

В. Г. ГРИЦ, ст. инж., Ю. И. ПОСУДИН, канд. физ.-мат. наук

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН
МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

В последнее время большое внимание привлекают поверхностные акустические волны (ПАВ). На их основе может быть создан целый класс малогабаритных и экономичных устройств обработки сигналов.

Успешное решение проблемы определения основных параметров ПАВ — амплитуды, скорости распространения и профиля — достигается использованием лазерных методов диагностики ПАВ. Наша работа посвящена измерению этих параметров ПАВ методом лазерного зондирования и оценке точности измерений.

Экспериментальная установка, предназначенная для определения параметров поверхностных волн, показана на рис. 1. Нами использовался образец из ниобата лития y - z -среза, на поверхность которого были нанесены фотолитографическим методом встречно-штыревые преобразователи с такими характеристиками: апертура 8 мм; ширина электрода и взаимное расстояние между электродами 36 мкм; толщина 0,3 мкм; материал — алюминий. В качестве источника когерентного света ис-

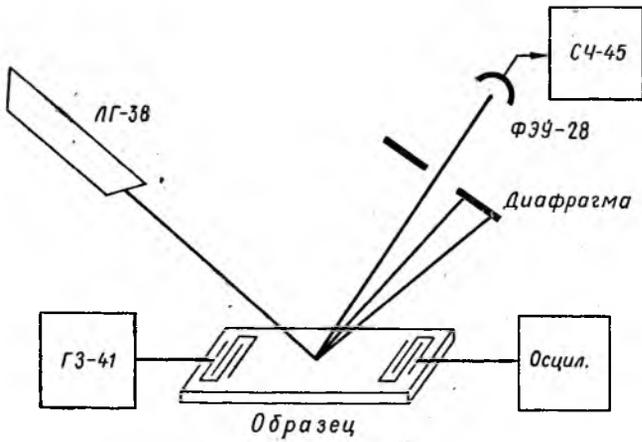


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки для определения амплитуды и скорости распространения ПАВ

пользовался лазер ЛГ-38 мощностью 50 мВт. Для возбуждения поверхностных волн использовался генератор ГЗ-41, при измерениях интенсивности — фотоумножитель ФЭУ-28 и спектроанализатор С4-45.

Анализ угловой зависимости рассеяния света в соответствии с формулой [1]

$$\sin \Theta_m - \sin \Theta_0 = m (\lambda/\Lambda), \quad (1)$$

где $\Lambda = (2\pi V)/\Omega$ (λ и Λ — длина оптической и акустической волн; V и Ω — скорость распространения и частота ПАВ; m — порядок дифракции; Θ_0 и Θ_m — угол падения и рассеяния света на ПАВ) показывает, что основными факторами, ограничивающими точность измерения скорости распространения поверхностных волн, является нестабильность частоты лазера и акустического генератора, а также погрешности при угловых измерениях. В нашем эксперименте нестабильность частоты лазера составила 10^{-6} ; основным фактором, ограничивающим точность измерения скорости, явились частотные флуктуации генератора ГЗ-41 (10^{-2}) и угловые погрешности (порядка 1 мин). В итоге измеренное значение скорости распространения из экспериментально сня-

того угла рассеяния света на поверхностных волнах составило $(3,48 \pm 0,01) \cdot 10^5$ см/с.

Пути повышения точности измерений мы видим в принятии дополнительных мер по стабилизации частоты акустического генератора и в использовании гониометрических методов измерения углов (где точность составляет несколько секунд).

Измерения интенсивности рассеянного света с использованием синхронного детектирования позволили определить амплитуду поверхностных волн вплоть до нескольких ангстрем. Здесь ограничивающую роль играют шумы фотоприемника. Увеличить отношение сигнал/шум системы регистрации примерно на порядок можно с использованием предварительного усилителя, установленного в непосредственной близости к ФЭУ. Измерения показали линейную зависимость амплитуды поверхностной волны от напряжения возбуждения (рис. 2).

