УДК 620.179.15

А.С.МУСТАФАЕВ
Факультет фундаментальных и гуманитарных дисциплин
профессор кафедры общей и технической физики,
Н.С.ПЩЕЛКО
доцент кафедры общей и технической физики
И.И.ПАВЛИКОВ
Геолого-разведочный факультет, группа РТ-03
Е.Ю.ЗЕВЕЛЕВ
Горный факультет, группа ТПР-03

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АЛМАЗОВ И ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

Проведен комплексный анализ основных существующих методов идентификации алмазов. Показано, что высокая теплопроводность не может однозначно свидетельствовать о подлинности алмаза в связи с появлением в последнее время имитаций на основе синтетического карбида кремния. Указано на перспективность и недостаточную полноту разработки электрических методов диагностики драгоценных камней. Предложена группа новых электрических методов идентификации алмазов. Разработаны схемы для измерения больших сопротивлений, диэлектрической проницаемости и поверхностного потенциала, которые могут быть использованы для идентификации алмаза. Изготовлен работоспособный макет, испытанный при исследовании новых и известных диэлектрических материалов. Показана возможность выявления данным способом различий в электрофизических свойствах внешне идентичных материалов.

A complex analysis of the modern methods used for diamond identification is carried out. It is shown that high thermal conductivity can not unambiguously indicate the diamond authenticity as synthetic silicon-carbide imitations have recently appeared. Electrical methods of precious stone diagnostics are shown to be perspective but still underdeveloped. A complex of innovative electrical methods of diamond identification is suggested. Techniques to measure high resistance, dielectric permittivity and surface potentials, which can be used in the diamond identifying procedure, are developed. An operating model is tested in studying new and traditional dielectric materials. The possibility to reveal differences in electrical and physical properties of outwardly identical materials is shown with application of this method.

В настоящее время в качестве ювелирных камней применяется большое число минералов и горных пород, органогенных образований, природных, облагороженных и искусственно выращенных материалов. Многие из них имеют ряд сходных или одинаковых признаков, что затрудняет их диагностику. Методам диагностики посвящено большое число работ [2, 3]. Все они основаны на определении главных свойств и внутренних особенностей исследуемого материала.

Важнейшими свойствами, во многом определяющими ценность ювелирных камней, являются: прозрачность и цвет, плеохроизм, показатель преломления и его дисперсия, блеск, люминесценция, возникающая под действием ультрафиолетового облучения, твердость и ее анизотропия, спайность (особенно при идентификации необработанных минералов), плотность, теплоемкость и способность электризоваться.

Для диагностики минералов используются электронные микроскопические исследования, рентгеноструктурный и спектральный анализы, рентгенолюминесценция, рентгенография и катодолюминесценция. Последовательность применения методов диагностики ювелирных камней изложена в работе [2].

Несмотря на большое число известных способов выявления имитаций, разработка новых методов диагностики ювелирных камней сегодня особенно актуальна в связи с необходимостью сертификации алмазов и драгоценных камней для обеспечения банковских операций и надежной работы таможенных органов.

Анализ существующих методов идентификации алмазов и драгоценных камней показывает, что сегодня практически отсутствуют электрические методы их диагностики. И это не удивительно, так как алмаз является диэлектриком и имеет высокое удельное сопротивление – более 10^{15} Ом·м (за исключением относительно низкоомных черных алмазов). Такое удельное сопротивление достаточно сложно измерить известными приборами. В то же время возможность регистрации высокого удельного сопротивления материала открывает путь для его надежной идентификации.

Представляется перспективным исследование процессов накопления и релаксации инжектированного в драгоценные камни заряда. Эти процессы обычно изучаются применительно к электретам [4] – материалам, способным длительное время (годами) сохранять избыточный электрический заряд, сообщенный им при электризации. Электретный эффект в той или иной степени присущ всем высокоомным диэлектрикам. Однако применительно к драгоценным камням подобных исследований в литературе выявить не удалось. Вероятно, это связано с тем, что электретным эффектом занимается узкий круг специалистов, а стандартной аппаратуры для измерения характеристик электретов практически не существует. Стабильность и количество электрического заряда, инжектированного в диэлектрик, существенно зависит и от его структурных особенностей.

Помимо инжектированного электрического гомо-заряда на картину распределения электрических полей в диэлектриках может существенно влиять наличие миграционного заряда [5], связанного с примесями и другими дефектами структуры материала.

Закономерности релаксации поверхностного потенциала могли бы явиться дополнительным признаком идентификации образца. Измеряя релаксацию поверхностного потенциала с течением времени, можно судить о количестве дефектов кристаллической структуры, наличии незаполненных химических связей, о микроскопических количествах примесей и других важных характеристиках.

Для измерения сверхвысоких сопротивлений, емкости и токов утечки в образцах авторами разработана электрическая схема (рис.1) и созданы малогабаритные приборы. Принцип работы схемы основан на законе сохранения заряда: подсоединяя предварительно заряженную исследуемую электрическую емкость $C_{обр}$ (образец) к известной (например, C_1) и измеряя установившееся электрическое напряжение, определяют $C_{обр}$ и диэлектрическую проницаемость образца. Регистрация напряжения производится с помощью полевого транзистора с высокоомным входом для исключения стекания заряда через измерительный прибор. Измеряя постоянную времени саморазряда образца при известной диэлектрической проницаемости, определяют удельное сопротивление образца.

