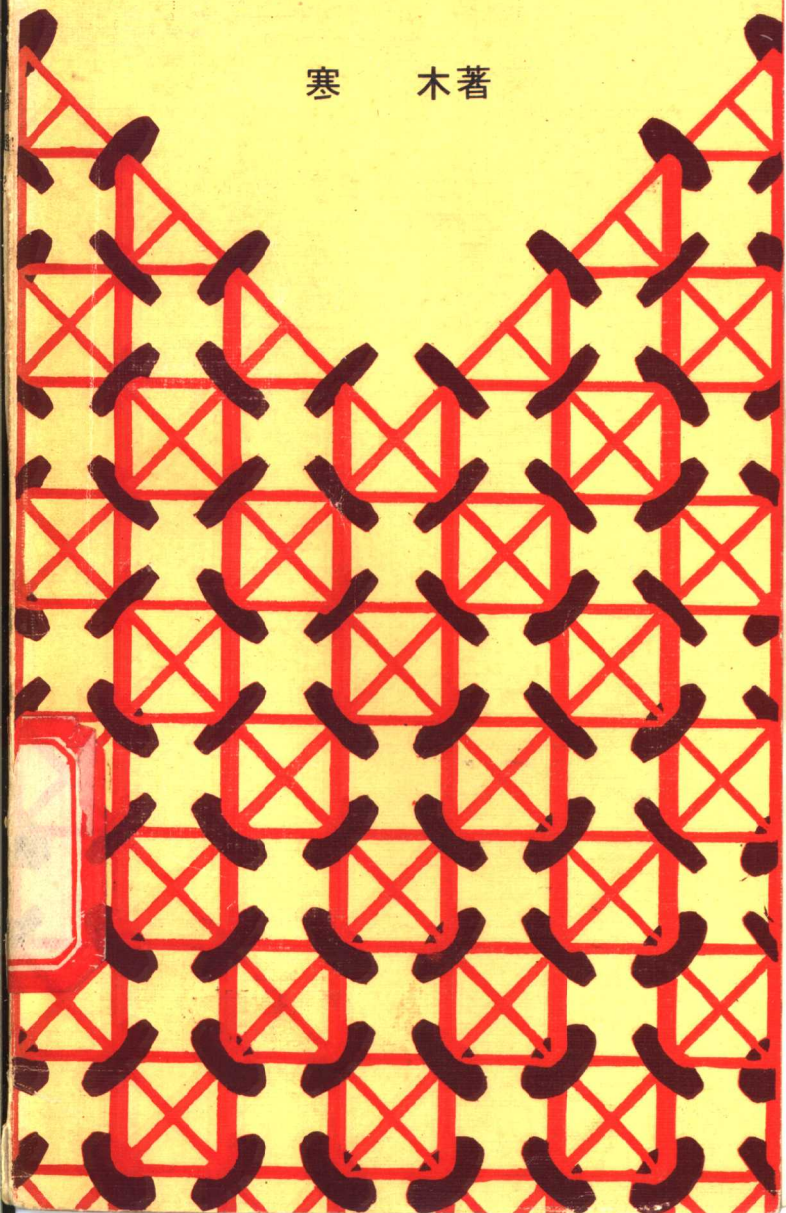


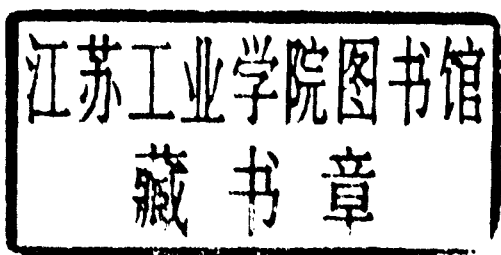
特種陶瓷趣談

寒 木 著



特種陶瓷趣談

寒 木 著



廣 角 鏡 出 版 社

出版說明

今天，隨着電子技術的突飛猛進，陶瓷工業也出現了
很多新的產品，古老的陶瓷已經跳出了過去的狹小圈子，
邁向了那廣袤遼闊的新天地，在尖端科學技術領域中，扮
演着越來越重要的角色，越來越受到人們的重視。本書就
這個角度，向讀者介紹各種現代特種陶瓷的發展和性能。
文字生動、資料豐富，是一本很有閱讀價值的知識讀物。

