть использован при изучении при-  
родных ресурсов, химического состава пород, как на Земле, так и на других  
планетах и их спутниках, а также для определения типа и состава вещества,  
из которого состоит тот или иной объект.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по лазерной технике. - К.: Техніка, 1978. – 220 с.
2. Таблицы физических величин / Под ред. И.К. Кикоина. – М.: Атом-издат, 1976. – 639 с.
3. Байрашевский А.М., Жерлаков А.В. Судовая радиоэлектроника и ра-  
дионавигационные приборы. – М.: Транспорт, 1988. – 272 с.
4. Белоцерковский Г.Б. Антенны. – М.: Сов. радио, 1969. – 328 с.