

單晶鑽石簡介

Single Crystal Diamond Introduction

BW CUTTING TOOL ...
WWW.TOOL-TOOL.COM



對新知保持高度敏銳，即時接收與更新
擁有奉獻於客戶的進步之精神

- * KEEPING SHARP AND SENSITIVE MIND TO RECEIVE NEW TREND WORLDWIDE
- * INNOVATIVE SPIRIT TO CONTRIBUTE TO CUSTOMERS' PROGRESS
- * EXPERIENCED PROFESSION ON INDUSTRIAL FIELD

工業領域的專業經驗

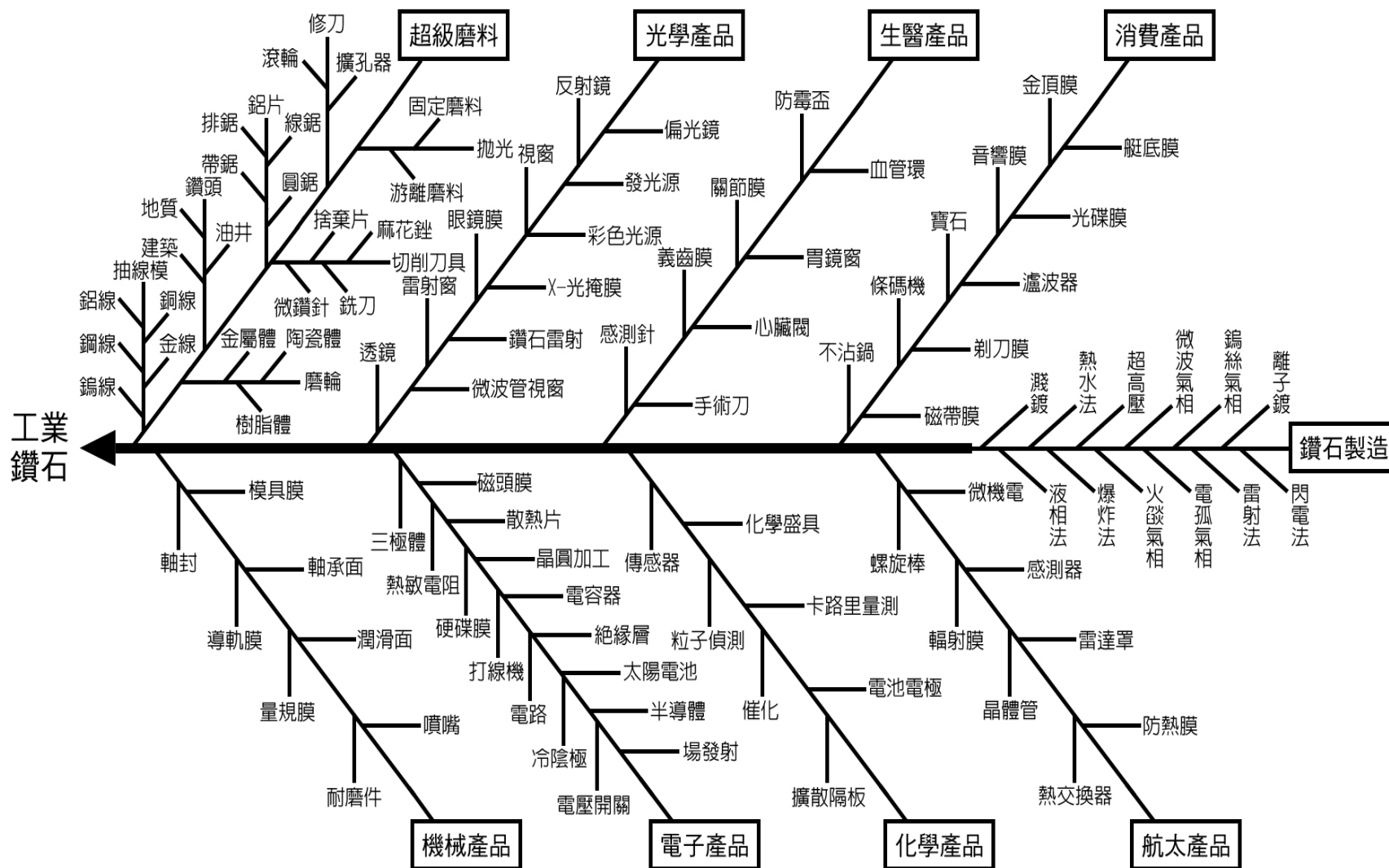
碧威股份有限公司
40356台中市西區向上二街13號

BEWISE INC.
No. 13, SHIANG SHANG 2ND ST.,
WEST CHIU, TAICHUNG, TAIWAN 403

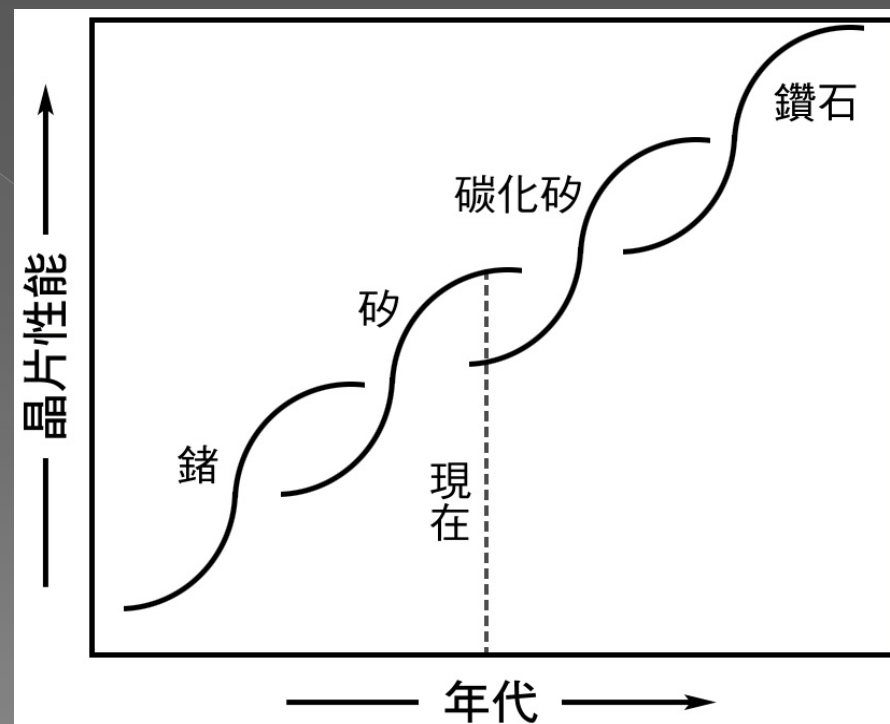
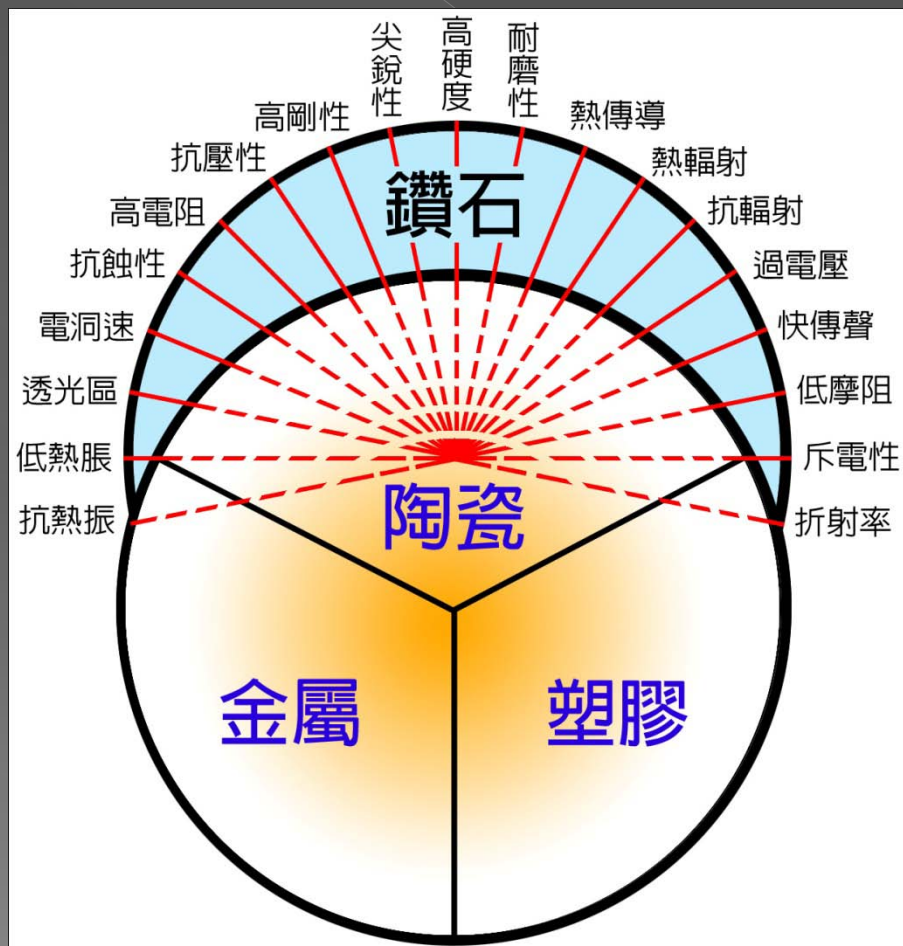
TEL : 886-4-2471 0048 FAX : 886-4-2471 4839
E-MAIL : bw@tool-tool.com ; mia@tool-tool.com ; sales@tool-tool.com



工業鑽石產業表