特種陶瓷趣談

寒木著

廣角鏡出版社出版

華風書局發行

香港莊士敦道186號二樓

莊士敦道184-186號

發展輔佐有限公司承印

書號061.14

香港北角木星街七號

102×169毫米

1977年4月初版

目 次

- 1 ■ 古代絢爛的工藝之花
- 5 ■ 從廳堂雅室邁向廣袤的新天地
- 11 ■ 無奇不有的高鋁陶瓷
 - 巨型電子管的「外套」
 - 高頻裝置瓷
 - 汽車和飛機發動機的點火器
 - 火花塞
 - 新的汽車能源
 - 鈉流電池
- 18 ■ 無線電通訊工具的伙伴
 - 塊滑石瓷（鎂質瓷）
- 21 ■ 能聽水聲的陶瓷「耳膜」
 - 壓電陶瓷
- 24 ■ 電子技術中新材料
 - 磁性瓷
- 27 ■ 電子計算機的「腦細胞」
 - 鐵電陶瓷

- 29 ■ 能導電的陶瓷加熱元件
——碳化硅和二硅化鋁
- 32 ■ 新興的氧化鋁陶瓷
- 34 ■ 奇特的泡沫陶瓷和陶瓷纖維
- 38 ■ 未來的陶瓷晶鬚
- 41 ■ 高溫陶瓷塗層（難溶金屬的「外衣」）
- 47 ■ 金屬陶瓷
- 50 ■ 碳化燒蝕隔熱材料（導彈彈頭的保護罩）
- 53 ■ 碳化硅單晶整流管
- 55 ■ 氧化鈾及碳化鈾陶瓷（原子反應堆的新燃料）
- 58 ■ 原子反應堆的控制材料
——碳化硼
- 60 ■ 反應堆的圍牆（中子反射屏）材料
——石墨磚和氧化鋁磚
- 62 ■ 原子反應堆的中子減速劑材料
——石墨和氧化鋁
- 64 ■ 反應堆的結構材料將進入陶瓷時代

古代絢爛的工藝之花

無論是在中國故宮博物院、歷史博物館或是世界各地的一些博物院、古玩店等地方，都可以見到所珍藏的古色古香的中國陶瓷文物。它那精美的造型、絢爛的色彩、各式各樣的裝飾以及多姿多彩的品種，令你看了眼花瞭亂，目不暇給。你眼下確已進入了一個陶瓷世界，只要你對它們真正感到興趣的話，你就會從欣賞這些名瓷古玩中獲得無窮無盡的樂趣，同時更令你嘆為觀止。確實，中國古代陶瓷在造型、釉彩和花繪等方面，都達到了極高的造詣，它們在世界上久負盛名，譽耀四海。這些精湛的陶瓷工藝品，是中國古代開放的一朵工藝之花。就近代的角度來說，這些陶瓷更是珍貴，其價值更大。它們是中國優秀而古老的文化的象徵之一。無怪乎許多外國朋友熱情盛贊中國是陶瓷的祖國。連英語中的“China”一字，含意既是「瓷器」，又是「中國」。

古代陶瓷的製造，追溯起來，距今已有四千多年悠久的歷史。遠在上古的黃帝時代，中國就有了陶器的生產。從漢朝到魏晉時代（公元前206年至公元420年），陶器進一步演變為各種美麗的彩陶和青瓷。到了唐代（公元618至907年），中國瓷器已享譽世界。除了稱為秘色的瓷器（青瓷）和聞名的唐三彩之外，在南北朝已萌芽的白釉器、黑釉器都得到了發展，同

