



(21) 申請案號：107106666

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 02 月 27 日

(51) Int. Cl. : G01N29/036 (2006.01)

(30) 優先權：2017/02/28 美國 15/444,736

(71) 申請人：美商美國寶石學院公司 (美國) GEMOLOGICAL INSTITUTE OF AMERICA, INC.
(US)

美國

(72) 發明人：羅德斯 喬治 懷特 RHODES, GEORGE WYATT (US)；瑪加納 莎莉 凱薩琳
MAGANA, SALLY CATHERINE (US)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：7 共 42 頁

(54) 名稱

識別寶石特徵及分析寶石

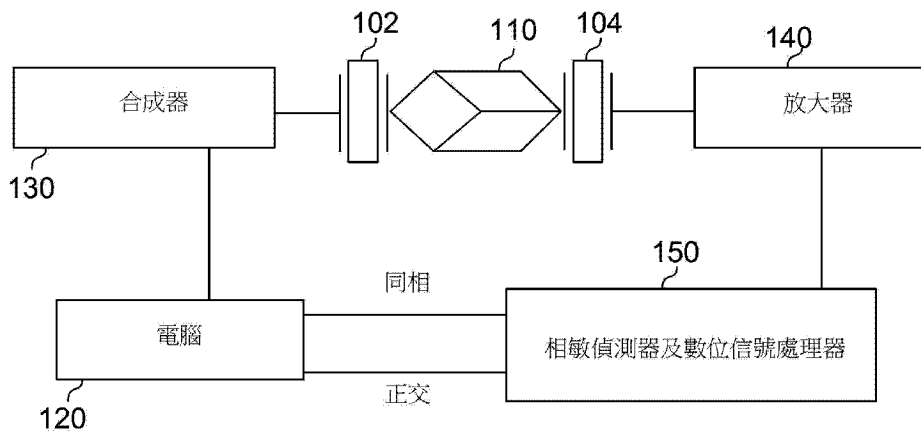
FINGERPRINTING AND ANALYZING GEMSTONES

(57) 摘要

本文所揭示之實施例係關於使用諧振超音波光譜術之技術檢查包含經切割/拋光及粗糙之鑽石之寶石。諧振頻率藉由使用一掃掠正弦振盪器機械地引起石頭振動、感測諧振及顯示光譜以產生描述石頭之一圖案而獲得。諧振特徵可用於追蹤一個別石頭以驗證其完整性或對一粗糙石頭分級以確定潛在價值。

The embodiments disclosed herein relate to the examination of gemstones including diamonds, both cut/polished and rough, using the technology of Resonant Ultrasound Spectroscopy. The resonant frequencies are obtained by mechanically causing the stone to vibrate using a swept sine oscillator, sensing the resonance vibrations, and displaying the spectrum to yield a pattern describing the stone. The resonance fingerprints can be used to both track an individual stone to verify its integrity or to grade a rough stone to establish potential value.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 102 . . . 傳感器/壓電晶體
- 104 . . . 傳感器
- 110 . . . 檢查中之石頭
- 120 . . . 電腦
- 130 . . . 頻率合成器
- 140 . . . 放大器
- 150 . . . 相敏偵測器及數位信號處理器

【圖1B】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

識別寶石特徵及分析寶石

【英文發明名稱】

FINGERPRINTING AND ANALYZING GEMSTONES

【技術領域】

本申請案係關於寶石之非破壞性測試之領域，例如鑽石在包含(但不限於)切割、拋光石頭及/或使石頭粗糙以產生一石頭之一數位識別之任何條件。一些實施例包含寶石之分析以識別可用於依潛在價值對石頭進行分類之物理特性。

【先前技術】

鑽石開採為自其經歷檢查以判定其價值係一寶石或工業用途之粗糙石頭。25%以下之所開採之鑽石值得切割及拋光以產生用於珠寶之寶石。大約40%之剩餘族群仍具有做為用於機器工具之工業鑽石的價值，且剩餘部分磨成粉末以提供用於碾磨應用之塗層。因此，有效及準確地作出此等判定係有用的。

粗糙石頭一般存在於兩種條件下：塗佈及未塗佈。塗佈石頭具有將石頭顯現為不透明之不同於主要晶體結構之一層多晶鑽石。由於無法看見或難以使用人類檢驗看見任何破裂或夾雜物，因此此可干擾光學檢驗。一可靠分類系統係非常有用。

另外或替代地，作為高價值物品，寶石可被盜。需要在其起源識別此等石頭以稍後用於身份確認。另外或替代地，作為高價值物品，寶石通常隨時間改變保管。一旦一石頭經切割及拋光，吾人將期望識別物件以確保

其完整性及身份。此處之系統及方法滿足此等及其他需要。儘管本文中許多實例係針對鑽石之分析及識別，但應明確瞭解本發明不受限於此且可適用於多種其他寶石，包含(但不限於)剛玉、碧璽、綠寶石及藍黝簾石。

【發明內容】

此處之系統及方法可包含：安裝待在一測試台上測試之一石頭；由至少兩個壓電傳感器接觸該石頭；透過所關注之一預定範圍振動該等壓電傳感器之至少一者以在該石頭中產生諧振；感測該等壓電傳感器之至少一者之所得諧振；藉由使用諧振信號之演算法、同相分量及正交分量來控制含有一處理器及記憶體之諧振超音波光譜儀以產生一諧振資料而放大傳感器信號之兩者以滿足信號雜訊要求，因此引起一使用者介面中之諧振資料顯示在控制電腦上。

在一實例中，此處之系統、方法及非暫時性電腦可讀媒體包含：使用具有一處理器及記憶體之一晶片作為用於將一輸入信號發送至一第一輸入傳感器之一信號產生器及一信號處理器，其中在使用時，該第一輸入傳感器正接觸一受評估石頭；接著，自一第二接收器傳感器接收一諧振信號，其中在使用時，該第二接收器傳感器正接觸該受評估石頭；接著，使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍；接著，接收一範圍中之所接收信號。接著，在一些實例性實施例中，該晶片用於使用演算法處理該範圍中之所接收信號及將該受評估石頭之所接收之信號之處理範圍發送至用於顯示之一電腦。

此處之另一實例性系統及方法可包含：安裝待在一測試台上測試之一石頭；由至少兩個壓電傳感器接觸該石頭；透過所關注之一預定範圍振動一壓電傳感器以在該石頭中產生諧振；同時感測另一相同壓電傳感器之所