鑽石應用



鑽石基本特性



- 鑽石硬度高可作為耐磨耗材料，其原子結構，是由八個面心立方晶格(face center cubic lattice)相互交疊而形成的，每一晶胞(unit cell)含有兩個碳原子，每一個碳原子以 SP^3 混成軌域和鄰近四個碳原子形成共價結構，鍵結角度為 $109^{\circ}28'$ ，成為一規則之四面體結構。其硬度高，電絕緣性與熱傳導性佳，而且抗酸鹼腐蝕性強，具有高能帶寬 (band gap)、高熱傳導率、高密度、高崩潰電壓 (breakdown voltage)、低摩擦係數 (friction coefficient)、低UV-IR光吸收係數 (absorption coefficient)、高化學穩定性等。

鑽石各種特性



性質	數值	單位
強度	12000~15000	Kg/mm ²
摩擦係數	0.1(in air)	無
楊氏係數	1.2×10^{12}	無
密度	3.515	g/cm ³
熱傳導係數	20(298K)	W/cm.K
熱膨脹係數	0.8×10^{-6} (293K)	K ⁻¹
透光區	UV-IR	無
折射率	2.41 ($\lambda = 519\text{nm}$)	無
介電常數	5.5(300K)	無
能隙	5.45	eV
電子移動速率	1900	Cm ² /V.s
電洞移動速率	1600	Cm ² /V.s
崩潰電場	10	$\times 10^6$ V/cm
電阻率	10 ¹⁶	$\Omega\text{-cm}$

