

Аппаратно-программный комплекс для регистрации деформаций приповерхностных пород

Непомнящий Ю.А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Россия

vicekam@gmail.com

Лазерные интерферометры-деформографы — уникальные приборы, существующие в штучных экземплярах и позволяющие вести наблюдения за деформацией приповерхностных пород с высокой точностью, порядка 10^{-11} — 10^{-12} м для лучших образцов [1]. Основные отличия этих приборов состоят в системе регистрации интерференционного сигнала. На рис. 1 представлена структурная схема предложенной системы регистрации интерференционного сигнала лазерного деформографа.

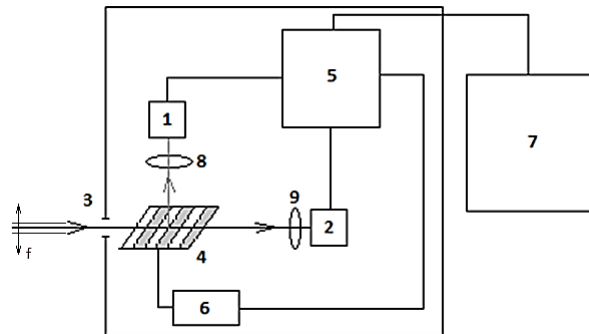


Рис. 1. Структурная схема системы регистрации интерференционного сигнала лазерного деформографа. 1,2 – Фотодиоды; 3 – Входной зрачок; 4 – Зеркало с периодической структурой; 5 – Система управления; 6 – Шаговый двигатель; 7 – Регистрирующая аппаратура; 8,9 – Линзы.

Зеркало с периодической структурой отражающих и пропускающих полос 4 выполнено в соответствии с интерференционной картиной, которая описывается известным выражением (1).

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \left\{ \frac{4\pi(L_2 - L_1)}{\lambda} \right\} \quad (1),$$

где I_1, I_2 – интенсивность интерферирующих пучков. L_1, L_2 – оптическая длина пути первого и второго плеча. λ – длина волны излучения.

Структура такого зеркала показана на рис. 2.

Темными полосами на рис.2 показана отражающая поверхность. В данном положении зеркало обеспечивает пропускание 50% всего потока, остальные 50% отражаются от него. При смещении полос интерференционной картины отношение прошедшего и отраженного потоков изменится.

Промодулированный световой поток попадает через входной зрачок 3 на зеркало 4, где делится на 2 пучка, которые фокусируется линзами 8,9 на фотодиоды 1,2. На фотодиодах вырабатываются сигналы одинаковой амплитуды в случае вышеописанного положения зеркала относительно интерференционных полос. Если картина смещается, амплитуды изменяются. Разность этих амплитуд является выходным сигналом.

На рис. 3 представлена блок-схема системы регистрации сигнала.

Сигналы от фотодиодов ФД1 и ФД2 идут на дифференциальный операционный усилитель ДУ, выполняющий разность этих сигналов и усиление. Затем этот сигнал идет на

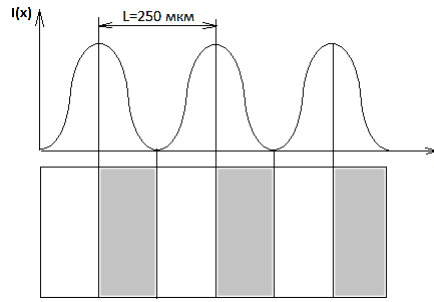


Рис. 2. Структура периодического зеркала (снизу) и распределение интенсивности света в интерференционной картине (сверху).

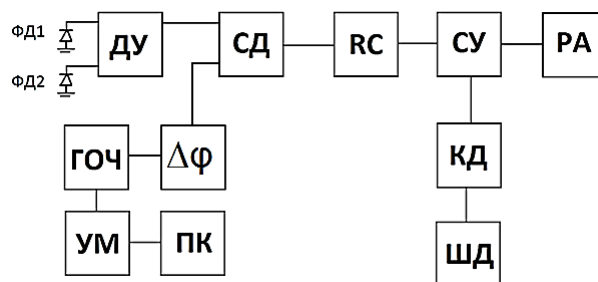


Рис. 3. Блок-схема системы регистрации сигнала. ФД1, ФД2 – Фотодиоды; ДУ – Дифференциальный операционный усилитель; СД – Синхронный детектор; ГОЧ – Генератор опорной частоты; $\Delta\phi$ – Фазовращатель; УМ – Усилитель мощности; ПК – пьезокерамика; RC – Сглаживающая RC-цепочка; СУ – Система управления; КД – Контроллер двигателя; ШД – Шаговый двигатель; РА – Регистрирующая аппаратура