得諧振；藉由使用諧振信號之演算法、同相分量及正交分量來控制含有一處理器及記憶體之諧振超音波光譜儀以產生一諧振資料而放大兩個傳感器信號以滿足信號雜訊要求，因此引起一使用者介面中之諧振資料顯示在控制電腦上。

此處之系統及方法包含具有一處理器及記憶體之一電腦，其透過該諧振超音波光譜儀與一第一輸入傳感器及一第二接收器傳感器通信以將一輸入信號發送至該第一輸入傳感器。在一些實例性實施例中，該第一輸入傳感器正接觸一受評估石頭。在一些實例性實施例中，該電腦可用作為用於自該第二接收器傳感器觀察一諧振信號之一圖形界面。另外或替代地，在一些實例性實施例中，該諧振超音波光譜儀可用於放大激勵信號及接收信號兩者，且使用演算法出處理所接收之信號。且另外或替代地，在一些實例性實施例中，該電腦可用於基於經處理之信號而觀察該受評估石頭之諧振資料。

【圖式簡單說明】

為理解本發明及查看其在實踐中如何實施，現將參考附圖僅以非限制性實例之方式描述實施例，其中：

圖1A、圖1B及圖1C係可用於實施本文所描述之方法之硬體之實例性硬體系統圖；

圖2係可使用本文所描述之系統及方法確定之一實例性圖表。

圖3A及圖3B係可使用本文所描述之系統及方法確定之各種主體之實例性圖表。

圖4至圖6係可使用本文所描述之系統及方法確定之實例性圖表。

圖7係可用於實施本文所描述之方法之一實例性電腦系統。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

本國際專利申請案係關於且主張名稱為「Method for Fingerprinting and Sorting Diamonds」之2017年2月28日申請之美國實用專利申請案第15/444,736號之優先權，其全部內容以引用的方式併入本文中。

現詳細參考實施例，其實例繪示於附圖中。在以下詳細描述中，闡述數種具體細節以提供本文所呈現之標的之一充分理解。但一般技術者應明白可在無需此等具體細節之情況下實踐標的。再者，本文所描述之特定實施例以實例之方式提供且不用用於使本發明之範疇受限於此等特定實施例。在其他情況中，尚未詳細描述熟知資料結構、時序協定、軟體操作、程序及組件以不必要致使本發明之實施例之態樣不清楚。

概述

鑽石開採為自其經歷檢查以判定其價值係寶石品質或兩種不同工業品質之粗糙石頭。但歸因於分析接近礦源之石頭之技術障礙，在適當分析及歸類以處理及切割之前，石頭通常交易多次。此外，此等石頭之識別可係有用的。寶石通常切割及拋光至可使得難以區分類似重量、切成類似比例之鑽石之非常類似之量測。具有非常高透明度之諸如鑽石之寶石具有可助於區分類似鑽石之非常少內部特徵且內部特徵之存在或不存在通常無法定量地良好表示。石頭可錯誤識別及彼此混淆。

諸如本文所描述之系統及方法允許經切割及/或拋光之石頭以及一些粗糙鑽石之可靠分析。另外或替代地，此處之系統及方法可用於產生可用於稍後識別一個別石頭及/或在稍後回收及/或追蹤之後驗證此等石頭個別石頭之一數位識別符。

石頭之此分析及識別可藉由應用此處之系統及方法而完成，其調用諧振超音波光譜術(RUS)之使用。RUS可係指在一特定機械力及頻率輸入下使用一激發器將諸如機械振動之能量施加於一石頭且接著接收包含由該石頭產生之任何諧振之能量。在一些實例中，可賦予一輸入頻率範圍以接收可繪圖及以其他方式分析之輸出回應之一範圍。在其他實例中，在所接收之信號之範圍內偵測一諧振頻率或多個諧振頻率。此等諧振係比其他頻率所表明之雜訊底限高很多之振動且可如本文所描述使用以識別或以其他方式分析一石頭。

此等所接收之RUS信號實例可反映個別石頭之實體形狀、密度、結構異常及/或彈性性質，且藉此助於識別石頭中之此等特性。且在其中密度幾乎相同之一些實例中(例如如同經切割及拋光或粗糙之所有或大多數鑽石之情況)，特定諧振可為石頭之幾何形狀及甚至彈性性質之結果。因此，即使組成類似之石頭亦可由其他性質區分。

所分析之各石頭之所接收之信號圖可儲存及登記使得其可用於與一稍後圖相比較以識別該石頭或甚至一實體之部分。在一些實例性實施例中，可考量可用於識別之此一唯一信號或將其指稱一識別符或石頭之「特徵」。

應注意此處，術語「特徵」不意欲具限制性。術語特徵或識別寶石特徵可用於係指可儲存及用於稍後識別相同物件及/或判定石頭之某些特性之一唯一識別符。在一些實例中，特徵係自一個別石頭接收之諧振能量之一圖或圖表，其用於分析及/或識別該石頭。如同基於人類手指之皮膚之隆起，每個人具有一不同指紋，可獲得、分析其他物件之唯一物理性質且將其用於稍後識別一石頭。在此處之實例中，可使用所描述之諧振技術發現

此等特徵或唯一識別符。

儘管本文之諸多實例係針對鑽石之分析及識別，但但應明確瞭解本發明不受限於此且可適用於多種其他寶石，包含(但不限於)剛玉、碧璽、綠寶石及藍黝簾石。

系統實例

另外或替代地，在一些實例性實施例中，可用於執行此處所描述之方法之該(等)系統可包含一起工作之特定硬體及電腦資源。圖1A展示可在本文之實例性實施例中使用以將能量施加於一石頭且藉此接收包含任何諧振能量之回應回程之硬體之實例性配置。可處理此等回應且隨後顯示在一使用者介面中及/或以其他方式分析此等回應。

在圖1A中，耦合至或以其他方式接觸一檢查中之石頭110之一系統106中展示至少兩個傳感器102、104。傳感器102、104可連接至或藉由一有線112或無線(圖中為描繪)連接以其他方式與一電腦120通信。此電腦120亦可自接收傳感器104接收資料以自石頭110分析諧振圖案，如本文所討論。