單精鑽石、鑽石薄膜及類鑽石薄膜之性質比較表



特性	單精鑽石	鑽石薄膜	類鑽石薄膜
A化學特性			
化學成份	C	C及約1at%H	C及低於50at%H
化學鍵結	SP ³ 共價鍵	SP ³ 共價鍵	不等量SP ³ 及SP ² 鍵
化學穩定性	酸、鹼、水、溶劑	酸、鹼、水、溶劑	一般皆無反應
B物理特性			
顯微結構	立方晶體	立方晶體之單精及非單精質結構	非晶質or含有微晶質結構
晶格常數(A)	3.567	3.5	—
密度 (g/cm ³)	3.51	2.8	1.35~2.4
C機械特性			
硬度 (kgf/mm ²)	> 10.000	> 9500	2000~9000
楊氏係數(N/m ²)	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹
磨耗係數(空氣中)	0.1	0.1	0.7
D熱特性			
熱傳導係數 (W/m.K)	6.21	11	4-10
熱膨脹係數(K-1)	0.8×10 ⁻⁶	—	—
E電性			
電阻(Ω.cm)	> 10 ¹⁶	10 ¹³ ~10 ¹⁶	10 ⁸ ~10 ¹³
介電常數	11	4~6	4~9
能隙(eV)	5.45	4.0~5.4	2.0~4.5
F光特性			
折射率 (可見光範圍)	2.42	2.38	1.8~2.3
透光性	0.225~80um	0.225~80um	0.5~50um



鑽石高壓技術發展史

- ◎ 1796年由英國化學家S.Tennant證明鑽石只不過是平淡無奇的碳、『點石為金』的慾望歷經157年才成為真實。
- ◎ 1880年J.B.Hannay把臘與油密封在鐵管內加溫、意圖使氣化的碳氫化合物產生壓力、轉換成鑽石
- ◎ 1935年P.Bridgman發明有壓缸的棒管式及無壓缸的對頂式高壓機

鑽石高壓技術發展史

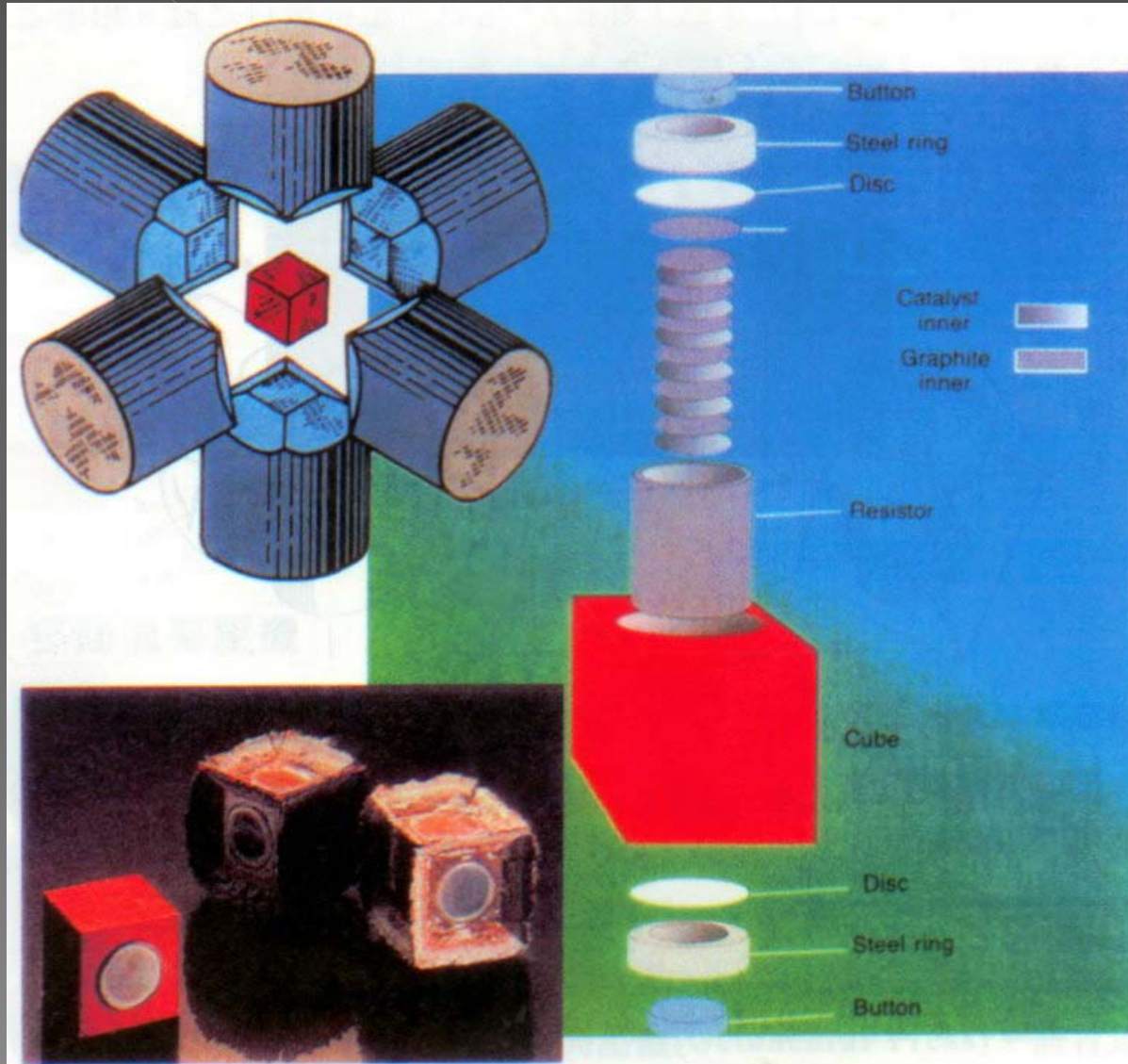
- ◎ 1939年俄國O.I.Leipunskii指出合成鑽石最好溶劑為Fe
- ◎ 1953年T.Hall利用Bridgman的棒管壓機與對頂壓機組合成環帶式 (Belt Apparatus)高壓機、因此合成鑽石。
- ◎ 1954年T.Hall他發現鐵族金屬 (Fe.CO.Ni)是鑽石觸媒。
- ◎ 1955年奇異公司發佈合成鑽石成功消息。

