АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 1994, том 40, № 5, с. 849 - 850

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.8+549.08

АКУСТИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ – НОВЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

© 1994 г. Г. Б. Корнилов, А. В. Лазарев, А. И. Морозов, Чжан Сунгэнь

Институт радиотехники и электроники РАН

103907 Москва, ул. Моховая, 11

Поступила в редакцию 06.11.93 г.

В настоящее время в ювелирной промышленности используется около двухсот природных камней и их разновидностей, а также большое количество синтетических аналогов и имитаций [1]. Для их идентификации применяется ряд методов диагностики, основанных на измерении плотности, твердости, дисперсии, показателя преломления и других физических характеристик материала. Однако каждому методу диагностики присущи существенные недостатки, связанные с первую очередь с неоднозначностью дифференциации, когда ряд разных камней имеет одинаковые или близкие значения диагностического параметра. Поэтому возникает необходимость применения не одного, а совокупности методов. В этой ситуации существенным дополнением к традиционным методам может служить рассматриваемый в настоящей работе метод диагностики ювелирных камней с помощью акустического микроскопа. Он основан на измерении в локальной области камня его акустических параметров – скоростей и коэффициента поглощения вытекающих поверхностных акустических волн (ПАВ).

В работе использовался сканирующий акустический микроскоп, работающий в режиме отражения [2]. В качестве иммерсионной жидкости применялась дистиллированная вода. Методом анализа кривых $V(z)$ [3], полученных на частоте $f = 400$ МГц, определяли скорости ПАВ v_r в двадцати наиболее распространенных ювелирных камнях и их имитациях. Измерялись ограненые камни и кабошоны – овальные камни без граней, изготовленные из минералов различных месторождений. Дополнительной механической обработке они не подвергались.

Измерения скорости ПАВ в пределах одной грани камня проводились в нескольких точках, затем усреднялись. Ошибка отдельного измерения скорости ПАВ не превышала 1%. Она зависит от конструкции микроскопа и от плоскостности исследуемого участка поверхности камня. Для измерения скорости ПАВ практически требуется небольшая плоская площадка размером ≤10 длин волн ПАВ. На частоте 400 МГц это составляет порядка 200 мкм, что позволяет использовать любую плоскость огранки камня. Для кабошонов, учитывая их сравнительно большие размеры, исследуемые участки также можно было бы считать плоскими. Действительно, разница измеренных скоростей ПАВ на округлой (верх) и плоской (низ) поверхностях кабошонов разных размеров из бирюзы не превосходила 2%, тогда как разница скоростей ПАВ в бирюзе разных месторождений, например, Китая и Средней Азии, доходила до 30%. Она также была заметно меньше изменения V_r (до ~15%) в бирюзе при разных способах ее пропитки пластиками или воском). Полученные результаты хорошо согласуются с исследованиями [4] влияния кривизны поверхности на величину скорости вытекающих ПАВ, измеряемой с помощью акустического микроскопа.

Для иллюстрации возможностей метода в табл. 1 представлены значения ряда диагностических параметров двух драгоценных камней (самоцветов) первого порядка – рубина, алмаза и их основных имитаций.

Из таблицы видно, что по измерениям плотности рубин (сапфир) трудно отличить от альмондина и циркона, по измерениям показателя преломления света – от альмондина, дисперсии – от пиропа и турмалина. Вместе с тем скорость ПАВ в рубине сильно разнится от скоростей всех пяти имитаций. Для алмаза (бриллианта) отличие скорости ПАВ от таковой для всех приведенных в таблице и других его имитаций еще более существенно, что позволяет быстро и безошибочно отличить алмаз от любой из них. Эти примеры показывают надежность диагностики алмаза и рубина по величине скорости ПАВ. Отличие значений физических параметров для циркона и фианита при имитации алмаза от их значений при имитации рубина связано с различием примесного состава образцов.