傳感器102、104可包含可賦予能量及/或接收能量之壓電組件。在一些實例中，所賦予或施加之能量可呈由一第一壓電傳感器102賦予一石頭110之機械振動之形式。在一些實例性實施例中，輸入能量可包含如本文所描述之超音波頻率之一特定集合或範圍。

在較佳實施例中，一第二傳感器104可用於感測、接收或以其他方式偵測包含任何諧振回應之石頭110之機械回應。來自此等接收傳感器104之信號可發送至各種電腦120硬體以放大、處理、繪圖及/或以其他方式分析。在一些實例中，電腦120可充當適當描述符合光譜之接收輸入及判定相關諧

振之一連接動態信號分析器。在一些實例中，信號產生器、放大器及光譜儀係如本文所描述之單獨組件部分。

藉由獲知輸入頻率範圍，且藉由接收各個別石頭之一特定範圍之信號回應，一可重複方法可用於使用本文所描述之系統及方法分析及/或識別一石頭。在一些實例性實施例中，所得信號可圖形地描繪於一使用者介面上，如(例如)圖2中所展示。在一些實例性實施例中，所得信號可繪圖、數位映射或以其他方式取樣及儲存以待稍後與其他信號比較。在一些實例性實施例中，此所得信號可指稱石頭之諧振特徵。

在圖1A之實例中，一整合式RUS系統含於包含(但不限於)一信號產生器、放大器及光譜儀之電腦120內。在一些實例性實施例中，一單獨RUS系統位於傳感器102、104與電腦120之間或與傳感器102、104及電腦120通信。在此等實例性實施例中，RUS系統(圖1A中未描繪)將發送命令及/或產生輸入傳感器102之信號，包含放大信號以及自接收傳感器104接收一信號且放大及處理該所接收信號以待一光譜儀處理。此等實例中之電腦120僅可用於顯示經處理之信號及/或所儲存之資料之所得圖形。可如本文所描述利用各種外殼及周邊連接中之硬體組件之任何組合或排列。

應注意在一些實例中，傳感器102、104之間的檢查中之石頭110可影響一RUS分析之輸出。實例性定向包含石頭110之抬面至底尖點(table-to-culet)或腰部至腰部(girdle-to-girdle)定向。就相同鑽石之後續掃描之峰值偵測之再現性及區分具有標稱上類似特性之鑽石而言，各定向可提供優點及缺點。因此，一特定RUS分析之各石頭110之定向可需要標注以其他方式包含於任何圖或報告中。

圖1B展示替代地或除圖1A之電腦配置之外之一實例性示意圖實施

例。在圖1B中，電腦120可包含一顯示器、資料儲存器及/或命令發送器配置至系統之剩餘部分。在如圖1B中所展示之一些實例中，系統可包含與電腦120通信之一頻率合成器130，其中合成器130經組態以當由電腦120給定一命令時產生一電氣信號及/或信號之範圍。合成器130可連接至一壓電晶體102，其將自合成器130接收之電氣信號轉換為一機械振動。此一實例性機械輸入傳感器102可接觸一石頭110以引起其振動。如下文所描述，頻率之一範圍可由輸入傳感器102賦予石頭110。

回應於所賦予之頻率，石頭110將振動且與石頭110接觸之一額外接收傳感器104可經組態以感測所得振動且將一電氣信號發送至一放大器140以待處理。在一些實例中，此等所得振動可導致包含特定諧振峰值之回應之一範圍，其可如本文所描述發送及繪圖或取樣。

在一些實例中，放大信號接著由一相敏偵測器及數位信號處理器150處理且同相及異相或正交信號兩者可發送至電腦120以待處理及分析。在一些實例性實施例中，一程序用於添加信號。在一些實例中，平方之和之平方根用於處理信號。例如：

$$\text{和} = \sqrt{(1 \text{ signal}^2) + (2 \text{ signal}^2)}$$

接著，所得能量圖可顯示在一使用者介面電腦120上作為峰值之一全正集合之一圖表而非分析負諧振峰值及正諧振峰值兩者，如(例如)圖2中所展示。

應注意圖1B中之組件(諸如合成器130、放大器140、相敏偵測器及數位信號處理器150)亦可為電腦120自身之部分或在電腦120自身中工作。換言之，在一些實例中，圖1B中之此等組件部分可包含於電腦120中。

圖1C係除圖1A及圖1B之外或替代圖1A及圖1B之另一硬體組態實

例。圖1C之實例包含一應用特定積體電路160 (ASIC)及/或具有整合式記憶體(諸如(但不限於) ROM、RAM、EEPROM、快閃記憶體)及包含微處理器之處理器之系統單晶片。一些實例可包含諸如火龍果系統中之配置，但除此一系統單晶片之外或替代此一系統單晶片，可使用其他配置及硬體。此一系統單晶片160可接收諸如(但不限於)一5伏特電源162之電力。在一些實例性實施例中，晶片160亦可藉由一乙太網路、其他有線或甚至無線通信配置耦合至一電腦164或與一電腦164通信。在此等實例性實施例中，系統單晶片160可充當RUS系統之信號產生器及信號處理器。

在圖1C中所展示之此等實例性實施例中，系統單晶片160亦可與一電荷放大器166通信及/或耦合至一電荷放大器166。此一電荷放大器166可充當至受評估石頭110之輸入信號之一放大器。此一電荷放大器166可耦合至第一傳感器168及/或與第一傳感器168通信，當第一傳感器168接收來自電荷放大器166之一輸入信號時，第一傳感器168可振動以將輸入頻率遞送至受評估石頭110，如本文所描述。系統單晶片160亦可耦合至另一放大器及/或與另一放大器(RUS放大器170，其可充當自第二傳感器172接收之頻率之放大器)通信。當在使用時，此第二傳感器或接收傳感器172可與受評估石頭110通信及/或觸碰受評估石頭110及透過其壓電配置接收受評估石頭110之頻率(包括任何諧振頻率)。接著，此所接收信號可由RUS放大器170放大及發送至晶片160以待處理。在圖1C之實例中，系統單晶片160充當信號產生器及信號處理器，其接著發送電腦164自受評估石頭110接收及處理之資料以分析、繪圖及顯示。

在一些實例性實施例中，晶片160及/或電腦164可與諸如網際網路之一網路通信。透過此一連接，晶片160及/或電腦164可與託管於一網路伺服器

器上之軟體互動。在一些實例性實施例中，用於RUS系統之軟體儲存於本端電腦164及/或晶片160上。在一些實例性實施例中，軟體儲存於本端電腦164及/或晶片160上以及可經由網路存取。