碳的價電子



- 鑽石主要碳源為碳原子外圍有 SP^0 . Sp^1 . Sp^2 . SP^3 的混合軌道。
- SP^0 為未配位 ($CN = 0$) 的零維原子點
- Sp^1 為前後配位 ($CN = 2$) 的一維分子線
- Sp^2 為三向配位 ($CN=3$) 的二維分子 (石墨)
- SP^3 為四向配位 ($CN=4$) 的三維分子體 (鑽石)

鑽石六面頂主力機

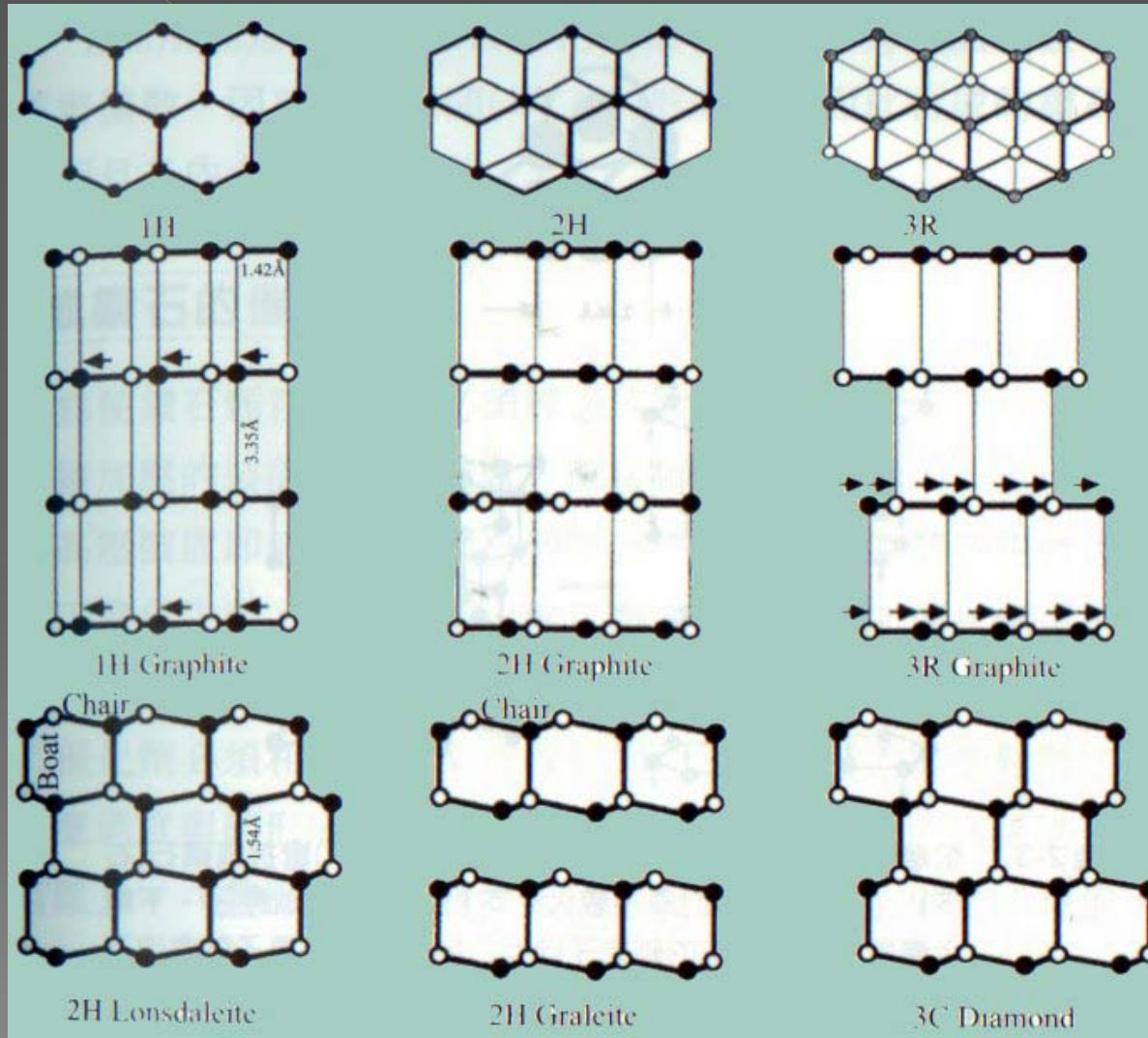




壓機噸位環帶壓缸表

壓機壓力 (千公噸)	壓缸內徑 (cm)	樣品直徑 (cm)	樣品體積 (c.c.) (長度=直徑)	樣品體積 (c.c.) (長度=2*直徑)
1	4.1	2.5	12	24
2	5.8	3.5	34	68
3	7.1	4.3	62	120
5	9.2	5.5	130	260
10	13	7.8	375	700
20	18	11	1060	2100
30	23	14	1950	3900
50	29	17	4200	8400