Наконец, измерение профиля ПАВ осуществлялось методом лазерного зондирования, основанного на использовании техники «ножевой кромки» [1]. Данный метод основан на отклонении сфо-

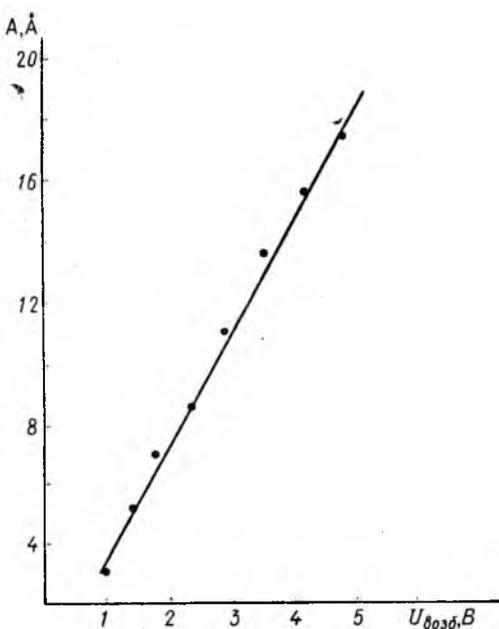


Рис. 2. Зависимость амплитуды ПАВ от напряжения возбуждения

кусированного до размеров d меньших или соизмеримых длине акустической волны Λ , лазерного луча от периодических возмущений поверхности, по которой распространяется ПАВ. Угол отклонения луча пропорционален амплитуде ПАВ. Использование ножевой кромки позволяет преобразовать угловое сканирование луча в модуляцию по интенсивности. При этом фотодетектор регистрирует переменный, с частотой ПАВ сигнал, амплитуда которого зависит от амплитуды ПАВ в той точке образца, на которую падает лазерное излучение.

По сравнению с техникой лазерного зондирования, использующей световые лучи большого диаметра ($d \gg \Lambda$), метод «ножевой кромки» позволяет измерить с большой точностью профиль ПАВ с учетом потерь из-за дефектов поверхности, соизмеримых с Λ .

В теоретическом смысле распространение ПАВ по поверхности образца аналогично дифракции световой волны на узкой щели с апертурой L . При выборе осей координат таким образом, что X будет поперечной, а Z — продольной осью, амплитуда поля распространяющейся волны будет описываться интегралом Френеля [3]

$$A(X, Z) = \int_{N_-}^{N_+} \frac{1}{\sqrt{Z}} \exp[-j\pi v^2/2] dv, \quad (2)$$

где

$$N_{\pm} = \frac{X \pm L/2}{\sqrt{Z/2}}. \quad (3)$$

Блок-схема эксперимента представлена на рис. 3. Световой луч от лазера ЛГ-38 расширялся телескопической системой и подавался на окуляр микроскопа МБС-1. Оптическая система микроскопа позволяла сфокусировать лазерный луч до 5 мкм. Контроль диаметра светового пятна осуществлялся с помощью

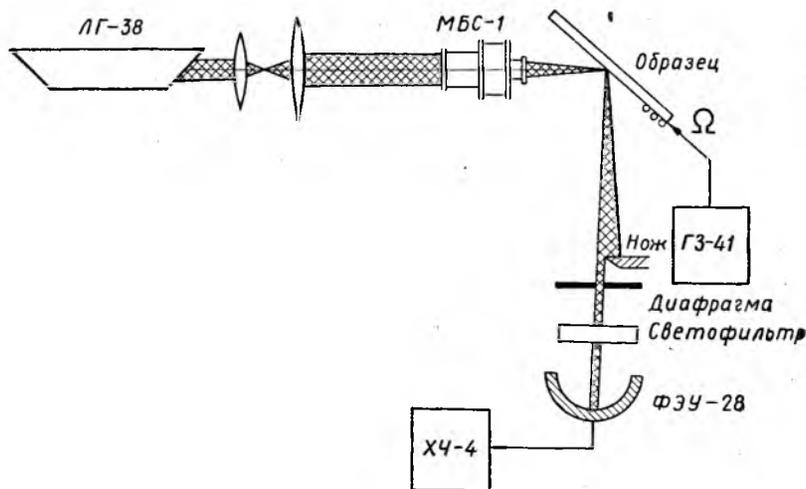


Рис. 3. Измерение профиля ПАВ методом «ножевой кромки»

засветки в фокальной плоскости микроскопа поверхности, на которую был нанесен слой фоторезиста и последующего измерения диаметра засвеченного пятна микроскопом.

