第 21 卷 第 2 期 桂 林 工 学 院 学 报 Vol.21 No.2
2001 年 4 月 JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY Apr. 2001

文章编号：1006－544X(2001)02－0114－06

云南硅化木的宝石学特征

周佩玲，周树礼

（桂林工学院资源与环境工程系，广西桂林 541004）

摘 要：硅化木本身是植物化石，同时兼有玉石的柔和光泽、温润石质、坚硬细腻等特点。云南硅化木在显微镜下能见到清晰木纹且微晶石英颗粒交代木质纤维的残余结构。经多种测试方法确定其化学成分主要为 SiO_2，并含有 10 多种微量元素和氨基酸；矿物主要为石英。其密度为 2.57～2.64 g/cm^3，摩氏硬度 6.40～6.81，折射率为 1.540，1.550。差热曲线在 579 ℃、875 ℃吸热谷显示为相变点温度。硅化木可开发利用的品种及功能繁多，其前景在珠宝市场上日益见好。

关键词：硅化木；宝石学；开发利用；云南

中图分类号：Q914.21；P619.283；P574 文献标识码：A①

硅化木和煤精、琥珀一样同属于石化型的有机宝石。它是古代的殖物（如中生代侏罗纪松柏、苏铁、银杏等古乔木）经地质作用使之石化而成。

硅化木产地主要分布在欧洲和美国中部、古巴等。中国主要产地是新疆、河北、云南、山东、甘肃、辽宁、江西、四川、福建等地。

硅化木的开发利用较广，优质者可作宝石饰品，如：黑色硅化木可制作圆珠项链、手链、戒指、胸花、耳坠等；黄褐、暗红等色硅化木可作居室、厅堂地板砖、花瓶等；具不同色带的可用作浮雕拼镶画、盆景观赏石、圆桌、方桌、石凳、茶几等。因此硅化木具有装饰、收藏、陈列实用、欣赏和科研、考古等重要的经济开发和学术研究价值。

近年来，笔者在进行有机宝石调研考察中，注意收集硅化木特性、成因，开发利用等方面的资料、标本和样品（主要是云南、新疆、辽宁等地），并在室内利用常规和现代测试方法进行了较系统、全面的研究工作。

1 化学成分

1.1 常量及微量元素

研究表明，硅化木的主要成分为 SiO_2（$w(SiO_2)$ = 98.04%），其次含 10 多种微量元素（表 1）。

1.2 硅化木的有机成分

经氨基酸分析仪查明硅化木含多种氨基酸成分（表 2）。

表 1 云南硅化木的微量元素

Table 1 The trace element compositions of petrified wood Yunnan

微量元素	$w_B/10^{-6}$	微量元素	$w_B/10^{-6}$
Na_2O	76 610.8	In	62.80
K_2O	2 659.10	Fe_2O_3	56.859 3
MgO	391.41	Ga	34.34
Pd	193.97	La	34.77
Ce	90.67	Ba	31.36
CaO	71.49	Co	28.31

分析单位 中南大学测试中心，1998－07

① 收稿日期：2000－08－18；修订日期：2000－11－06

基金项目：国家自然科学基金资助项目（49472098）；广西自然科学基金匹配项目（9517019）

作者简介：周佩玲（1937－），女，广西百色人，教授，宝玉石专业。

表 2　硅化木氨基酸分析结果

Table 2　The amino – acid compositions of petrified wood　　$w_B/10^{-6}$

样品名称	云南硅化木 (W – 2001)	辽宁硅化木 (W – 2002)
天冬氨酸(Asp)	28.5	23.9
苏氨酸(Thr)	17.7	0
丝氨酸(Ser)	23.1	23.4
谷氨酸(Glu)	28.0	32.6
甘氨酸(Gly)	21.4	23.3
丙氨酸(Ala)	15.2	21.7
胱氨酸(Cys)	0	0
缬氨酸(Val)	52.1	65.6
蛋氨酸(Met)	24.7	0
亮氨酸(Leu)	16.4	0
酪氨酸(Tyr)	13.4	36.2
苯丙氨酸(Phe)	0	63.1
赖氨酸(Lys)	0	0
组氨酸(His)	0	0
精氨酸(Arg)	0	0
脯氨酸(Pro)	0	0
异亮氨酸(Ileu)	0	0
氨(NH_3)	(196.6)	(224.0)
总含量	240.5	289.8