應注意圖1A、圖1B及圖1C之實施例可組合及用於各種組合中。實施例不必要彼此排除，且不意欲具限制性。替代地或另外，本文所揭示之硬體可以各種形式及組合裝配以實施本文所揭示之方法。

下文描述信號分析及產生之更多細節。圖7中發現電腦之進一步討論。

所接收之諧振能量概述

諸如鑽石之寶石係固態物件。一固態物件可由一激勵機械輸入(傳感器)依任何數目個頻率(諸如(但不限於)如本文所描述之超音波頻率)激勵。在一些實例中，此一範圍之超音波頻率可用於激勵一寶石。對所施加之激勵能量之回應可為物件在特定頻率下之一諧振。諧振係一物件在大於其他頻率下依一較大振幅振盪之趨勢。此等稱為物件之諧振頻率(或共振頻率)且可依據剛性隨質量、材料之密度及形狀(包含所有尺寸)之平方根而變化。

頻率= $\sqrt{\text{剛性}/\text{質量}}$

將一光譜或激勵輸入能量之範圍施加於一固態物件可允許針對一個別物件(諸如一寶石)識別此等諧振頻率。在一些實例中，範圍可為一掃掠正弦方法，正弦頻率藉此掃掠或步進通過。此一範圍之施加頻率可導致一接收光譜，其包含展示為振幅尖峰之固態物件所固有之任何可識別諧振以及其中不存在振幅，指示石頭在該頻率下無諧振。

如本文所討論，固態物件可受物件之幾何形狀(包含形狀)及/或固態物件之彈性性質影響或可物件之幾何形狀(包含形狀)及/或固態物件之彈性性質之結果。在一些實例中，石頭之切割之形狀及尺寸產生特定所得回應及

因此產生可繪製之其諧振峰值。在鑽石僅由一單一晶體組成時，情況尤其如此。在此等實例中，密度及彈性性質可為已知值，且因此諧振可由絕對幾何形狀連同上述夾雜物及非均質性之隱微貢獻管理。

此允許應用RUS以僅歸因於包含(諸如)其小面尺寸或由諸如晶體、「羽毛」或可影響諧振之其他實體態樣之內部夾雜物影響之實體形狀而產生切割/拋光樣本所特有之一特徵。就粗糙寶石而言，通常存在影響結構剛性及可易於透過經偵測之諧振之數量及經偵測之諧振之Q值(下文所討論之峰值寬度)觀察RUS結構裂痕及其他夾雜物。此特徵化有助於歸因於結構性質而對粗糙鑽石分類，同時亦針對具有剛性結構之鑽石提供一特徵識別符。因此，在一些實例中，就具有諸多夾雜物及缺陷之石頭而言，即使石頭之彈性性質亦可依相同方式量測。在此等實例中，亦可識別含有諸多夾雜物或瑕疵之石頭。

圖2中展示一單一晶體之一切割、拋光鑽石之一諧振圖之一實例。此圖表包含沿X軸202展示之自0.8 MHz至1.8 MHz之所施加之激勵頻率。實例中之所得諧振峰值展示於振幅204之一Y軸上。在實例中，峰值在近似0.93 MHz 210、1.38 MHz 212及1.75 MHz 214處觀察。就此個別石頭而言，此簽章或圖案可如此處所描述使用。

因為除當存在裂痕時之外，鑽石具有基本上類似密度(近似3.5 g/cm³)且單一晶體具有相同彈性常數，所以晶體之形狀可不同且提供不同諧振特徵。獨立於如何產生一諧振光譜，其可量測及與存檔特徵相比較以觀察其是否已改變。

在一些實例中，多個晶體可存在於一單一石頭中。為了識別，此處所描述之系統及方法可用於確定多少晶體出現在一單一石頭中。如上文所討

論，可在單一晶體之一指定頻率範圍中觀察到近十個諧振。在一些實例中，當兩次或三次時，該數目觀察為如圖3中之實例性特徵中所展示，兩個或兩個以上晶體可在該單一石頭內。此分析可助於一檢查員對鑽石估價及/或識別鑽石。

在一些實例中，石頭之重量甚至可使用最低諧振頻率之超過二之質量之平方根之自此方法估計。

絕對頻率諧振實例

使用本文所描述之方法，自石頭接收之所得振動之一圖，由於可進行絕對頻率對相對振幅，頻率之一範圍或光譜賦予一樣本石頭上。替代僅將一衝擊頻率賦予一石頭上(其將導致一差信號雜訊比所有諧振一起產生，可接收及圖示跨特定頻率之一範圍之一步驟。為發現所得諧振峰值而賦予一石頭上之此範圍之頻率可在X軸302上繪圖且所得諧振可在Y軸304上繪圖，如圖3B中所展示。藉由在不同石頭上重複相同範圍之頻率，一可識別圖(包含頻率之一表)，或「特徵」可針對各石頭產生，其中繪製諧振峰值以待分析及比較。

圖3展示給定一無瑕疵級之一0.50克拉鑽石之所得頻率之一實例性圖。圖展示當此特定石頭自1.0 MHz移動至3.0 MHz時，石頭之回應於所賦予之能量存在10個峰值諧振。此一所得圖及特別係峰值諧振之參數可充當此鑽石之一特徵，如本文所描述。

在一些實例中，可基於石頭之形狀及/或大小而判定待賦予一石頭上之頻率之範圍。例如，就較大石頭(例如>1克拉)而言，低於較小石頭(例如1克拉或更小)之頻率之一頻率可用作為輸入頻率，其可導致具有足夠峰值諧振之一所得光譜以適當地識別一石頭。例如，就一5克拉或10克拉石頭而

言，一0.5 MHz頻率掃掠可係有用的，輓鐵就一1克拉石頭而言，1 MHz至4 MHz之一範圍可係較佳的。且因為較大石頭(>1克拉)可使用此處之系統及方法產生大量諧振峰值，所以可能但不必要在諸如0.2 MHz至0.3 MHz之較低頻率下之一掃掠開始。

在一些實例中，由傳感器賦予以識別一石頭之特徵之此範圍之頻率可取決於石頭之大小及/或尺寸而改變。在一些實例中，所賦予之頻率之範圍可介於1 MHz與5 MHz之間。在一些實例中，介於0.8 MHz與1.8 MHz之間。在一些實例中，範圍係介於1 MHz與4 MHz之間。較大石頭可需要低於較小石頭之頻率以達成比較所需之峰值之一數量。

