

## Секція 6. Радіоелектроніка біомедичних технологій

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАБОЛЕВАНИЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА, БАЗИРУЮЩИЕСЯ НА ТЕОРИИ МИ

*Богомолов Н. Ф. ктн, доц; Каньшин И. А. магистрант  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Густав Ми создал основы теории рассеяния электромагнитной волны на сферической частице произвольного размера, что используется сейчас в современных методах диагностики заболеваний крови человека. Теория Ми позволяет найти точное решение в виде бесконечных рядов для компонент рассеянного и внутренних полей при дифракции плоской электромагнитной волны на однородном изотропном шаре с известным относительным показателем преломления.

Плоскую электро-магнитную волну, облучающую сферу, можно представить как суперпозицию сферических волн, выходящих из центра сферы. Каждая из этих элементарных волн поляризует сферу и возбуждает в ней вторичную волну, которая излучается сферой. Эти вторичные волны и образуют рассеянный свет.

Амплитуда, фаза и поляризация вторичной волны являются сложными функциями двух параметров  $\rho = k \cdot a$  ( $a$  — радиус частицы,  $k$  — волновое число) и комплексного показателя преломления  $n = n' - i\chi$  ( $n'$  — вещественный показатель преломления,  $\chi$  — показатель поглощения).

Вторичные волны называются парциальными волнами Ми. Полная интенсивность рассеянного света определяется суммой бесконечного числа парциальных волн. При  $ka \ll 1$  и  $|n|ka$  существен только первый член ряда, т. е. электрический диполь, и теория Ми приводит к формуле Рэлея. Если  $ka \ll 1$  но  $|n|ka$  не мало, то при  $|n|ka = m\pi$  ( $m$  — целое число) сечение рассеяния резко возрастает до  $6\pi a^2$  (резонансы Ми).

При увеличении размеров частицы интенсивность последующих парциальных эл.-магн. волн возрастает, а интенсивности волн с меньшими номерами осциллируют, причём амплитуда осцилляции убывает с ростом номера волны  $\sim \frac{1}{l}$ . Для больших частиц () число учитываемых парциальных волн  $\sim ka$ .

Суммы, входящие в формулы для рассеянных полей, являются комплексными выражениями, которые в данном направлении ( $\theta, \phi$ ) обладают разл. фазами. Это означает, что рассеянный свет эллиптически поляризо-

ван (падаючий — лінійно), причём эта поляризация в разных направлениях различна.

Первая электр. парциальная волна поляризована линейно. Линейная поляризация будет в общем случае в направлениях  $\phi = 0$  и  $\phi = \frac{\pi}{2}$ .

Полный коэффициент рассеяния частицы в теории Ми также представляется суммой коэффициентов для отдельных парциальных волн. Для больших частиц  $ka \gg 1$  показатель ослабления света  $\varepsilon = 2\pi a^2$  т. е. он не зависит от  $\lambda$  и равен удвоенному поперечнику сферич. частицы  $2\pi a^2$ . Это объясняется тем, что половина ослабления происходит за счёт рассеяния и поглощения внутри частицы, а другая, тоже  $2\pi a^2$  вызвана дифракцией (рассеянием) света на контуре частицы.

Форма индикатрисы рассеяния света  $x(\gamma)$  на сфере ( $\gamma$  — угол рассеяния) также зависит от  $ka$  и  $n$ . Для рэлеевских частиц  $x(\gamma) \sim (1 + \cos^2 \gamma)$ , индикатриса имеет симметричную форму.

С ростом  $ka$  индикатриса приобретает многолепестковую форму, вытягиваясь вперёд. При  $ka \rightarrow \infty$  вокруг частицы образуется дифракц. конус, угол раствора которого  $\gamma^* \sim 1/ka$  дифрагирует.

В пучке наблюдается система постоянно убывающих тёмных и светлых колец, т. н. венцы. Обычно в реальной дисперсной системе вместо венцов в области малых углов происходит постепенное уменьшение интенсивности рассеяния. Это распределение интенсивности можно «обернуть», т. е. восстановить по нему функцию распределения частиц по размерам.

Как вывод, плоскую электро-магнитную волну, облучающую сферу, можно представить как суперпозицию сферических волн, выходящих из центра сферы. Каждая из этих элементарных волн поляризует сферу и возбуждает в ней вторичную волну, которая излучается сферой. Полный коэффициент рассеяния частицы представляется суммой коэффициентов для отдельных парциальных волн.

#### Литература

1. Оптическая биомедицинская диагностика. В 2т. / Пер. с англ. под ред. В. В. Тучина — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 560с. — ISBN 978-5-9221-0769-3.
2. Улащик В. С. Новые методы и методики физической терапии / В. С. Улащик — Минск: Беларусь, 2006.