

05;08;12

©1994

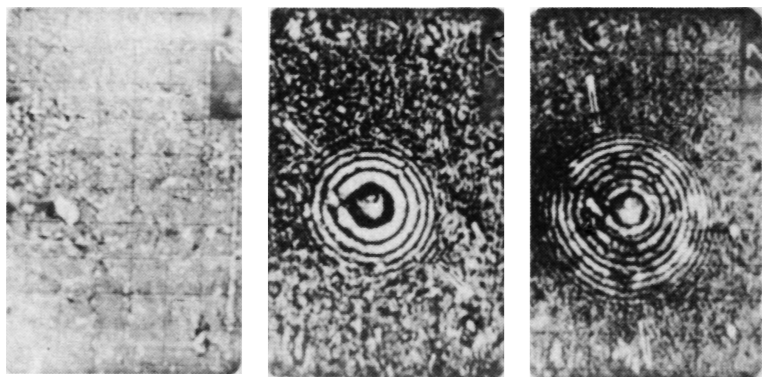
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА В ДЕФЕКТОСКОПИИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.Л. Аганов, А.И. Кустов

В последние годы получили широкое распространение методы акустической микроскопии [1,2], которые существенно расширяют возможности дефектоскопии различных конденсированных материалов. С их помощью удается решать такие задачи, как определение толщины металлических покрытий на полупроводниковых и диэлектрических подложках, обнаружение и характеристика дефектов в объеме образцов и на поверхности, расчет некоторых упругих характеристик материалов [3], дефектоскопия пьезокерамик [4] и т.п. В настоящее время одной из актуальных задач акустической микроскопии является поиск таких областей применения, где ее использование предоставит новую, уникальную информацию об изучаемых объектах, которую невозможно получить другими методами.

В данной работе рассмотрена возможность выявления дефектов сферической формы в конденсированных материалах. Для акустической визуализации поверхности и внутренних подповерхностных слоев изучаемых образцов использовался сканирующий акустический микроскоп (САМ) с рабочей частотой 0.4 ГГц [5]. В качестве объектов исследования были выбраны подповерхностные сферообразные пустоты в однородных материалах. Изучение возможности обнаружения и количественной оценки размеров таких дефектов проводилось на образцах из эпоксидных компаундов, которые применяются в промышленности для изготовления сборок микроэлектронных приборов. Наличие сферических пустот в таких изделиях в ряде случаев приводит к снижению их рабочих характеристик или отказу изделия. Обнаружить дефекты такого типа (с размерами в диаметре от 1 до 300 мкм) другими методами практически невозможно, так как при рентгеновской регистрации они имеют исчезающе малый контраст и компаунд оптически непрозрачен.

Плоская поверхность образца и сферическая поверхность дефекта образуют клиновидную область материала, что приводит при облучении ее монохроматической акустической волной к формированию колец Ньютона на акустическом изображении. Устройство визуализации САМ позво-



а

б

в

Рис. 1. Акустические изображения сферической полости в эпоксидном компаунде (увеличение $230\times$; глубина визуализации: а — 0 мкм, б — 53, в — 90 мкм).

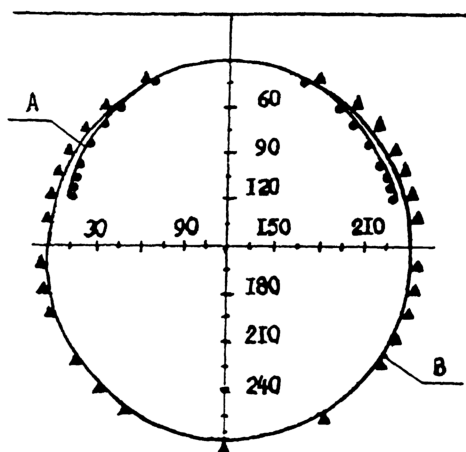


Рис. 2. Сечения подповерхностной сферической полости, полученные с помощью акустического (А) и оптического (В) методов. По вертикали отложены значения глубины визуализации, в мкм, по горизонтали — диаметр дефекта, в мкм.

ляет осуществлять фоторегистрацию получаемых изображений (см. рис. 1), по которым с помощью метода колец Ньютона проводили расчет размеров подповерхностных сферических дефектов. Для расчета глубины визуализа-

ции использовали лучевую модель [6], энергетические коэффициенты трансформации [7] акустических волн на границе иммерсионная жидкость—поверхность образца и учитывали влияние сферической абберации. Для иммерсионных жидкостей и материалов, применяемых в работе, было получено соотношение $d_v \approx 0.6Z$, где Z — расстояние линза—объект, d_v — глубина визуализации (в мкм). Диаметр подповерхностного пузырька на расчетной глубине считали равным диаметру максимального наблюдаемого кольца Ньютона на акустическом изображении (рис. 1, б, в). Методом колец Ньютона рассчитывали диаметр изучаемых дефектов и строили их графическое изображение. Пример сечения одного из таких дефектов приведен на рис. 2. Для подтверждения результатов, полученных акустическим методом, проводились сравнительные исследования разрушающим способом. С поверхности образца снимались слои в 10–15 мкм, а диаметр дефекта контролировался с помощью оптического микроскопа. Результат оптического контроля также приведен на рис. 2 (кривая В). Из анализа полученных кривых видно, что оба метода дают близкие значения диаметров подповерхностной полости (с разницей не превышающей 10%). Расхождение данных с увеличением глубины d_v объясняется относительной узостью крайних колец, низкой энергией АВ на больших глубинах за счет высокого коэффициента их поглощения в эпоксидном компаунде. Возможность определения диаметра подповерхностной полости с помощью САМ и метода колец Ньютона была подтверждена исследованиями пузырьков с диаметрами от 5 до 300 мкм, залегающими на глубинах от 15 до 90 мкм и более.

Таким образом, проведенными экспериментами установлено, что акустический микроскоп отражательного типа дает возможность обнаруживать сферические пустоты внутри изучаемых образцов конденсированных материалов. Он позволяет при использовании метода колец Ньютона определить размеры дефектов и глубину их залегания. Полученная информация позволяет сделать вывод, что САМ может быть использован для расширения возможностей дефектоскопии конденсированных материалов.

Список литературы

- [1] Куэйт К.Ф., Аталар А., Викрамасинг Х.К. // ТИИЭР. 1979. Т. 76. № 8. С. 5–31.
- [2] Lemon R.A., Quate C.F. // Physical acoustics: principles and methods. Ed. Mason W.D. 1979. V. XII. P. 83–156.
- [3] Бернштейн М.Л., Капуткина Л.М., Морозова Т.В., Кустов А.И. // ФММ. 1988. В. 6. Т. 6. № 65. С. 1155–1162.
- [4] Кустов А.И., Кулаков М.А., Морозов А.И., Ибрагимов Н.С., Новиков С.Н. // Поверхность. 1989. № 4. С. 157–159.

- [5] Кулаков М.А., Кустов А.И., Морозов А.И. // ПТЭ. 1986. № 2. С. 194-196.
- [6] Parmon W., Bertoni H.L. // Electron. Lett. 1979. V. 15. N 21. P. 684-686.
- [7] Бреговский Л.М. Волны в слоистых средах. М., 1957. 372 с.

Высшее военное
авиационное инженерное
училище,
Воронеж

Поступило в Редакцию
12 мая 1994 г.