就介於5克拉至0.5克拉之間的磚石，介於0.8 MHz與4 MHz之間的檢查之範圍可係適當的(一較大石頭具有低於一較小石頭之一值下之最低位諧振)。就大很多之石頭而言，檢查之範圍可改變至一較低頻率。

在一些實例中，所賦予之頻率可跨如上文所描述之範圍步進以達成用於繪圖之所得諧振峰值之範圍。在此等實例中，可設定由傳感器賦予一石頭上之頻率之步進使得可圖示一最大數目個諧振峰值，而時間及資源之一有效使用用於真實世界測試條件。例如，太大之一步進可能略過一石頭之諧振頻率峰值且該等峰值可能在特徵中遺漏。但可花費太長時間繪製太小之一步進。因此，此處已將各種實例展示為發現諸多峰值諧振之準確度及未花費太多時間或資源效率之一良好平衡。在一些實例中，步進可為100 Hz。在一些實例中，步進可為200 Hz。在一些實例中，可使用20 Hz之步進。在一些實例中，可使用介於15 Hz與25 Hz之間的一步進。在一些實例中，可使用2 Hz之步進。然而，應注意任何範圍之步進可用於跨越頻率之光譜且藉此達成諧振峰值之一圖。

實例性諧振圖

此處之各種圖展示使用此處所描述之系統及方法接收及處理之實例性特徵。實例不意欲受限於可確定之各種特徵之實例。

圖3A展示一粗糙未塗佈鑽石之一實例性特徵，簡單線形狀、高Q係明顯的(如本文所描述)。圖表示寶石品質，其中石頭中可能具有1個以上晶體。進一步檢查可能係必需的。此處展示對應於諧振之同相320及正交322分量兩者之兩個訊跡。

圖3B展示除一鑽石之外之一寶石之一實例性RUS特徵。使用此處之系統及方法，可類似於如本文所描述之針對鑽石確定之自任何各種非鑽石石頭確定可辨別特徵。鑽石及藍寶石之實例不意欲具限制性，且任何寶石可類似地予以識別寶石特徵。

應注意鑽石之彈性常數表示已知之最硬材料。所有其他石頭較軟，因此相同大小石頭之諧振頻率將具有比鑽石低很多之頻率。因此，(例如)為觀察一藍寶石之最低20個諧振，可觀察範圍將自約0.3 MHz至約1.5 MHz。此重量之一鑽石之最低可觀察模式約為1.2 MHz。形狀亦指示一模式可存在多低。一較薄形狀將具有(例如)低於一圓形之一諧振。

圖3B展示包含一1.22克拉藍寶石之同相及異相信號(使用方程式和 $=\sqrt{(1 \text{ signal}^2) + (2 \text{ signal}^2)}$)之一實例性特徵光譜。圖表展示Y軸之伏特360中之振幅及x軸350上之Hz中之頻率。在實例性特徵圖表中，偵測到多個峰值(諸如最高峰值370)。實例展示180個不同峰值。

因此，圖3B表明除鑽石之外，如何不同之石頭亦可經受此處之RUS系統及方法以確定用於識別、分析、評估等等之石頭之唯一特徵。

圖4展示指示破裂但具有一些可識別諧振之一粗糙塗佈鑽石之一實例

性特徵。如圖中可見，峰值430、432比圖2中之峰值粗糙、呈鋸齒狀及寬。此係歸因於石頭及其不完美(諸如石頭中所發現之夾雜物)之實體構造。如本文所描述，圖4中之最寬峰值可影響Q評價。

若所含有之該(等)晶體足夠大且初裂較少，則粗糙石頭可展現諧振。若太多裂痕存在於石頭中，則諧振光譜可缺乏用於識別石頭之足夠細節。此分析亦可確定石頭之任何操縱或當採用先前特徵之一集合時，改變石頭已經歷之測試。

圖5A展示不具有可辨別諧振之一典型粗糙鑽石之一實例性特徵。繪圖同相550及正交552信號兩者，但可辨別峰值隨範圍係明顯的。約25%之粗糙石頭展示無大晶體結構，因為顯著諧振歸因於數種裂痕而存在。應不需要識別此等石頭之特徵，因為石頭將可能磨成鑽石塵。

圖5B展示同相560及正交562兩者中之一工業品質塗佈石頭之一實例性特徵。此圖展示若干良好定義之諧振564、566，但各峰值實質上比一切割/拋光石頭寬，因為吾人知道不含有如同圖2之裂痕。可追蹤此等石頭及識別特徵。

諧振品質實例

在一些實例中，在RUS期間，經偵測之峰值位置中可存在可變性。另外及/或替代地，所得諧振光譜圖可不僅由峰值諧振之識別分析，亦可分析峰值諧振自身之性質。藉由檢查峰值位置之標準偏差以及峰值寬度，可執行另一分析。此一分析或「Q判定」可助於諧振頻率之量測之一致性而不管測試期間鑽石放置之微小差異及環境條件。此可指示受評估石頭之特定品質或特性。

在一些實例中，Q可定義為一峰值之中心頻率除以該峰值之半峰全幅

值。

$Q = \text{峰值頻率} / \text{半峰全幅值}$

換言之，半峰處之峰值寬度可經分析以判定一 Q 。高 Q 諧振可為具有高值之諧振，因此較窄，且低 Q 寬，可自其準確地量測品質及中心頻率。

例如，當一諧振頻率圖展示一清晰中心時，據說若諧振中心頻率較寬且較難以確定，則特徵之品質或 Q 較高。因此，較寬諧振圖峰值具有指示石頭中之一較低透明度等級之一較低 Q 額定值。

此一 Q 可用於建立一唯一特徵，因為其可助於界定量測之準確度。例如，切割、拋光鑽石展現 Q 約為10,000至50,000，而小尺寸或具有低透明度及諸多夾雜物之切割、拋光鑽石具有約為500至1000之 Q 值。

返回參考圖3，其展示給定一無瑕疵等級之一0.50克拉鑽石之所得頻率之一實例圖。該圖展示 Q 為 10^4 之介於1.0 MHz與3.0 MHz之間的10個峰值諧振。