分析单位：广西农业大学实验中心，2000 – 05 – 11

2　矿物成分

2．1　手标本特征

常见的颜色为黑色、灰黑色、灰白、浅黄、深黄褐、棕红、暗红等。质地坚硬、致密细腻。块状构造、木纹清晰、年轮明显。局部时见空隙、定向多孔状，断断续续不连续状。在边缘处可见硅质交代呈现木质纤维状假象且不透明。

2．2　光学显微镜下特征

为了解硅化木的矿物种及结构构造，磨制了横向及纵向 2 种定向切片，显微镜下观察：在 40 倍单偏光镜下能见到近于平行的木质纤维状的结构及环状结构（年轮状），单偏光下见到大小不等的颗粒状，低正突起，无解理，表面光滑无糙面等特征；在正交镜下则为一级黄白或灰白干涉色，一轴正晶等特征，颗粒大小一般为 0.014 4 mm^2，最大 0.020 16 mm^2，最小 0.001 9 mm^2。有 50% ~ 80%的木质纤维均被这种纯的微晶颗粒（镜下特征为石英）所交代，具典型的交代残余结构（图版Ⅰ – 照片 1，图版Ⅰ – 照片 2）。

2．3　X – 射线粉晶衍射分析

X – 射线粉晶衍射分析结果为衍射图谱（图 1）和衍射数据表（表 3）。

将云南硅化木的 X – 射线衍射数据与生物成因的石英及标准石英数据对比，主要特征数据基本吻合，说明云南硅化木的矿物成分属于石英，而不是玛瑙，更不会是蛋白石。

2．4　红外光谱特征

利用红外光谱来研究分子的振动状态和振动方式，并由此获得有关分子成分和结构的信息，从而确定其矿物组成，为此对云南硅化木作了红外光谱分析，测试结果见图 2。其特点为：

（1）1 250 ~ 400 cm^{-1}为 O—Si—O 的振动范围，可分为 3 个区：

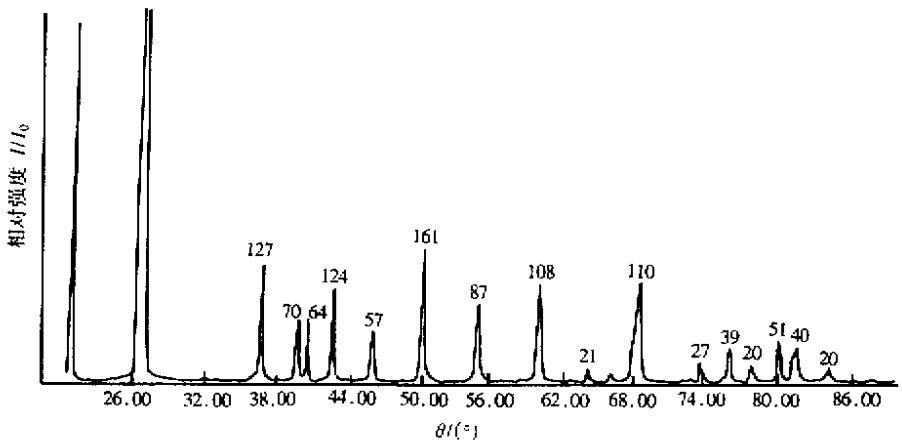


图 1　云南硅化木的 X – 射线衍射图谱

Fig．1　The diagram showing X – ray peak of petrified wood，Yunnan

表 3 云南硅化木的 X—射线粉晶衍射数据表

Table 3 The $d-I$ values of X-ray analysis of petrified wood, Yunnan

序号	云南硅化木		二氧化硅生物矿物[1]		标准石英[2]	
	d/Å	I	d/Å	I	d/Å	I
1	4.233 2	22.1	4.25	80	4.29	8
2	3.331 9	100	3.34	100	3.35	10
3	2.449 3	7.3	2.46	60	2.463	5
4	2.275 0	4.1	2.28	60	2.289	4
5	2.230 1	3.7	2.24	60	2.24	3
6	2.121 9	7.2			2.132	4
7	1.814 7	3.3			1.978	3
8	1.669 3	9.3			1.819	8
9	1.539 3	5.0			1.675	4
10	1.539 3	6.3			1.543	7
11	1.451 3	1.1			1.452	3
12	1.379 3	2.9			1.383	6
13	1.371 4	6.4			1.373	7
14	1.286 6	1.6			1.287	4
15	1.254 5	2.3			1.256	4
16	1.227 8	1.2			1.229	3
17	1.198 8	3.1			1.199	5
18	1.196 6	1.9				
19	1.179 9	2.3			1.182	6
20	1.151 9	1.2			1.153	4