Однако в общем случае результаты диагностики только по значению скорости ПАВ не всегда однозначны и поэтому необходимо использовать другие режимы работы микроскопа. Так, например, диагностировать бирюзу (измеренные значения $V_r = 2.75 - 3.55 \times 10^5$ см/с) от стекла ($V_r = 2.50 - 3.45 \times 10^5$ см/с) надежнее не по скоростям ПАВ, значения которых могут совпадать, а по величинам их затухания, которое для всех типов бирюзы было значительно больше, чем для стекла.

Таблица 1

Камень	Плотность, 10^3 кг/м^3	Твердость по Моосу	Показатель преломления	Дисперсия	Скорость ПАВ, 10^3 м/с
Алмаз	3.51	10	2.417	0.063	>6
Фианит	5.5 - 6	7.5 - 8	2.10 - 2.20	0.059 - 0.065	4.50 - 4.55
Циркон	4.6 - 4.8	7.5	1.97 - 2.01	0.039	4.55
Демантоид	3.82 - 3.85	6.5 - 7	1.888 - 1.889	0.057	4.50
Топаз	3.49 - 3.56	8	1.61 - 1.62	0.014	5.05 - 5.15
Стекло	2.0 - 4.5	5 - 7	1.44 - 1.77	0.010	2.50 - 3.45
Рубин	3.9 - 4.1	9	1.759	0.018	5.55 - 5.65
Альмандин	3.95 - 4.30	7 - 7.5	1.75 - 1.83	0.027	4.50
Пироп	3.51	7 - 7.5	1.706 - 1.746	0.017	4.7
Циркон	4.08 - 4.60	7 - 7.5	1.84 - 1.97	0.039	4.55
Турмалин	3.03 - 3.10	–	1.615 - 1.620	0.017	5.00
Фианит	6 - 10	8	2.10 - 2.20	0.062	4.50 - 4.55

Диагностику камня также можно проводить и по величине акустического импеданса для продольных объемных волн. В этом случае сравниваются амплитуды импульсов отраженного от поверхности исследуемого объекта и от границы линза–иммерсионная жидкость (или от поверхности эталонного образца). При использовании в качестве иммерсионной жидкости ртути или галлия данный метод, как показали оценки, обладает достаточно хорошим разрешением.

Применение акустического микроскопа перспективно и для экспертизы составных камней, например, дублетов, склеенных из стекла и натурального камня. Наличие склейки проявляется в появлении дополнительного задержанного акустического импульса, отраженного от внутренней границы стекло–камень. При этом толщины слоев могут быть определены по временам задержки, а их материал – по величинам скоростей ПАВ.

В режиме визуализации акустический микроскоп может быть применен для исследования структуры камня, обнаружения включений, двойников даже в оптически непрозрачных или слабоконтрастных образцах и выявления дублетов по включениям и пузырькам, которые обычно имеются в плоскости склеивания.

Таким образом, метод идентификации ювелирных камней, основанный на использовании акустического микроскопа, дает новую дополнительную информацию о свойствах камня. Он позволяет проводить экспрессный (3 - 5 минут) неразрушающий анализ камня непосредственно в оправе без дополнительной механической обработки его поверхности. Кроме того, данный метод диагностики применим к камням малых размеров различной прозрачности, структуры и однородности. В силу перечисленных достоинств он может занять подобающее место среди известных методов экспертизы. Однако для его широкого применения потребуется оптимизация конструкции микроскопа, в частности, изменение его энергетических, весовых характеристик, и проведение измерений по созданию каталога (таблиц) значений скоростей ПАВ для разных минералов и их месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Корнилов Н.И., Солодова Ю.П.* Ювелирные камни. М.: Недра, 1986. 283 с.
2. *Кулаков М.А., Кустов А.И., Морозов А.И.* Сканирующий акустический микроскоп // ПТЭ. 1986. № 2. С. 194 - 196.
3. *Weglein R.D.* A model for predicting acoustic material signatures // Appl. Phys. Lett. 1979. V. 34. № 3. P. 179 - 181.
4. *Hadjoub Z., Doghmane A., Caplain R., Saurel J.M., Attal J.* Acoustic microscopy investigations of nonplanar surfaces // Electron. Lett. 1991. V. 27. № 6. P. 537 - 539.