時，高溫釉下彩開始創燒，這更是瓷器工藝的重大發展。當時的瓷器跟絲和茶同時輸出國外，而以新興商品的姿態出現於國際市場。南宋(公元1127至1279年)以來，中國的青瓷，特別是龍泉青瓷，在國際上已很有名氣，銷路幾乎遍及亞洲，遠達歐、非等洲，這就是著名的所謂「色拉冬」瓷器(The Lungchuan Celadon)。宋代(公元960至1279年)時，除了著名的青瓷、影青之外，兩種最著名的高溫顏色釉下彩——青花和釉裡紅開始萌芽，顯示了瓷器工藝的孿乳繁盛。這時期歷史上的定窑、汝窑、官窑、哥窑、鈞窑都是很有名的，稱為五大名窑。元代(公元1271至1368年)是青花的成熟時期，這時青花顏料的煉製和燒製技術得到了較大的發展。到了明代(公元1368至1644年)，造瓷技術水平大大提高，瓷器成為雕塑和繪畫相結合的藝術。明代以景德鎮為瓷器中心，於是景瓷就以「白如玉、明如鏡、薄如紙、聲如磬」而聞名於世。這時期的白釉瓷器有所謂甜白、美玉、純淨無雜、透亮明快等等美稱。明代永樂窑的釉裡紅，宣德窑的青花、祭紅、成化窑的鬥彩，嘉靖、萬曆兩朝的五彩、雜彩，德化窑的雕花和堆花器，山西三彩法華器(明器)等等都達到了相當高的成就，並為清代彩色瓷奠定了深厚的基礎。到了清代(公元1644至1840年)，瓷器工藝進一步發展，尤以康熙、雍正、乾隆之朝景德鎮官窑作品最為突出，達到了中國陶瓷工藝史上登峯造極的階段。清代的仿製是造瓷技術取得高度成就的具體原因之一。譬如，仿汝(汝窑)、仿官(官窑)、仿龍泉(龍泉窑)、仿鈞(鈞窑)，有許多作品都大大超過歷代的水平，康、雍時期仿成化窑的彩瓷，尤能亂真。這些光輝燦爛、巧奪天工(例如當時製造一個精美的花瓶，需要經過五十個工人師傅的手)的陶瓷製品，對於中國及世界的物質文明都曾起過極其深遠的影響，並對人類文化作出了卓越貢獻。中國瓷器的

生產在人類歷史上，留下了輝煌的篇章，它也是世界人民寶貴的文化遺產。

從歷史記載可知，大約在公元700年初，中國瓷器就由海路傳到西方。以後，葡萄牙人，荷蘭人都從中國運去了瓷器。這些閃閃發光的瓷器和花瓶，一傳到歐洲，人們就如獲至寶，爭先恐後地購買，自然無需宣傳，就與黃金等價齊觀了。甚至有人將破碎的瓷片與黃金嵌在一起，作為貴重裝飾品。在J. A. 勞愛德·海德和里卡多R 埃斯皮里圖、桑托席爾瓦著的《運銷歐洲市場的中國瓷器》一書中，有一篇《葡萄牙王國紀述》。作者在書中十分地贊美中國古代瓷器，該書中說：「這種瓷器是人們所發明的最美麗的東西，看起來要比所有的金、銀或水晶瓶都更為可愛。」意大利著名旅遊家馬可·李羅盛贊過中國元代的瓷器，他說：「元朝的瓷器，運輸到全世界。」在至今亞洲南部各國和土耳其伊斯坦堡博物館以及伊朗德黑蘭阿爾代畢爾寺院都保存着許多精緻的元代青花瓷器。據《日中文化文流》資料上說，有些日本朋友更把中國的瓷器比做聞名世界的神品和絕品，這話看來並非言過其實。雷斯涅爾、魯布佐夫主編的《東方各國近代史》一書中說：「多數荷蘭人，也可以說多數其他歐洲人，第一次聽到瓷器是在1596年。」書中又說：「在西歐見識到中國瓷器之後，中國瓷器就受到熱烈歡迎。因為這是一種不是本地陶器所能比擬的器皿。中國瓷器所特備的優點，它那種不滲透性、潔白、具有實用的美以及比較低廉的價格，都使它很快成為當地人民深深喜愛的物品。」……可見，中國瓷器在世人心目中所佔地位之一斑了。