测试单位 中南大学测试中心，1999 - 03

①1 250 ~ 1 050 cm^{-1}最强吸收区，属 O—Si—O 非对称伸缩振动，由一强带（1085.3 ~ 1 100 cm^{-1}）及一弱带（1 150 ~ 1 125 cm^{-1}）组成，吸收带宽而强。

②800 ~ 600 cm^{-1}有 2 ~ 3 个中等强度的窄带，属 O—Si—O 对称伸缩振动。在 800 cm^{-1}处有 1 个中等强度的吸收带，且被分裂成 1 对（798.1 cm^{-1} 和 770 cm^{-1}）双锐峰。

③600 ~ 400 cm^{-1}以下，属 O—Si—O 弯曲振动，由若干个带组成，460 cm^{-1}一带为吸收谱的第 2 个强吸收带。

通常，石英族矿物的红外图谱基本一致，到底云南硅化木中的矿物属于何种矿物？与标准的石英、玛瑙、各种颜色条带的玉髓、蛋白石的红外光谱图（图 3）对比分析，发现在图 3 中 3 种矿物红外谱的差别在于：

①800 cm^{-1}左右特征带：石英呈 1 对锐双峰，分别在 795，777 cm^{-1}左右，强度中等，高峰比低频峰略强；玉髓（玛瑙）在 795 和 781 cm^{-1}左右的二峰分裂程度不如石英，低频峰呈肩状，吸收强度大致为石英的 1/2；而蛋白石呈单吸收峰，强度不足石英的 1/2。

②其它谱带及频率：石英最高频率的谱带在 1 160 cm^{-1}（肩状）；在 692、510 cm^{-1}处有弱带；396 与 370 cm^{-1}左右有 1 对分裂明显的锐双峰，370 cm^{-1}峰比 396 cm^{-1}峰略强。玉髓（玛瑙）在 396 与 370 cm^{-1}峰很弱，而且 396 cm^{-1}比 370 cm^{-1}峰强；未见 692 cm^{-1}带；1 085 与 1 161 cm^{-1}强带特点与石英相同。蛋白石在 1 097 cm^{-1}为宽的单谱带；未见 396 与 370 cm^{-1}双峰；蛋白石谱简单，只有 1 091、794、482 cm^{-1}3 个带，均比其它矿物相应谱带宽。表 4 列示了它们相互间的区别特征。