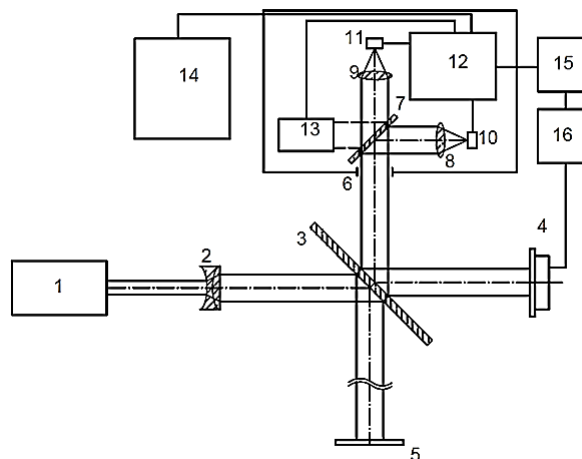


Рис. 4. Оптическая схема лазерного деформографа. 1 – He-Ne лазер; 2 – Коллиматор; 3 – Светоделительная пластина; 4 – Зеркало на пьезокерамике; 5 – Зеркало; 6 – Входной зрачок; 7 – Зеркало с периодической структурой; 8,9 – Линзы; 10,11 – Фотодиоды; 12 – Система управления; 13 – Шаговый двигатель; 14 – Регистрирующая аппаратура; 15 – Генератор опорной частоты; 16 – Усилитель.

вход синхронного детектора СД. В качестве опорного используется сигнал ГОЧ, имеющий форму меандра, частотой 23 кГц и амплитудой 5 В. Этот сигнал после усиления на УМ управляет пьезокерамикой ПК на зеркале короткого плеча для модуляции интенсивности интерференционной картины, попадающей на зеркало с периодической структурой. Фазовращатель $\Delta\phi$ служит для точной подстройки фазы опорного сигнала в пределах от 0 до π , компенсирующей задержку опорного сигнала, возникающую на измерительном плече. Выделенный на СД и сглаженный на RC цепочке полезный аналоговый сигнал идет в систему управления, где преобразуется в цифровой с помощью 16-разрядного АЦП. Частота дискретизации АЦП составляет 46 кГц. Цифровые данные передаются на ЭВМ по USB.

Использование дифференциальной схемы регистрации сигнала

Оптическая схема деформографа представлена на рис. 4.

Разрядность используемого АЦП ADS8517 – 16 бит. Изменение амплитуды сигнала от минимума до максимума соответствует смещению интерференционной картины на одну полосу вследствие изменения длины базы деформографа на величину $\lambda/2$. Одному отсчету АЦП соответствует $\frac{\lambda/2}{65536} = 4.8 \cdot 10^{-12}$ м. При ошибке квантования $\frac{1}{\sqrt{12}}$ МЗР [2] порог чувствительности системы с используемым АЦП составляет не хуже 10^{-12} м.

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования системы регистрации интерференционного сигнала и отладочные работы.

Литература

1. Долгих Г.И., Валентин Д.И., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Фищенко В.К. Применение лазерных деформографов вертикальной и горизонтальной ориентации в геофизических исследованиях переходных зон // Физика земли. – № 8. – 2002. – С. 69-73.
2. Марцинкявичус А-й.К., Багданскис Э-а.К. Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП // М.: Радио и связь. – 1988.

Hardware-software system for the registration of surface rock deformation

Непомняшчий У.А.

Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia

Laser interferometer-deformographs are unique instruments, which are just a few and allow monitoring of surface rock deformations with high accuracy of about tenths of a nanometer. The main difference between these devices is the interference signal registration system. We offer a signal registration system, which has higher sensitivity and simple construction. A software package for data acquisition and processing was also developed.