另外，粗糙石頭通常含有裂痕。當切割時，一專家可偵測此等瑕疵且可能夠自一原石切割單一晶體。對諧振光譜之效應實質上降低 Q 達1/10或以上(如由圖4中之一實例性特徵圖所展示)。由於諸多諧振存在於一窄頻寬中(例如就一0.5克拉樣本而言，1 MHz與3 MHz之間存在10個諧振)，因此可存在可自其作出此等頻率選擇作為本文所描述之輸入能量之若干頻率。

特徵比較實例

在一些實例中，可為了識別而接收及分析一絕對頻率特徵及一 Q 特徵兩者。例如，光譜圖可由上述方法產生，且經顯示用於比較。在實例性比較中，就兩個不同1克拉石頭而言係相同之峰值諧振之數目約為 $1/10^6$ 。因此，統計上，此方法可與匹配較準確之高確定度一起使用。

在一些實例中，圖自身可儲存在資料庫中且經歸類以用作為石頭之比較。另外或替代地，在一些實例中，替代儲存於此等資料庫中之整個圖，可建構具有振幅及輸入頻率中所指示之特定諧振峰值之矩陣。在此等矩陣中，可僅需要存檔一些資料點以待稍後比較。

在一些實例中，此一比較可由一電腦演算法達成。在此等實例中，可使用用於識別絕對頻率之一方法。在此等實例中，可進行一圖之峰值諧振之比較。使用一標準偏差之一比較可用於匹配圖。在一些實例中，標準偏差容限係 ± 200 Hz。在一些實例中，容限可基於石頭之重量而不同。例如，一較大石頭(> 1 克拉)可產生更多諧振峰值且需要一較小容限，一較小石頭(< 1 克拉)可產生較少諧振峰值且需要一較大標準偏差容限。

圖6展示歸因於石頭之幾何形狀之差異而產生不同諧振圖圖案之三個幾乎相同的0.50克拉樣本之一實例性特徵。儘管無瑕疵係一藝術術語，但此等寶石通常歸因於生長程序期間之外來材料之併入或自完美晶體晶格之偏差而係不完全均質，在拋光寶石中，此等夾雜物及非均質性相較於粗糙寶石而係較低。但與RUS圖相比較，可區分此等寶石。在圖6中，紅色670藍色672及綠色674訊跡表示三種不同鑽石。因此，即使對一人類檢驗員而言，石頭看起來類似，但石頭可由RUS系統及方法區分。

另外，將多個光譜顯示在諸如圖6中所展示之實例之一單一使用者介面圖上可係有用的。在圖6中，識別三個幾乎相同0.50 ct切割、圓形鑽石特徵及顯示該三個鑽石。一電腦可經組態以基於光譜差異而接受或拒絕樣本。

實例性運算器件

圖7展示可用於實踐諸如圖1A及圖1B之本文所描述之實例性實施例之一實例性電腦700。此一電腦700可為任何種類之可攜式、桌上型、分佈

式或基於網路之運算器件。此一系統700可經組態以接收及分析如本文所描述之信號資料以及產生所得特徵圖且將其顯示在GUI中。在此一電腦700可為用於產生信號及接收信號以及發送及接收資料、儲存資料、分析資料及引起顯示表示資料之GUI之一行動器件。

在圖7中，運算器件可為任何種類(諸如(但不限於)一智慧型電話、一膝上型電腦、平板電腦、伺服器電腦或任何其他種類之運算器件)。實例展示一處理器CPU 710，其可為經由一匯流排712通信或與一使用者介面714通信之任何數目個處理器。使用者介面714可包含可遠端定位或局部定位之任何數目個顯示器件718 (諸如一螢幕)。使用者介面714亦可包含一輸入(諸如一觸控螢幕、鍵盤、滑鼠、指標、按鈕或其他輸入器件)。

圖7及電腦系統700亦包含可用於與任何無線或有線網路介接以傳輸及接收資料之一網路介面720。此一介面可允許一智慧型電話(例如)介接一蜂巢式網路及/或WiFi網路及藉此網際網路。實例性運算器件700亦展示可包含任何數目個其他額外特徵之周邊設備724 (諸如(但不限於)用於無線通信(諸如經由蜂巢式、WiFi、NFC、藍芽、紅外線或此等或其他無線通信之任何組合之一天線)。在一些實例中，周邊設備可包含任何數目個RUS晶片730、放大器728、用於發送及接收信號之傳感器726，如本文所描述。在一些實例性實施例中，如圖1A中所展示，RUS晶片730與電腦700通信而RUS晶片與放大器728通信(其繼而分別與傳感器726通信)。替代地或另外，圖7中之周邊設備724之實例不意欲受限於圖1A至圖1C中之配置，而僅為圖1A至圖1C中之配置之一實例。

運算器件700亦包含具有可由處理器710執行之任何數目個操作之一記憶體722。圖7中之記憶體展示一實例性作業系統732、網路通信模組

734、其他任務之指令736及諸如信號產生器740及/或信號分析器742之應用738。資料儲存器758亦包含於實例中。此資料儲存器可包含資料表760、信號日誌762、樣本資料764及/或用於本文所描述之方法中之所儲存之演算法770。

結論

為了闡釋，已參考特定實施例描述前述描述。以上繪示性討論不意欲具窮舉性或使本發明受限於所揭示之精確形式。鑑於上述教示，諸多修改及變動係可行的。選擇及描述實施例以最佳闡釋本發明之原理及其實際應用以藉此使熟習技術者能夠最佳利用適於預期之特殊用途之本發明及具有各種修改之各種實施。

本文之創新可經由一或多個組件、系統、伺服器、設備、其他子組件實施或分佈於此等元件之間。當實施為一系統時，此等系統可(尤其)包含及/或涉及通用電腦中發現之諸如軟體模組、通用CPU、RAM等等之組件。在其中創新駐留於一伺服器上之實施方案中，此一伺服器可包含或涉及(諸如在通用電腦中發現)諸如CPU、RAM等等之組件。

另外，本文之創新可經由具有除上文所闡述之外之差別或完全不同之軟體、硬體及/或韌體組件之實施方案達成。就此等其他組件(例如軟體、處理組件等等)及/或(例如)與本發明相關聯或體現本發明之電腦可讀媒體而言，本文之創新之態樣可實施為與數種通用或專用運算系統或組態一致。可適合於與本文之創新一起使用之各種例示性運算系統、環境及/或組態可包含(但不限於)：軟體或個人電腦、伺服器或諸如路由/連接組件、手持或膝上型器件、多處理器系統、基於微處理器之系統、機上盒、消費性電子器件、網路PC、其他既有電腦平台、包含上述系統或器件之一或多者

