

КОНКУРС НАУЧНЫХ РАБОТ ИКИ РАН 2016-2017 гг.

Авторы:

Тихонов В.В., Боярский Д.А.

Название:

Анализ оптических постоянных магнетита, пирита и халькопирита в микроволновом диапазоне с помощью метода Крамерса-Кронига.

Публикация:

1. **Тихонов В.В., Боярский Д.А.,** Полякова О.Н. Анализ оптических постоянных магнетита, пирита и халькопирита в микроволновом диапазоне с помощью метода Крамерса-Кронига. // Оптика и спектроскопия. 2017. Т. 122. № 3. С. 423-429.
DOI:10.7868/S0030403417030205.

Аннотация

Актуальность:

Основными компонентами грунтов и атмосферной аэрозоли Земли, пыли межпланетного пространства, а также множества объектов Солнечной системы являются различные минералы, которые по своим оптическим свойствам можно разделить на три группы: диэлектрики (кварц, полевые шпаты и др.), полупроводники (сульфиды, некоторые окислы) и металлы (медь, золото, платина, железо). Большинство минералов второй группы являются рудными минералами, т.е. рудами одного или нескольких металлов. Рудные минералы достаточно широко распространены как на Земле, так и в космическом пространстве. В первую очередь это различные окислы железа (магнетит (Fe_3O_4), гематит (Fe_2O_3) и т.д.), которые присутствуют в грунтах и атмосферах планет, а также в межпланетной и межзвездной среде. Реже встречаются и другие минералы, такие как пирит (FeS_2), халькопирит (CuFeS_2), ильменит (FeTiO_3) и др.

Развитие методов многочастотного дистанционного зондирования открывает большие возможности для исследования Земли и планет Солнечной системы. Эти методы используются для поиска полезных ископаемых и геологического картирования. Они находят широкое применение при изучении состава грунтов и пыли поверхности планет, а также атмосферного аэрозоля. Для интерпретации и анализа данных, получаемых средствами дистанционного зондирования, необходимо знание оптических (диэлектрических) характеристик веществ, составляющих исследуемые среды, в широком спектре электромагнитного диапазона. Оптические характеристики рудных минералов в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах исследованы достаточно подробно. Микроволновый диапазон открывает принципиально новые возможности в исследовании

Земли и других объектов Солнечной системы дистанционными методами. В последнее время активные и пассивные приемники микроволнового диапазона используются для изучения поверхности и атмосферы планет, пылевых облаков, а также межзвездного пространства. Одной из проблем, препятствующих развитию этого направления, является недостаточная исследованность оптических характеристик рудных минералов в микроволновом диапазоне.

Решаемая задача:

В 2007-2010 годах авторами были выполнены лабораторные измерения отражательной и пропускательной способности образцов ряда рудных минералов (в том числе магнетита, пирита и халькопирита) в диапазоне частот 12-145 ГГц. На основе полученных спектральных зависимостей были вычислены значения действительной и мнимой части комплексного показателя преломления данных минералов в диапазоне частот 12-145 ГГц. Полученные в ходе лабораторного эксперимента результаты, подтверждения или опровержения не получили. Другие данные по значениям оптических постоянных этих минералов в микроволновом диапазоне до настоящего времени отсутствуют.

Работа посвящена теоретическому анализу оптических постоянных пирита, магнетита и халькопирита в микроволновом диапазоне с помощью метода Крамерса-Кронига.

Используемый подход:

Действительная и мнимая части комплексной диэлектрической проницаемости и комплексного показателя преломления вещества не являются независимыми друг от друга. Общее описание внутренней взаимосвязи между ними в широком интервале частот дается интегральными соотношениями Крамерса-Кронига. Из этих соотношений вытекает, что данной частоте ω , оптические постоянные вещества определяются отражательной способностью полубесконечного слоя и фазой. Таким образом, если отражательная способность известна в достаточно широкой области частот около ω , то фазу можно найти из интегрального выражения, зависящего также от отражательной способности. Этот метод получил название - метод Крамерса-Кронига. Он применяется для определения оптических постоянных веществ в тех случаях, когда другими методами воспользоваться нельзя.

Для построения спектральных зависимостей отражательной способности магнетита, пирита и халькопирита было исследовано и проанализировано большое количество научной и справочной литературы. Найденные данные позволили построить зависимости отражательной способности от частоты электромагнитного излучения для трех исследуемых минералов в диапазоне $1.5 \times 10^3 - 6 \times 10^6$ ГГц (длина волны 50 нм - 200 мкм), т.е. от дальнего ИК до экстремального УФ диапазона. На более высоких частотах отражательная способность аппроксимировалась известной степенной зависимостью. В микроволновом диапазоне были использованы зависимости отражательной способности, найденные при лабораторных исследованиях. Поскольку пропускательная способность образцов при лабораторных измерениях была меньше 0.01, то исследуемые образцы минералов можно было считать «толстыми», а отражательная способность толстого слоя равна отражательной способности полубесконечного слоя вещества. В низкочастотной области спектра, где измерения не проводились, отражательная способность минералов считалась постоянной, равной отражательной способности при частоте 12 ГГц, полученной в ходе лабораторных измерений. В этой области для данных веществ не существует механизмов вызывающих резкое изменение оптических постоянных.

По методу Крамерса-Кронига, на основе построенных спектральных зависимостей отражательной способности, были вычислены действительные и мнимые части комплексного показателя преломления для магнетита, пирита и халькопирита в диапазоне частот 12-145 ГГц.

Результаты:

- 1) Построены спектральные зависимости отражательной способности магнетита, пирита и халькопирита практически во всем частотном диапазоне электромагнитных волн.
- 2) Вычислены значения действительной и мнимой части комплексного показателя преломления для магнетита, пирита и халькопирита в диапазоне частот 12-145 ГГц. Данные исследования выполнены впервые.
- 3) Построены аппроксимационные зависимости комплексного показателя преломления магнетита, пирита и халькопирита от частоты излучения в диапазоне 12-145 ГГц.
- 4) Подтверждены и уточнены полученные ранее лабораторные результаты.