综上所述，云南硅化木的矿物应为 α - 石英，而不是玛瑙（玉髓）和蛋白石。

（2）3 500 ~ 1 250 cm^{-1}吸收区：

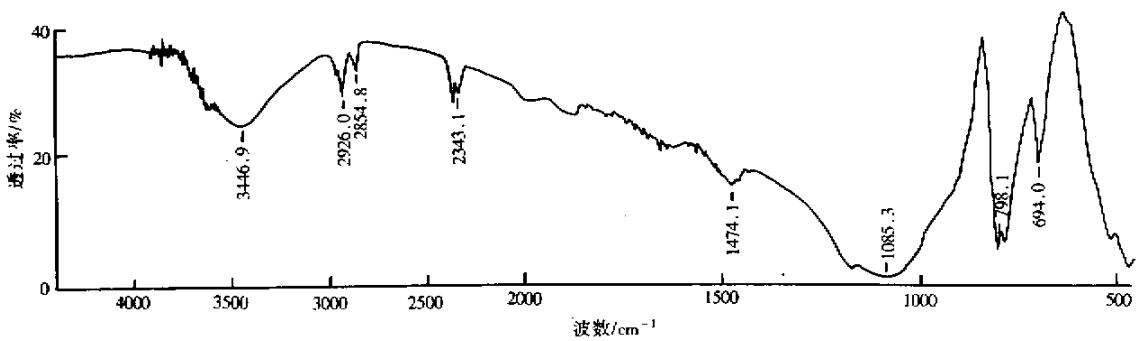


图 2 云南硅化木的红外光谱图

Fig. 2 The infrared spectrum of petrified wood, Yunnan

分析单位：中南大学测试中心，1999 - 03

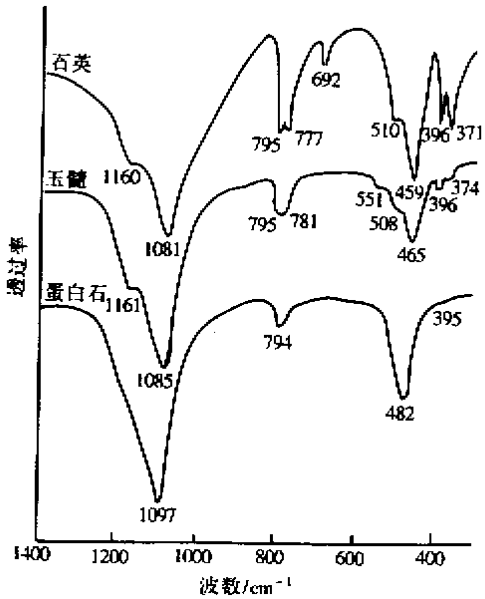


图 3　石英、玉髓、蛋白石的红外光谱图(据文献[3,4])

Fig. 3　The infrared spectrum of quartz, chalcedony, opal

表 4　石英族（部分）矿物的红外吸收频率

Table 4　IR spectra of quartz

矿物	波数/cm⁻¹								
石英	1 160	1 081	795	777	692	510	459	396	371
玉髓	1 161	1 085	795	781	551	508	465	396	374
蛋白石		1 097	794					482	395
云南硅化木	1 160	1 085.3	7 98.1	780	694	510	460		

①存在一个位于水的伸缩振动频率范围（3 650 ~ 3 000 cm^{-1}）的吸收峰（即 3 446.9 cm^{-1}）和水的变曲振动频率范围（1 680 ~ 1 590 cm^{-1}）内的吸收峰（即 1 620 cm^{-1}），表明硅化木中含有一定量的水分且为吸附水形成存在。

②吸收峰 2 979、2 926、2 854.8 cm^{-1}表明存在有机化合物；2 343.1、2 405 cm^{-1}为含氨基酸的有机振动引起；1 474.1，1 125 cm^{-1}等是由微量无素的存在而引起的吸收峰。