之分佈式運算環境之伺服器運算器件內或體現於其上之其他組件等等。

在一些情況中，本文之創新之態樣可經由包含程式模組之邏輯及/或邏輯指令達成或由包含程式模組之邏輯及/或邏輯指令執行(例如與此等組件或電路關聯執行)。一般而言，程式模組可包含執行特定任務或實施本文之特定指令之常式、程式、物件、組件、資料結構等等。本發明亦可在分佈式軟體、電腦或其中電路經由通信匯流排、電路或鏈路連接之電路設定之情境中實踐。在分佈式設定中，控制及/或指令可自包含記憶體儲存器件之局部及遠端電腦儲存媒體出現。

本文之新穎軟體、電路及組件亦可包含及/或利用一或多個類型之電腦可讀媒體。電腦可讀媒體可為駐留於此等電路及/或運算組件上、與此等電路及/或運算組件相關聯或可由此等電路及/或運算組件存取之任何可用媒體。舉實例而言(但不限於)，電腦可讀媒體可包括電腦儲存媒體及通信媒體。電腦儲存媒體包含以用於資訊(諸如電腦可讀指令、資料結構、程式模組或其他資料)之儲存之任何方法或技術實施之揮發性及非揮發性、可移除及不可移除媒體。電腦儲存媒體包含(但不限於) RAM、ROM、EEPROM、快閃記憶體或其他記憶體技術、CD-ROM、數位多功能光碟(DVD)或其他光學儲存器、磁帶、磁碟儲存器或其他磁性儲存器件或可用於儲存所要資訊且可由運算組件存取之任何其他媒體。通信媒體可包括電腦可讀指令、資料結構、程式模組及/或其他組件。此外，通信媒體可包含諸如一有線網路或直接有線連接之有線媒體，然而，本文之任何此類型之媒體不包含暫時媒體。上述之任何者之組合亦包含於電腦可讀媒體之範疇內。

在本描述中，術語組件、模組、器件等等可係指可依各種方式實施之任何類型之邏輯或功能軟體元件、電路、區塊及/或程序。例如，各種電路

及/或區塊之功能可彼此組合成任何其他數目個模組。各模組甚至可實施為儲存於待有一中央處理單元讀取之一有形記憶體(例如隨機存取記憶體、唯讀記憶體、CD-ROM記憶體、硬碟驅動器等等)上之一軟體程式以實施本文之創新之功能。或者，模組可包括傳輸至一通用電腦或經由一傳輸載波處理及/或圖形硬體之程式指令。另外，模組可實施為實施由本文之創新涵蓋之功能之硬體邏輯電路。最後，可使用專用指令(SIMD指令)、場可程式化邏輯陣列或提供所要層級效能及成本之其等之任何混合物實施模組。

如本文所揭示，與本發明一致之特徵可經由電腦硬體、軟體及/或韌體實施。例如，本文所揭示之網路系統及方法可以包含(例如)一資料處理器(諸如亦包含一資料庫之一電腦)、數位電子電路、韌體、軟體或其等之組合之各種形式體現。此外，儘管所揭示之一些實施方案描述特定硬體組件，但與本文之創新一致之系統及方法可與硬體、軟體及/或韌體之任何組合一起實施。再者，本文之創新之上述特徵及其他態樣及原理可在各種環境中實施。此等環境及相關應用可經特殊構造以根據本發明執行各種常式、程序及/或操作或該等常式、程序及/或操作可包含由碼選擇性地啟動或重新組態以提供必需功能性之一通用電腦或運算平台。本文所揭示之程序原本不與任何特定電腦、網路、架構、環境或其他裝置有關，且可由硬體、軟體及/或韌體之一適合組合實施。例如，各種通用機器可與根據本發明之教示撰寫之程式一起使用，或可更方便地構造一專用裝置或系統以實施所需方法及技術。

本文所描述之方法及系統之態樣(諸如邏輯)亦可實施為程式化為包含可程式化邏輯器件(「PLD」)(諸如場可程式化閘陣列(「FPGA」)、可程式陣列邏輯(「PAL」)器件、電可程式化邏輯及記憶體器件及基於標準電池

之器件以及應用特定積體電路)多種電路之任何者之功能性。用於實施態樣之一些其他可能性包含：記憶體器件、具有記憶體(諸如EEPROM)之微控制器、嵌入式微處理器、韌體、軟體等等。此外，態樣可體現在具有基於軟體之電路仿真、離散邏輯(依序及組合)、定製器件、模糊(神經)邏輯、量子器件及上述器件類型之任何者之混合之微處理器中。下伏器件技術可在多種組件類型(例如諸如互補金屬氧化物半導體(「CMOS」)之金屬氧化物半導體場效應電晶體(「MOSFET」)技術、諸如射極藕合邏輯(「ECL」)之雙極技術、混合類比及數位等等)中提供。

亦應注意就本文所揭示之各種邏輯及/或功能之行為、暫存器轉移、邏輯組件及/或其他特性而言，該等邏輯及/或功能可使用硬體、韌體及/或體現在各種機器可讀或電腦可讀媒體中之資料及/或指令之任何數目個組合達成。其中可體現此等格式化資料及/或指令之電腦可讀媒體包含(但不限於)各種形式之非揮發性儲存媒體(例如光學、磁性或半導體儲存媒體)，儘管再次不包含暫時媒體。除非內文另有明確要求，否則在描述中，字語「包括」及其類似者以與一排除或窮舉意義相反之一包含意義解釋，即就「包含(但不限於)」而言。使用單數或複數之字語亦分別包含複數及單數。另外，字語「本文中」、「下文中」、「上文」、「下文」及類似意義之字語係指此應用作為一整體且不係指此應用之任何特定部分。當字語「或」用於係指兩個或兩個以上項目之一列表時，該字語覆蓋字語之所有以下解釋：列表中之項目之任何者、列表中之所有項目及列表中之項目之任何組合。

