

МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В.Л. Малевич, Г.В. Сеницын

Институт физики НАН Беларуси им. Б.И. Степанова, Минск

E-mail: v.malevich@ifanbel.bas-net.by

Широко применяемый в последнее время метод когерентной терагерцовой (ТГц) спектроскопии основан на измерении временной зависимости электрического поля широкополосного ТГц импульса, прошедшего через исследуемый образец или отраженного от него. Спектры показателя преломления и коэффициента поглощения определяются из спектров амплитуды и фазы ТГц импульса, вычисленных путем фурье-преобразования его измеренной временной формы. Существенным достоинством данного метода является возможность одновременного измерения спектров показателя преломления и коэффициента поглощения в широкой области частот (0,1–10 ТГц) без использования соотношений Крамерса-Кронига.

В когерентной ТГц спектроскопии используется информация о фазе и поэтому результаты спектральных измерений оказываются весьма чувствительными к эффекту рассеяния ТГц импульса на случайных неоднородностях образца [1, 2]. Искажение волнового фронта и временной формы ТГц импульса, обусловленные его рассеянием на неоднородностях, могут существенно затруднить регистрацию спектральных особенностей реальных объектов.

В настоящей работе рассчитана пространственно-временная зависимость электрического поля ТГц импульса, отраженного от поверхности полубесконечной среды с лоренцевским контуром поглощения, и исследовано влияние шероховатости границы раздела на спектр отражения. Моделирование осуществлялось с использованием метода Монте Карло, позволяющего учитывать не только интенсивность, но и фазу электромагнитного поля [3, 4]. В данном методе электрическое поле ТГц импульса представляется как ансамбль плоских волн, каждая из которых характеризуется частотой, волновым вектором, амплитудой, поляризацией и фазой. Отражение плоской волны от шероховатой поверхности рассматривается в приближении Кирхгофа.

Конкретные расчеты проводились для ТГц импульса с биполярной временной формой и гауссовым распределением интенсивности с характерной шириной 0,5 см, падающего нормально на шероховатую поверхность полубесконечной среды. Степень шероховатости поверхности опи-

сывалась гауссовой статистикой с длиной корреляции 0,2 см и среднеквадратичной высотой неровностей, изменяющейся от 0 до 100 мкм. Дисперсия диэлектрической проницаемости среды характеризовалась лоренцевским контуром поглощения на частоте 0,5 ТГц с шириной 0,05 ТГц, диэлектрическая проницаемость среды вне контура поглощения была равна 2,25.

На рисунке представлены рассчитанные спектры отражения ТГц импульса от полубесконечной среды. Видно, что характерная особенность в спектре отражения на частоте 0,5 ТГц хорошо видна для гладкой поверхности и для шероховатой поверхности с высотой неровностей 20 мкм. При большем значении степени шероховатости (50 мкм) характерный перегиб на резонансной частоте проявляется в меньшей степени и становится практически незаметным для неровностей со среднеквадратичной высотой > 100 мкм.

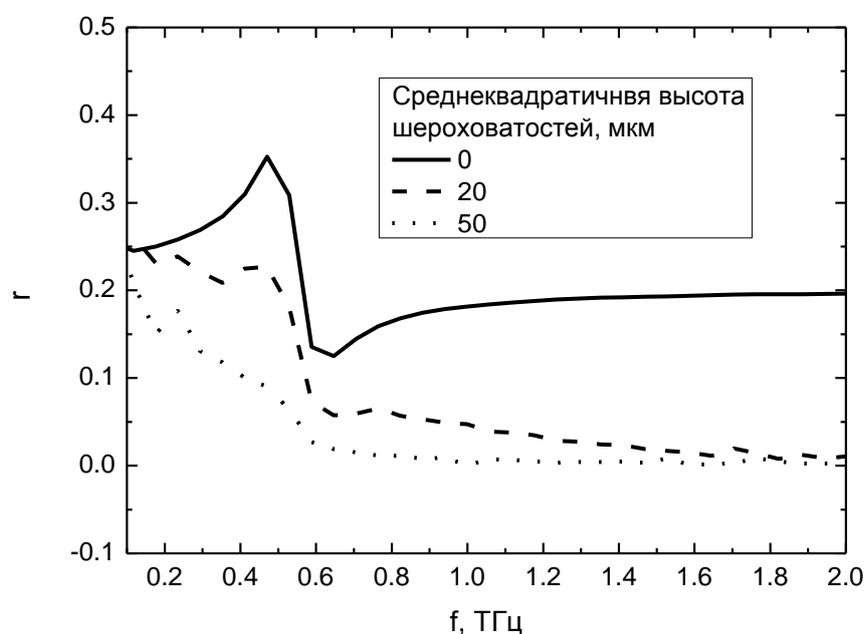


Рис. Спектры отражения ТГц импульса от среды с лоренцевским контуром поглощения

Таким образом, из результатов Монте Карло моделирования следует, что метод когерентной отражательной ТГц спектроскопии с разрешением во времени оказывается весьма чувствительным к степени шероховатости поверхности исследуемого объекта.

1. Y. Dikmelik, J.B. Spicer, M.J. Fitch, and R. Oslander // Opt. Lett. 2006. V. 31, No 24. P. 3653–3655.
2. M. Ortolani, J.S. Lee, U. Schade, and H.-W. Hubers // Appl. Phys. Lett. 2008. V. 93, No 8. P. 08196.
3. V.R. Daria, C. Saloma, and S. Kawata // Appl. Opt. 2000. V.39, No 28. P. 5244-5255.
4. M. Hu // Opt. Expr. 2004. V. 12, No 26. P. 6530–6539.