2．5　差热分析

从云南硅化木差热分析曲线（图 4）可知：

（1）在 50 ~ 60 ℃处出现一小一大的吸热谷，谷温较低，说明硅化木中含少量吸附水，因属物理状态的水，故稍受热很易脱水。

（2）358、450℃的出现放热峰，为硅化木中含有有机质成分燃烧而出现的放热峰。

（3）579.69 ℃的吸热量为 α－石英（三方晶系）相变为 β－石英（六方晶系），在 870 ℃左右出现 β－鳞石英（六方晶系）[5]。

上述 DTA 曲线特征说明了云南硅化木的矿物质组成不是蛋白石（因缺少胶体水的吸热谷 100 ~ 200 ℃）而是石英[6]，且含少量吸附水及有机质。

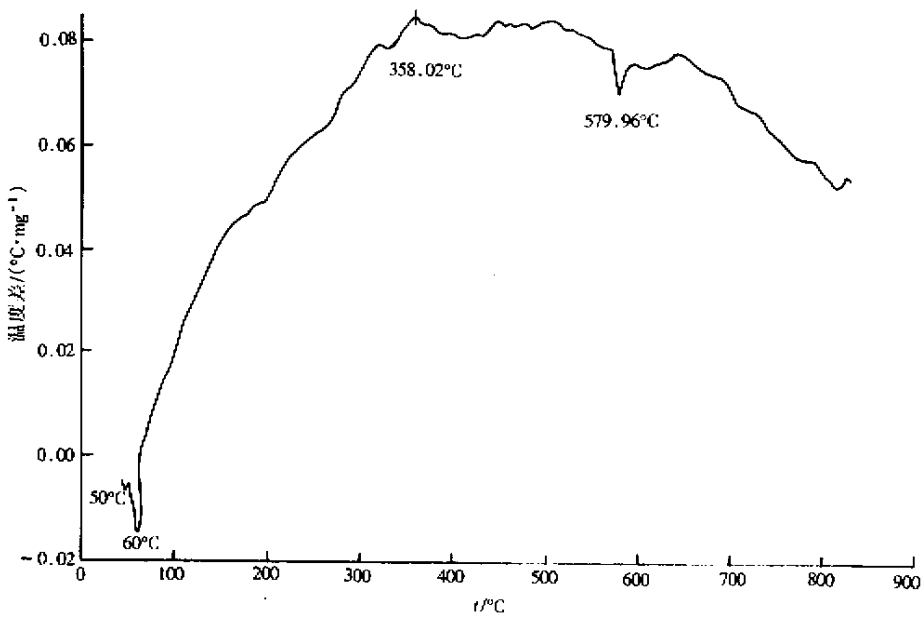


图 4　云南硅化木的差热分析曲线

Fig. 4　Differential thermal analysis curve of petrified wood, Yunnan

3 物性参数

(1) 硬度。为了获得硅化木的硬度而磨制了光片，在显微硬度仪上测定，得到一组维氏硬度(绝对硬度) 分别为：H_V = 927，903，825，817 kg/mm^2；平均 H_V = 861 kg/mm^2，换算为摩氏硬度值，分别为 H_0 = 6.81，6.75，6.54，6.43，取平均值为 6.632 (纯石英为 7)。

(2) 密度。采用静水力学称重法，测得密度为 2.64，2.61，2.57 g/cm^3，取平均值则为 2.60 g/cm^3 (石英标准值为 2.65 g/cm^3)。

(3) 折射率。在宝石折射仪上测硅化木的抛光面，得折射率为：1.540，1.550 (石英为 1.544，1.553)。

硅化木物性参数测定结果发现，均比无机成因的石英物性参数略为偏小，其原因与硅化木中存在少量有机物及水有关，亦与其结构构造致密、硅化程度有关。

4 质量评价

对硅化木的质量评价按不同用途而有所侧重，但总体是依据以下几个方面进行评价[7,8]。

(1) 颜色与光泽。以颜色鲜艳、绚丽多彩光泽柔和亮丽而为佳，素色单一、光泽暗淡者则次。

(2) 硅化程度与质地。以硅化程度越高、质地越致密坚硬、细腻者越好；反之则差。

(3) 从造型看。以木化石完整、有枝、有节、表面有皮印痕、断面能显示年轮，木纹清晰者价值最高；反之则次。

(4) 矿物种类。条带明显、色泽反差大的玛瑙硅化木优于其它 (蛋白石、石英) 的硅化木。

(5) 硅化木的产出规模与大小。①硅化木 (古树化石) 群面积广泛、规模宏大、场面壮观、化石众多、完整性好。它不仅具有观赏价值，而且具有重要的科研价值和考古价值，还可把资源优势转为旅游风景点属经济、知识型开发利用宝库。作为国家级重点资源文物保护区，严禁开采。但可作“史前博物馆”、“古植物园”、“硅化木公园”等等可对国内外游人开放。②对于博物馆而言，主要作陈列展品或观赏石用。则要求硅化木的大小适宜、易于搬动、携带为好。③对于个人收藏或珠宝爱好为者则要求个体 (大小) 不宜过长过大。

5 成因及形成条件

5.1 成因

云南某地区在古代由于当时的大片原始森林，在地质变迁中 (如，地壳运动) 被埋入地下，含有大量二氧化硅的地下水渗入树干，与树内物质发生化学反应，久而久之便成了质地坚硬的古树化石，硅化木便由此得名。故属于沉积成因类型。

5.2 形成条件[7,9,10]

古代植物 (主要是乔木) 受地质作用被沉积物掩埋后，由于处于缺水的干旱环境，木质不易腐朽，而在漫长的石化过程中，后经含高浓度的二氧化硅溶液地下水的长期浸泡，树木中的有机质逐渐被 SiO_2 等矿物质不同程度地交代木质的纤维结构，并保存了枝干的外形，经过了漫长的岁月，树木便形成了石头一样的树木化石。

