

КОГЕРЕНТНОЕ РЭЛЕЕВСКОЕ РАССЕЯНИЕ В ОДНОМODOVЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕФЛЕКТОМЕТРАХ

В настоящее время в промышленности широко применяются различные оптоволоконные датчики [1]. Одним из таких датчиков является распределённый высоко чувствительный волоконно-оптический датчик акустических воздействий. С его помощью можно определить наличие воздействия на волокно и место этого воздействия вдоль волокна. Принцип его работы основан на зависимости фазы обратно рассеянного света от внешнего воздействия [2].

Основными частями такого датчика являются фазочувствительный волоконно-оптический рефлектометр (ф-OTDR) и одномодовое оптоволокно, в качестве чувствительного элемента.

Принцип действия ф-OTDR заключается в том, что в волокно посылается короткий импульс света и измеряется зависимость мощности рассеянного или отраженного назад импульса от времени его запаздывания в условиях внешних воздействий [3].

При использовании ф-OTDR высоко когерентного лазера с узким спектром (порядка 10 кГц) и низким частотным дрейфом (несколько кГц/сек) наблюдается явление многолучевой интерференции обратно рассеянного света в одномодовом волокне (рис. 1).

При внешнем воздействии на волокно картина интерференции меняется. Определяя различия в рефлектограммах, можно найти место воздействия на волокно (рис. 2).

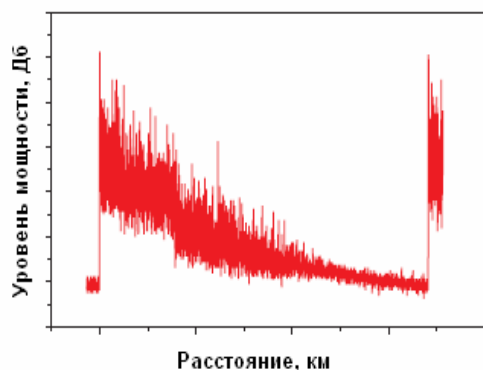


Рис. 1. Интерференция обратно рассеянного света

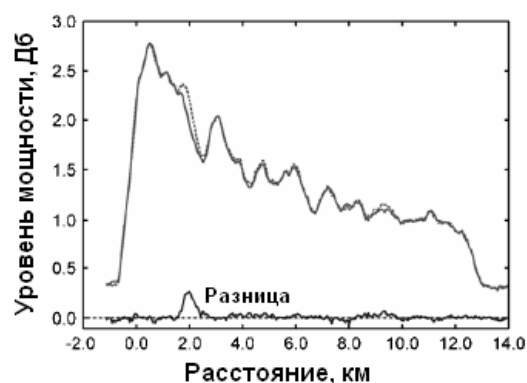


Рис. 2. Определение места возмущения

При условиях когерентного возбуждения основной механизм обратного рассеяния заключается в проявлении некоторой периодической структуры, с шагом близким половине длины волны света, аналогичной брэгговской решётке, которые можно рассматривать, как некоторые эквивалентные отражатели с эффективной фазой и амплитудой. Отражение от этой структуры создаёт интерференцию обратно рассеянных волн, создаваемые разными частями импульса и приходящими на фотодетектор рефлектометра в конкретный момент времени.

На основе модели были рассчитаны интерференционные полосы и усреднённые амплитудные характеристики.

Явление интерференции рассматривали внутри некоторого сектора волокна (1 м), длина которого равнялась половине длины импульса. Для данной длины волны света, длины сектора, задавали относительное удлинение сектора, количество эквивалентных отражателей внутри сектора, их местоположение и коэффициенты отражения. Также задавали число

независимых реализаций при одном вычислении. В каждой реализации случайным образом задавалось расположение эквивалентных отражателей и их коэффициенты отражения.

Построенные «интерференционные полосы» представляют собой изменение интенсивности обратно рассеянного света от величины удлинения сектора волокна. Только для случая двух отражателей наблюдалась картина двулучевой интерференции. При увеличении числа эквивалентных отражателей интерференция становится многолучевой, и её статистические параметры от количества отражателей практически не зависели.

Также мы построили усреднённые амплитудные характеристики (модуль амплитуды сигнала), учитывающие явление фединга интерференционного сигнала. Видно, что величина изменения интенсивности растёт линейно до некоторых значений относительного удлинения сектора ε , а далее незначительно колеблется. Максимальное удлинение, соответствующее линейному участку, примерно достигает половины длины волны света (рис. 3).

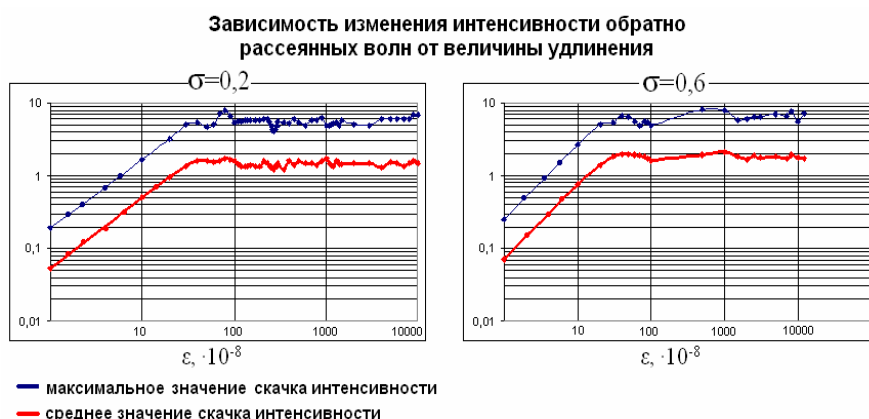


Рис. 3. Расчетные характеристики

Таким образом, в условиях когерентного возбуждения одномодового волокна обратно рассеянное рэлеевское излучение проявляет когерентные свойства и позволяет наблюдать интерференционные явления. Внешние слабые воздействия на волокно (типа акустических волн) вызывают изменение интерференционной картины, что позволяет определить место и объект воздействия. Представленная физическая модель даёт возможность количественно описать отмеченные явления и рассчитать основные характеристики такого распределённого волоконно-оптического датчика.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю.Н.Кульчин, «Распределенные волоконно-оптические измерительные системы», М.: Физматлит, 2001, 272 с.
2. Juan C. Juarez, W.Maier, Kyoo Nam Choi, Henry F. Taylor, Journal of lightwave technology / Vol. 26, No. 6 / June, 2005.
3. Juan C. Juarez and Henry F. Taylor, Applied Optics / Vol. 46, No. 11 / 10 April, 2007.