

Поправка к статье

„Усиление электрической площади импульса при отражениях от движущегося зеркала“

Оптика и спектроскопия 130 (9), 1402–1404 (2022)

© Н.Н. Розанов

Более внимательный анализ показывает, что в действительности в принятой схеме усиление электрической площади импульса (1) при отражении не происходит по следующей причине. Площадь импульса представляет нуль-частотную спектральную компоненту импульса, которой отвечает бесконечно большая длина волны. Поэтому любой слой среды, реализующий зеркало, будет применительно к этой компоненте бесконечно тонким, а отражение определится соотношением показателей преломления сред перед и после слоя. Если это среды с одинаковым показателем преломления, то коэффициент отражения электрической площади обращается в нуль. Такой слой при отражении действует как фильтр низких частот, полностью отсекающий нулевую частоту.

В то же время усиление площади (1) представляется возможным при следующей модификации схемы. Рассмотрим нормальное падение импульса из среды 1 с показателем преломления n_1 на среду 2 с показателем преломления n_2 , причем движение сред и границы между ними отсутствует. В рамках электродинамики сплошных сред [9] амплитудный коэффициент отражения спектральных компонент излучения r определяется формулой Френеля $r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$ (поглощением для упрощения записи пренебрежем, хотя это не принципиально). При этом в нашей задаче для показателей преломления следует использовать их статические значения, поскольку, как указывалось выше, электрическая площадь отвечает компоненте с нулевой частотой. Электрическая площадь отраженного импульса $S_{E,\text{ref}} = rS_{E,\text{in}}$. Поэтому общая (суммарная) электрическая площадь в среде 1 S_E выражается через площадь падающего импульса $S_{E,\text{in}}$ следующим образом: $S_E = (1 + r)S_{E,\text{in}}$. Но ввиду правила сохранения электрической площади (2) той же площадью должен обладать и прошедший во вторую среду импульс. Тем самым отношение площадей прошедшего и падающего импульсов $S_E/S_{E,\text{in}} = (1 + r)$. Если падение происходит в оптически менее плотную среду ($n_2 < n_1$), то амплитудный коэффициент отражения положителен, $r > 0$, и площадь прошедшего импульса оказывается больше площади падающего импульса (усиление площади). Избежать встречного отражения от второй границы среды 2 можно, если учесть поперечную ограниченность пучков, а эту границу сделать рассеивающей или заклоненной.

Энергия прошедшего импульса меньше энергии падающего импульса, поскольку часть ее уходит вместе с отраженным импульсом. Поэтому длительность прошедшего импульса больше, а амплитуды поля меньше, чем у падающего импульса. Если граница раздела двух сред с различающимися показателями преломления движется навстречу падающему импульсу, то и в этом случае усиление электрической площади отраженного импульса предотвращается сокращением длительности отраженного импульса, хотя его энергия повышается.

Приведенное рассмотрение основано на макроскопической линейной и одномерной модели среды, тогда как ее микроскопическое описание с учетом нелинейных и релаксационных процессов представляет отдельную задачу.