二氧化硅溶解于水中通常以不易离解的正硅酸 H_4SiO_4 或 $Si(OH)_4$ 形式存在。二氧化硅在水中的溶解度比较低，它随 pH 值、温度和压力升高而直线增加。pH 值要大于 8 以后 SiO_2 溶解度才迅速增加。因此，二氧化硅沉淀要求在中酸性、低温和低压的条件下，直接决定二氧化硅溶解度的不是 SiO_2 的溶解总量，而是正硅酸 (H_4SiO_4) 的浓度。在过饱和条件下，SiO_2 发生分子聚合，形成带负电荷的胶体质点。当溶液中有大量的阳离子存在时极易产生絮凝沉淀，如蛋白石硅化木就是这种天然的 SiO_2 胶凝体交代树木中的木质纤维而形成的；具有不同色素阳离子存在则可形成不同色彩条带状的玛瑙硅化木；胶体陈化后可形成隐晶石英即普通硅化木。

6 结语

(1) 云南硅化木是一种石化型有机宝石，主要化学成分是 SiO_2，其次有 Na，K，Mg，Ca，Fe 等 10 多种微量元素和少量有机质 (如，10 多种氨基酸) 和水分等所组成。

(2) 云南硅化木均属普通型硅化木，微晶石英交代木质纤维残余结构明显，年轮尚清晰可辩，这是区别无机及有机成因石英的惟一有效的判别标志。

(3) 硬度、密度、折射率均比无机成因的标

准石英略有偏小的趋势，这与硅化木成分中含少量的有机物及水分有关也与其结构构造致密、硅化程度有关。

（4）云南硅化木是沉积成因且为普通型硅化木。

参考文献：

[1] 戴永定. 生物矿物学 [M]. 北京：石油工业出版社，1994. 46～47.

[2] 中国科学院. 矿物 X 射线粉晶鉴定手册 [M]. 北京：科学出版社，1974.

[3] 彭文世. 矿物红外光谱图集 [M]. 北京：科学出版社，1982. 112

[4] 闻　辂. 矿物红外光谱图 [M]. 重庆：重庆大学出版社，1988.

[5] 潘北兆. 结晶学与矿物学 [M]. 北京：地质出版社，1985. 65～73.

[6] 辽宁地质局中心实验室. 矿物差热分析 [M]. 北京：地质出版社. 1975. 86

[7] 周佩玲. 有机宝石与投资指南 [M]. 武汉：中国地质大学出版社. 1995. 223～224.

[8] 周佩玲，雷　威，汤云晖. 珠宝玉石学 [M]. 桂林：广西师范大学出版社，1999. 263～264.

[9] 罗献林，刘文龙. 中外奇石 [M]. 北京：北京科学技术出版社，1999. 207～208.

[10] 梁玉堂. 观赏石艺术 [M]. 济南：山东科技出版社. 1997 年 9 月. 154～156.

The characteristics of gemology of petrified wood，Yunnan

ZHOU Pei-ling，ZHOU Shu-li

（*Department of Resource and Environmental Engineering*，*Guilin Institute of Technology*，*Guilin* 541004，*China*）

Abstract：Petrified wood is an ancient living plant fossil. It is characterizedby its soft and beautiful lust of jade，its gentle and noist natural constitution quality，its hardness and dainty and its clear wood lines. Under the microscope，its wood parallel remnent fibre structure can be seen. The structure is due to the microcrystalline quartz grains handing over the wood fiber. Through many methods to survey the petrified wood，Its main chemical ingredients are SiO_2 with more than ten kinds of trace elements. Its mineral is composed mainly of quartz. Its density is from 2.57 to 2.64 g/cm^3，hardness is 6.40 to 6.81 and refraction rate is 1.540 to 1.550. By using analyzing its differential thermal curve picture，two absorbing valleys have been appeared when the temperatures were 579℃ and 875℃. At these temperatures，the quartz itself has been changed. There are many functions of silicified wood. Its future is better and better on the gem markets.

Key words：petrified wood；gemology；development and utilization；Yunnan

图版Ⅰ　周佩玲，等：云南硅化木的宝石学特征

Plate Ⅰ　Zhou Pei-ling，*et al*：The characteristics of gemology of petrified wood，Yunnan



照片 1　云南硅化木的交代残余结构
（纵切面）×25（—）

Photo 1　The replacement remnant texture of petrified wood



照片 2　硅化木中木质结构被石英交代
（横切面）×60（—）

Photo 2　The woody tissue replaced by quartz