石墨層序高壓下結構



鑽石的催化劑

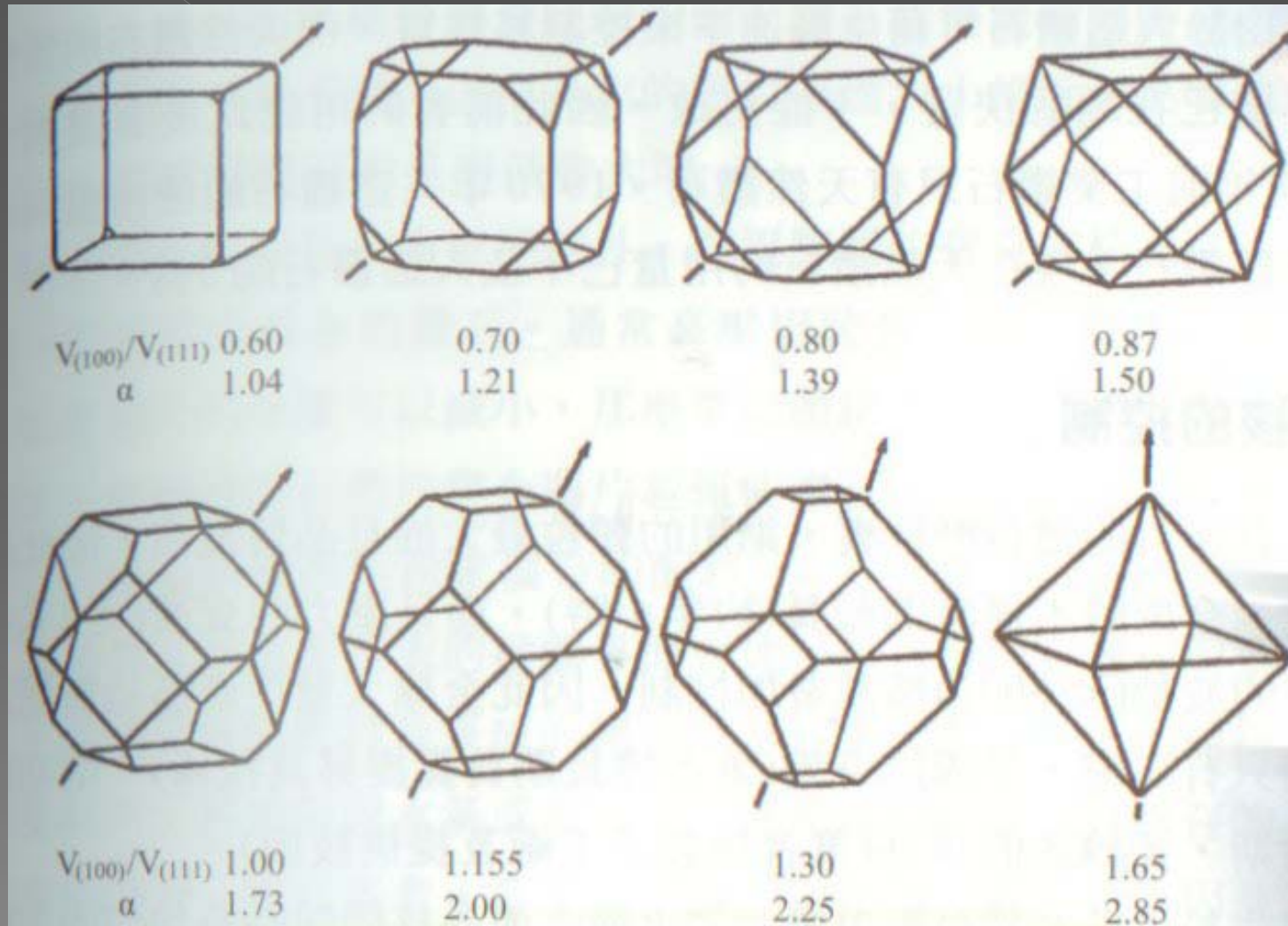
- ◎ 鑽石合成的催化劑通常為熔融的（如 Cr.Mn.Fe.Co.Ni)過渡元素。
- ◎ 催化劑必須與石墨反應使其結構鬆散、但又不能反應過度與碳形成化合物。
- ◎ 在高壓下、溶化的碳沉積鑽石晶種溫度約 1250°C
- ◎ 碳溶質組合成鑽石活化能約 0.13-eV



催化石墨成鑽石過渡元素表

Rank	Nucleation	Growth	Transition	Merit
1	Cr	Ir	Fe	Co
2	Fe	Ni	Co	Fe
3	Tc	Co	It	Mn
4	Mo	Os	Os	Ni
5	Co	Rh	Tc	Cr
6	Mn	Fe	Ni	It
7	Re	Ru	Ru	Te
8	Os	Tc	Mn	Ru
9	W	Mn	Re	Rh
10	Ru	Pd	Cr	Os
11	V	Re	Rh	Mo
12	Nb	Pt	Mo	Re
13	It	Mo	W	V
14	Ni	Cr	V	Pd
15	Ta	W	Nb	Pt
16	Rh	V	Pd	W
17	Ti	Nb	Pt	Nb
18	Hf	Ta	Ta	Ta