Система регистрации переменного сигнала, несущего в себе информацию об амплитуде ПАВ, состояла из ножевой кромки, диафрагмы, комбинированного светофильтра, позволяющего выделить световое излучение в области 0,63 мкм, фотоприемника ФЭУ-28 и селективного усилителя Х4-4. Показания стрелоч-

ного прибора на Х4-4 позволили снять зависимость амплитуды ПАВ при перемещении светового луча по поперечному сечению образца с большой степенью точности.

Результаты экспериментального исследования профиля ПАВ сравнивались с теоретическими кривыми, вычисленными на ЭВМ в соответствии с (2)—(3). Налицо хорошее согласие теории с экспериментом (рис. 4).

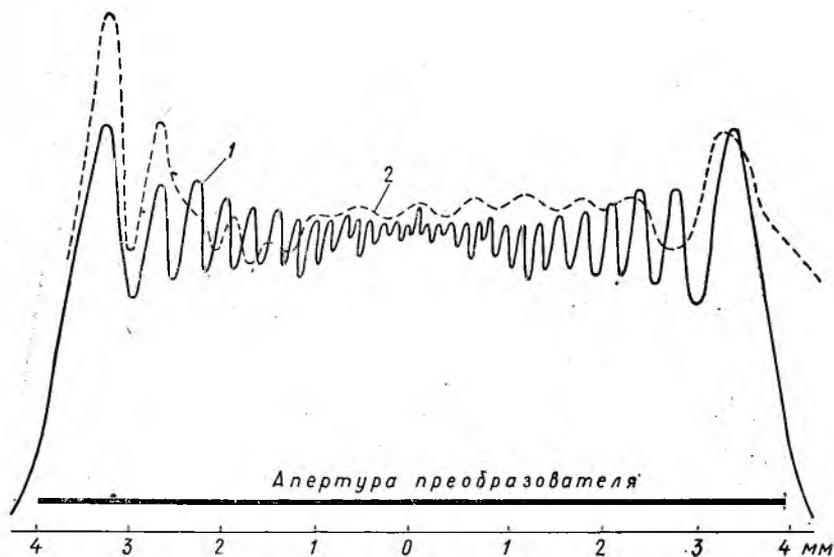


Рис. 4. Распределение поля ПАВ по образцу:
1 — теория; 2 — эксперимент

Осуществляя измерение профиля ПАВ в различных сечениях, можно учесть влияние анизотропии образца и дифракционных эффектов на распространение ПАВ.

Методы лазерного зондирования поверхностных волн просты, удобны и довольно точны. Хотя нами не предпринимались особые меры по механической и акустической развязке экспериментальной установки, результаты работы показали высокую точность измерений, что свидетельствует о перспективности лазерной диагностики поверхностных волн.

Список литературы: 1. Слободник А. Исследование высокочастотных упругих поверхностных волн методом отклонения лазерного луча.— ТИИЭР, 1970, 58, с. 87—88. 2. Adler R., Korpel A. An Instrument for Making Surface Waves Visible.— IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics, 1968, SU-15(3), p. 157—159. 3. Szabo T. L. The effect of Diffraction on the Design of Acoustic Surface Wave Devices.—IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics, 1973, SU-20, p. 240—243.

V. G. Grits, Yu. I. Posudin

SURFACE ACOUSTIC WAVE CHARACTERISTICS
INVESTIGATION BY LASER PROBING

Experimental investigation of the main parameters of Surface Acoustic Waves by the laser probing is provided. The measurements errors are discussed. It is shown that laser probing of Surface Waves is rather perspective and exact.