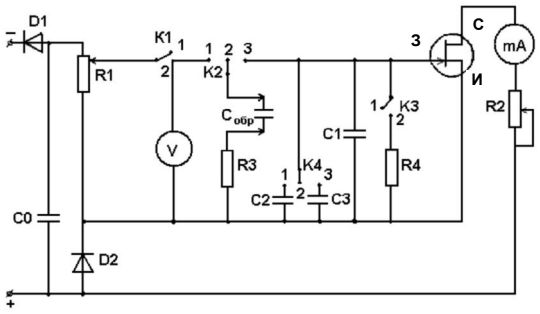


Рис.1. Схема измерения высоких сопротивлений, емкости и токов утечки

Для бесконтактного измерения поверхностного потенциала электризованных диэлектриков разработана схема (рис.2). Принцип измерения основан на использовании МДП – транзистора со встроенным каналом с высоким (порядка 10^{12} Ом) входным сопротивлением. Под действием внешнего электрического поля образца, воздействующего на

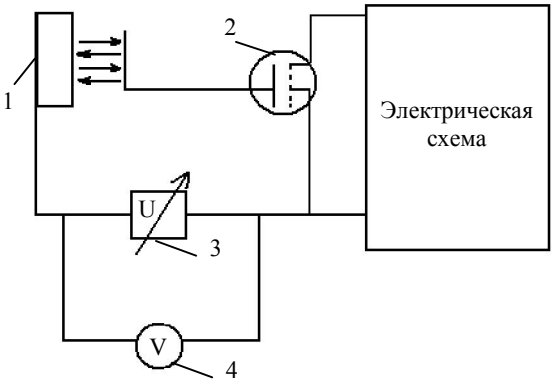


Рис.2. Принципиальная электрическая схема для измерения поверхностного потенциала образца
1 – исследуемый образец; 2 – транзистор;
3 – источник напряжения; 4 – вольтметр

затвор транзистора, изменяется ток стока транзистора. С помощью регулируемого источника напряжения создается электрическое поле, противонаправленное внешнему так, чтобы ток стока принял исходное значение. Измеряемое вольтметром напряжение равно по величине и противоположно по знаку поверхностному потенциалу образца.

Для иллюстрации чувствительности предлагаемых методов на рис.3 приведены кривые релаксации поверхностного потенциала щелочного стекла, в различных точках (1-4) отстоящих друг от друга на 1 см. Видно существенное различие в характере релаксации (вплоть до смены знака), связанное с неоднородностью структуры исследуемого материала. Исследован ряд новых и известных диэлектрических материалов. Результаты подтверждают возможность неразрушающего контроля характерных для данного материала особенностей предложенными электрическими методами. Принципиальная возможность подобного контроля дана в работе [1].

Кроме того, ряд других электрических характеристик могут быть важны для диагностики алмазов и драгоценных камней, например нелинейность вольт-амперной характеристики, тангенс угла диэлектрических

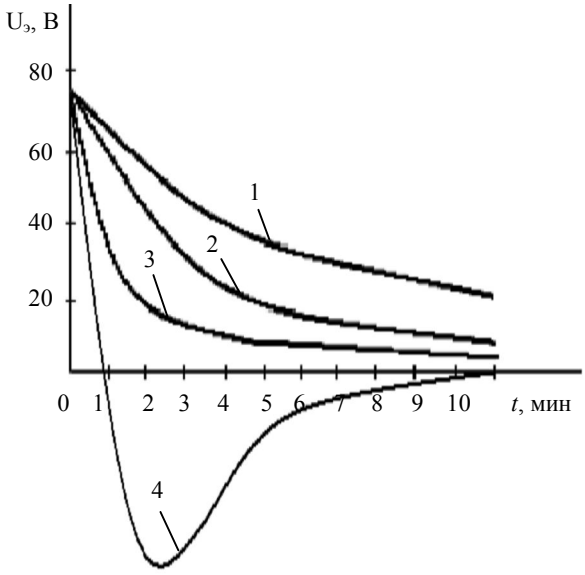


Рис.3. Графики релаксации поверхностного потенциала в образце из щелочного стекла

потерь, переходные RC-процессы. Представляет интерес исследование влияния поверхностного потенциала на краевой угол смачивания и другие важные характеристики материалов.

Таким образом, существуют хорошие предпосылки для создания новых электрических методов диагностики алмазов и ювелирных камней. С этой целью планируются систематические исследования конкретных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексное исследование диэлектрических и физико-механических свойств реальных керамических микроизделий / А.А.Ганибалов, Г.М.Марчук, Н.С.Пщелко, В.Н.Рудаков, В.Н.Самодуров // Дефектоскопия. 1989. № 7.

2. *Солодова Ю.П.* Руководство по диагностике ювелирных камней / Ю.П.Солодова, Б.Г.Гранадчикова. М.: Финансы и статистика, 1981.

3. *Солодова Ю.П.* Определитель ювелирных и поделочных камней. М.: Недра, 1985.

4. Элекреты / Под ред. Г.Сесслера. М.: Мир, 1983.

5. *Pschelko N.S.*, *Rastegaev V.P.* Interlayer Polarization of Ionic Dielectrics as a Basis of Anodic Bonding Technology // Book of Abstracts. Meeting of the European Ceramic Society.St.-Petersburg, 2004.