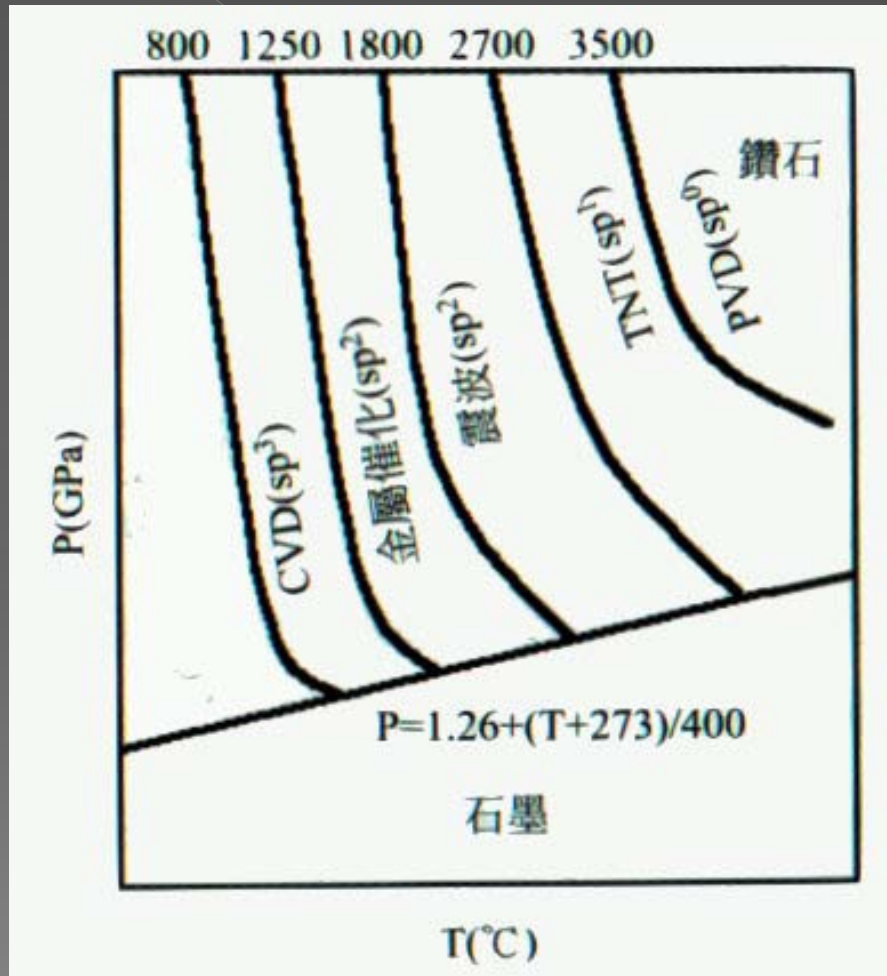
鑽石晶形圖



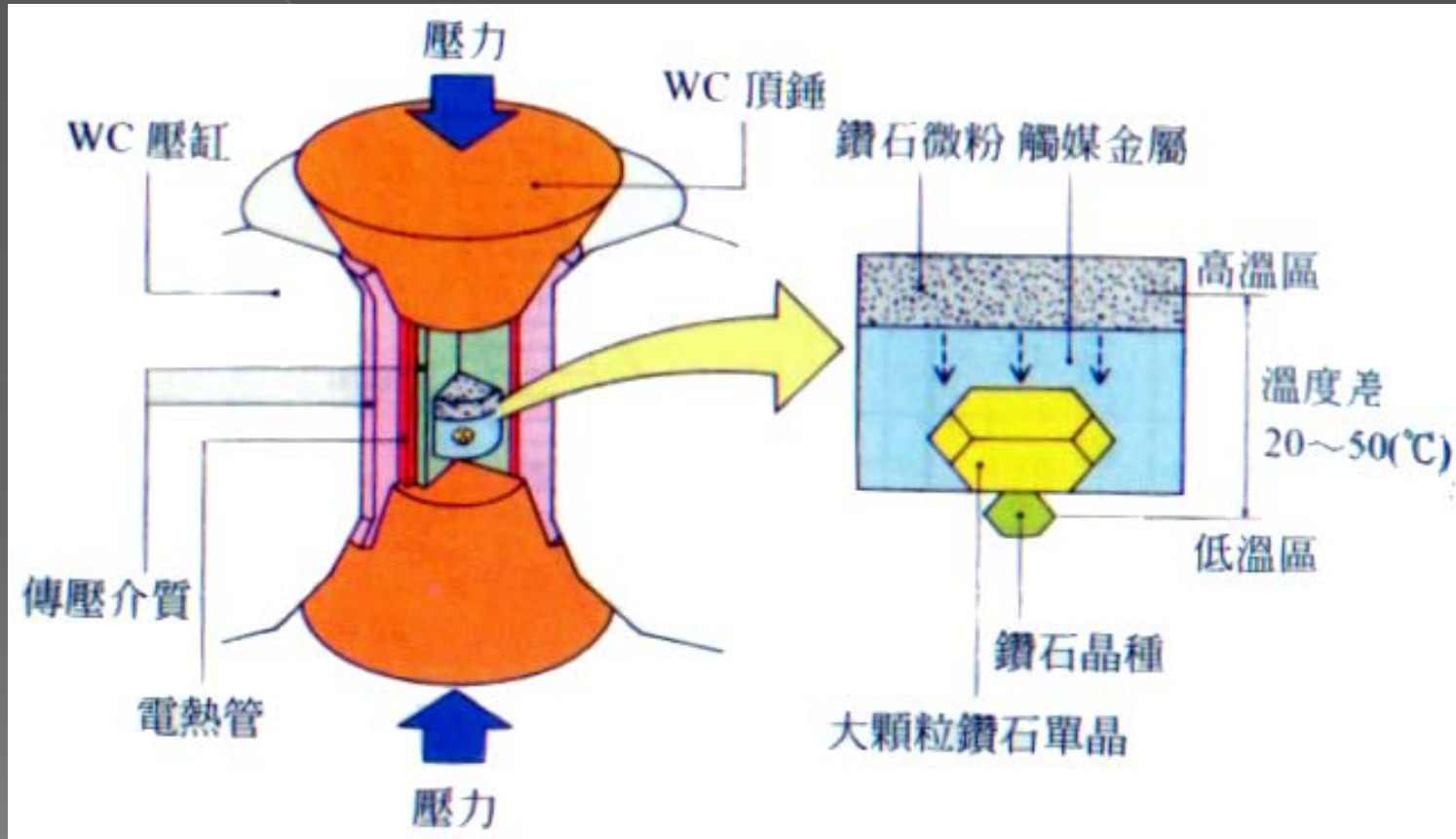
鑽石合成途徑表

碳源	狀態	途徑	時間	活化能 _{eV}	臨界溫度℃	臨界壓Gpa
碳源子	sp ⁰	原子撞擊 (PVD)	瞬間	0.33	3500	16
炸藥	sp ¹	分子撞擊 (爆炸)	瞬間	0.25	2700	12
石墨	sp ²	石墨彎摺 (震波)	瞬間	0.17	1800	8.1
		石墨彎摺 (金屬催化) 或溶解析出	長時	0.13	1250	6.2
甲烷	sp ³	氫原子催化 (CVD)	長時	0.09	800	4.3