儘管本文已特別描述本發明之某些當前較佳實施方案，但熟習本發明所關於之技術者應明白可在不背離本發明之精神及範疇之情況下進行本文

所展示及描述之各種實施方案之變動及修改。因此，吾人意欲本發明僅受限於可適用之法律規則所要求之程度。

【符號說明】

102	傳感器/壓電晶體
104	傳感器
106	系統
110	檢查中之石頭
112	有線
120	電腦
130	頻率合成器
140	放大器
150	相敏偵測器及數位信號處理器
160	應用特定積體電路(ASIC)/系統單晶片/晶片
162	電源
164	電腦
166	電荷放大器
168	第一傳感器
170	諧振超音波光譜術(RUS)放大器
172	第二傳感器/接收傳感器
202	X軸
204	振幅
210	近似0.93 MHz
212	近似1.38 MHz

214	近似1.75 MHz
302	X軸
304	Y軸
320	同相
322	正交
350	x軸
360	振幅
370	最高峰值
430	峰值
432	峰值
550	相位
552	正交
560	相位
562	正交
564	諧振
566	諧振
670	紅色
672	藍色
674	綠色
700	電腦/電腦系統/運算器件
710	處理器中央處理單元(CPU)
712	匯流排
714	使用者介面

718	顯示器件
720	網路介面
722	記憶體
724	周邊設備
726	傳感器
728	放大器
730	諧振超音波光譜術(RUS)晶片
732	作業系統
734	網路通信模組
736	指令
738	應用
740	信號產生器
742	信號分析器
758	資料儲存器
760	資料表
762	信號日誌
764	樣本資料
770	演算法



201835565

【發明摘要】

【中文發明名稱】

識別寶石特徵及分析寶石

【英文發明名稱】

FINGERPRINTING AND ANALYZING GEMSTONES

【中文】

本文所揭示之實施例係關於使用諧振超音波光譜術之技術檢查包含經切割/拋光及粗糙之鑽石之寶石。諧振頻率藉由使用一掃掠正弦振盪器機械地引起石頭振動、感測諧振及顯示光譜以產生描述石頭之一圖案而獲得。諧振特徵可用於追蹤一個別石頭以驗證其完整性或對一粗糙石頭分級以確定潛在價值。

【英文】

The embodiments disclosed herein relate to the examination of gemstones including diamonds, both cut/polished and rough, using the technology of Resonant Ultrasound Spectroscopy. The resonant frequencies are obtained by mechanically causing the stone to vibrate using a swept sine oscillator, sensing the resonance vibrations, and displaying the spectrum to yield a pattern describing the stone. The resonance fingerprints can be used to both track an individual stone to verify its integrity or to grade a rough stone to establish potential value.

【指定代表圖】

圖1B

【代表圖之符號簡單說明】

- 102 傳感器/壓電晶體
- 104 傳感器
- 110 檢查中之石頭
- 120 電腦
- 130 頻率合成器
- 140 放大器
- 150 相敏偵測器及數位信號處理器

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種方法，其包括：

藉由一信號產生器及一信號處理器，

將一輸入信號發送至一第一輸入傳感器，

其中該第一輸入傳感器接觸一受評估寶石；

自一第二接收器傳感器接收一諧振信號，

其中該第二接收器傳感器正接觸該受評估寶石；

使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍；

接收一範圍中之所接收信號；

使用演算法處理該範圍中之所接收信號；及

將該受評估寶石之該經處理範圍中之所接收信號發送至一電腦以供儲存及顯示。

【第2項】

如請求項1之方法，其中自該信號產生器透過一輸入放大器發送該輸入信號至該第一傳感器；且

其中在該信號處理器處透過一接收器放大器接收來自該接收器傳感器的該所接收信號。

【第3項】

如請求項1之方法，其中處理該所接收信號包含該所接收信號之同相分量及正交分量。

【第4項】

如請求項1之方法，其中該信號處理器包含一相敏偵測器及數位信號

處理器。

【第5項】

如請求項1之方法，其中使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍係以1 Hz至1000 Hz予以步進。

【第6項】

如請求項1之方法，其中該輸入頻率範圍介於0.1 MHz與4 MHz之間。

【第7項】

如請求項1之方法，其中該信號產生器及該信號處理器組態於具有一處理器及記憶體之一晶片上。

【第8項】

一種非暫時性電腦可讀媒體，其具有用於一方法之位於其上之電腦可執行指令，該方法包括：

藉由一信號產生器及一信號處理器，

將一輸入信號發送至一第一輸入傳感器，

其中該第一輸入傳感器正接觸一受評估寶石；

自一第二接收器傳感器接收一諧振信號，

其中該第二接收器傳感器正接觸該受評估寶石；

使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍；

接收一範圍中之所接收信號；

使用演算法處理該範圍中之所接收信號；及

將該受評估寶石之該經處理範圍中之所接收信號發送至一電腦以供顯示及儲存。

【第9項】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中自該信號產生器透過一輸入放大器發送該輸入信號至該第一傳感器；且

其中在該信號處理器處透過一接收器放大器接收來自該接收器傳感器的該所接收信號。

【第10項】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中處理該所接收信號包含該所接收信號之同相分量及正交分量。

【第11項】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中該信號處理器包含一相敏偵測器及數位信號處理器。

【第12項】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍係以1 Hz至1000 Hz予以步進。

【第13項】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中該輸入頻率範圍介於0.1 MHz與4 MHz之間。

【第14項】

如請求項13之非暫時性電腦可讀媒體，其中使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍係以1 Hz至1000 Hz予以步進。

【第15項】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中該信號產生器及該信號處理器組態於具有一處理器及記憶體之一晶片上。

【第16項】

一種系統，其包括：

具有一處理器及記憶體之一晶片，該晶片組態為一信號產生器及一信號處理器，以

將一輸入信號發送至一第一輸入傳感器，其可放大，

其中該第一輸入傳感器與一受評估寶石接觸；

自一第二接收器傳感器接收一諧振信號，

其中可放大之該第二接收器傳感器與該受評估寶石接觸；

使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍；

接收一範圍中之所接收信號；

使用演算法處理該範圍中之所接收信號；及

將該受評估寶石之所接收之信號之處理範圍發送至一電腦以供顯示及儲存。

【第17項】

如請求項16之系統，其中使該輸入信號步進遍及一輸入頻率範圍係以100 Hz予以步進。

【第18項】

如請求項16之系統，其中該所接收信號之處理包含該所接收信號之同相分量及正交分量。

【第19項】

如請求項16之系統，其中該信號處理器包含一相敏偵測器及數位信號處理器。