鑽石合成動力學圖



鑽石高壓組裝圖



鑽石磨粒分類

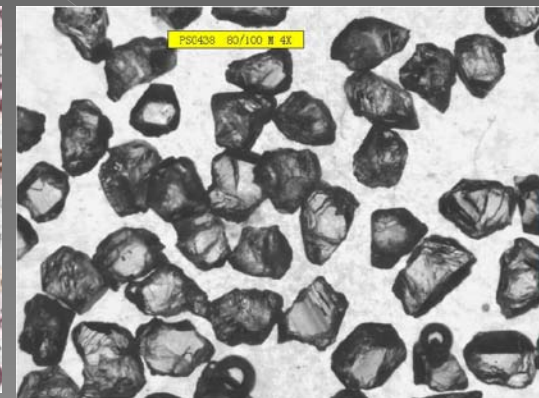
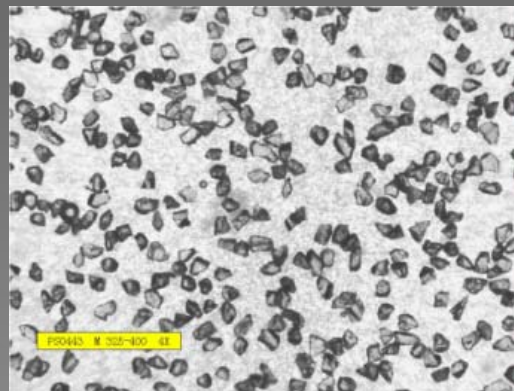
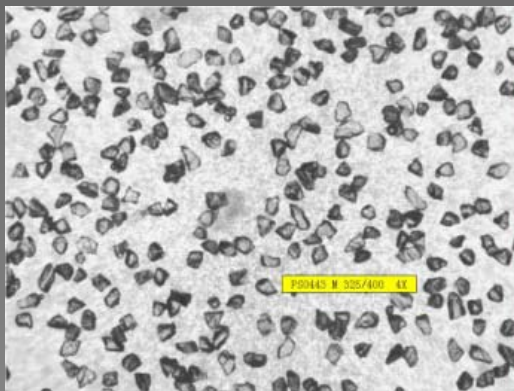
* 完整大顆粒單晶鑽石 (60~20篩目 or 0.25~1mm)

用途切割石材及水泥

* 完整小顆粒單晶鑽石 (400~60篩目 or 0.04~0.25mm) 用途研磨非金屬工件

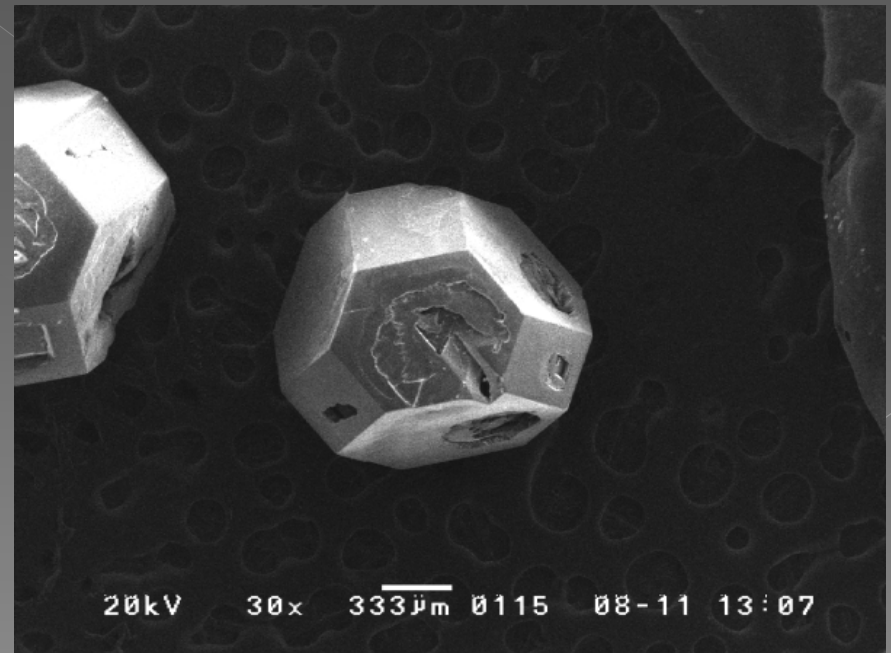
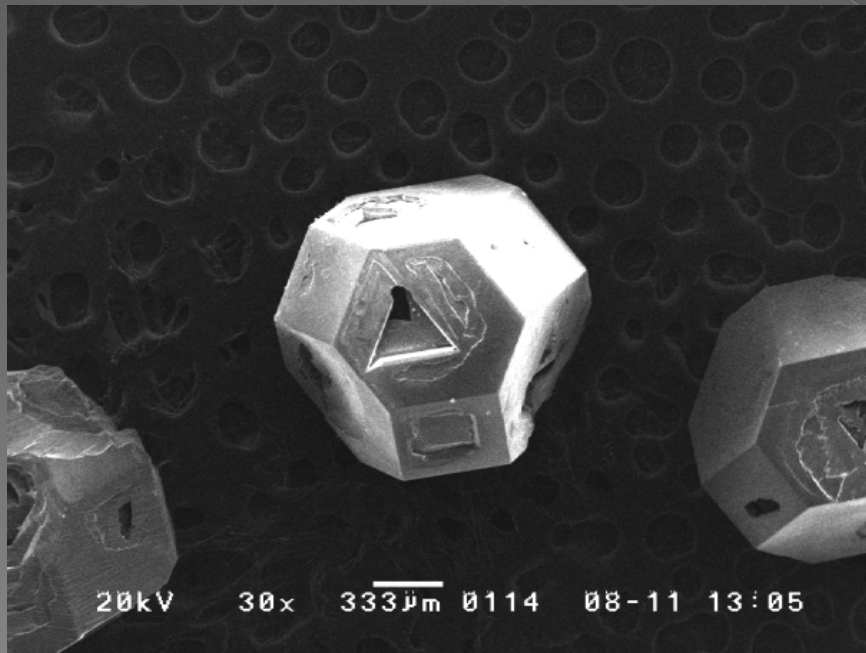


* 小顆粒具大量缺陷不規則單晶鑽石用途研磨碳化鎢

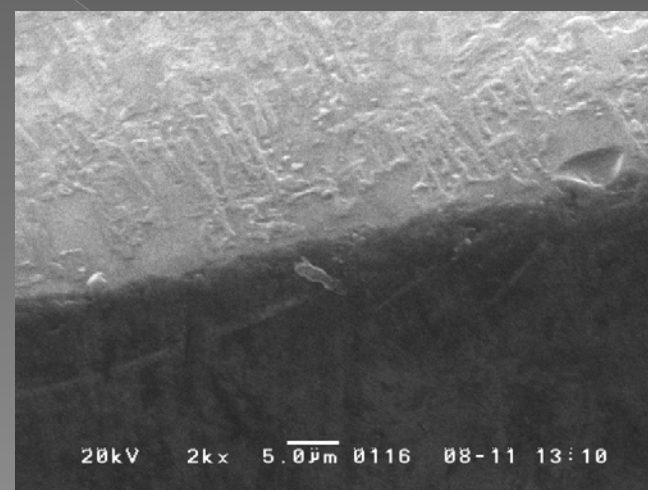
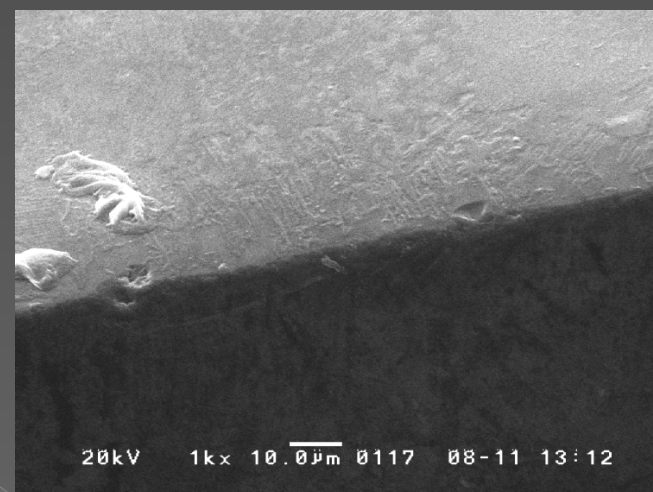
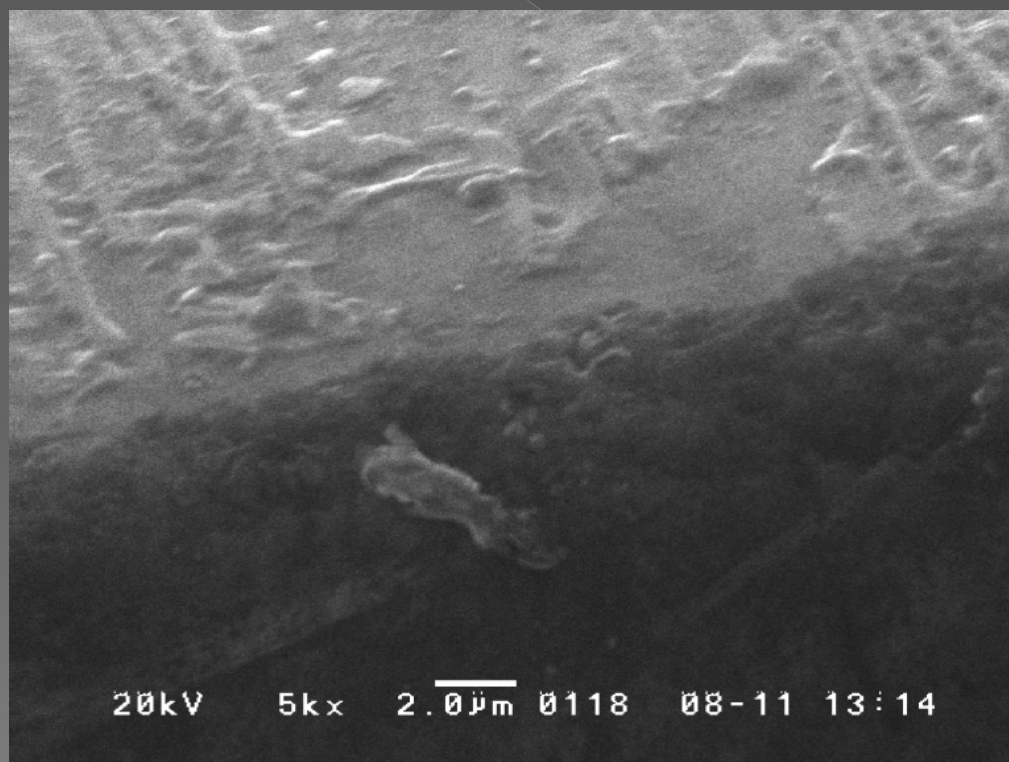


鑽石生長區

鑽石生長晶形多為六面體與八面體、兩種晶面的消長則由垂直於其面生長速率的快慢決定



單晶鑽石表面細膩度





磨粒鑽石晶核控制

- * 高壓腔體夠大 ($> 50 \text{ Cm}^3$) 而且壓力及溫度均勻
- * 鑽石晶形分佈由石墨與金屬選則控制
- * 晶粒大小要適中要均勻
- * 金屬成份要符合觸媒優選原則
- * 觸媒表面不可過渡氧化
- * 石墨表面要處理均勻

高壓腔容積 (Cm^3)	原料組裝	成核方法	石墨轉化率 %	鑽石單產 克拉/ Cm^3	高品級 克拉/隨機自主
< 50(六面頂)	薄片	隨機自主	20	1	0.3
> 50(環帶式)	薄片	隨機自主	30	2	1
	粉末	隨機自主	40	3	2
	粉末薄片	晶種植入	50	4	3

Bewise Inc.



參考文獻來源：鑽石合成 宋健民 博士 著
碧威股份有限公司 等



Thank you!!

Bewise
— Inc. —