遠在九世紀的法特末王朝時代，古埃及就仿製中國瓷器。直到十七世紀，才由法國人路易、波泰拉首先仿製成軟質瓷。軟質瓷是相對硬質瓷來說的。硬質瓷的燒成溫度較高（1300℃以上），化學穩定性和機

械強度較好，如電瓷、化學瓷、高級日用瓷和藝術瓷等。軟質瓷燒成溫度較低，化學穩定性和強度較硬瓷低，但白度和透明度較高，主要製日用瓷（如餐具）和藝術品等。骨灰瓷就是一種軟質瓷，英國的骨灰瓷是很有名的，它是由粘土、高嶺土和牛骨灰等配合燒成，骨灰含量高達20～60%。公元1708年，德國邁森瓷廠，才得到硬瓷的製造方法，這才开辟了歐洲瓷的新紀元。

日本和朝鮮的陶瓷生產，是在宋代和明代從中國傳去的。公元十世紀初，朝鮮在康津建窑廠，仿製中國瓷器。以後製瓷技術由朝鮮傳到日本。十二世紀初，日本的加藤の朗來中國學習製陶技術六年，回國後，在愛知縣開始建窑。所以，日本到現在仍把加藤稱為「陶祖」。從此，世界各國的製陶技術，在中國精湛技藝的薰陶和感染之下，也日益發展起來。

從廳堂雅室邁向廣袤的新天地

一提到陶瓷，就很容易使人們聯想起生活中那些常用的小巧玲瓏而廉結大方的日用陶瓷——杯、盤、碗、碟、壺等器物以及那些古色古香的陶瓷文物。那是很自然的。因為日用陶瓷同人們生活有着十分密切的關係，幾乎天天都要用到它們；至於那些五彩繽紛的古代中國陶瓷，早已久負盛名，它們對中國和世界文化作了極大的貢獻。

陶瓷這個名稱，一般是指土器、陶器、炆器和瓷器的總稱。大體上，瓷器質地純白，胎薄、有半透明性、瓷胎吸水性很小、斷口常呈貝殼狀，當用金屬輕敲時，它發出清脆悅耳似磬的聲音；陶器的質地粗糙一些，胎厚，無半透明性，顏色不一定是白色，胎的吸水性較大，當用金屬輕敲時，聲音較啞，陶器的燒製溫度較瓷器為低。

如果從歷史的角度去看問題，不可能要求在一千多年前的瓷器就胎薄得呈現半透明，半透明性是瓷器高度發展的結果。因而從歷史長河來衡量什麼是瓷器的話，也可以這樣說，只要具備以下幾個特徵就可以算是瓷器了。這些特徵是：胎骨是用高嶺土（一種白色瓷土，因中國江西浮梁縣高嶺地方盛產這種瓷土而得名，現今世界謂製瓷白色瓷土通稱高嶺土）作成的；有的胎骨也摻加石英或長石等粉末；有光亮的釉；質

地硬、火候高、叩之作金石聲；胎骨已不吸水分。

陶瓷的原料大部分是自然界的礦物原料，按它的物理性質可分兩大類，即可塑性原料和非可塑性原料。前者如高嶺土粘土，後者如石英與長石。陶瓷的一般工藝過程是，原料加工，成型，干燥、施釉和燒成。

由於人類社會的不斷發展，科學技術日新月異的進步，各種類型的工業陶瓷，尤其是特種陶瓷不斷湧現，它們的製造原料、生產、工藝、性質和用途也就完全不同了。所以說，僅僅想到這些日用陶瓷及古代陶瓷文物，還是很不夠的，也是不全面的，它們只不過是人們使用陶瓷製品的一個小小方面而已。

今天，古老的陶瓷已經跳出了過去的狹小圈子，邁向了那遼闊的新天地。陶瓷走出雅室後，首先就和建築工業密切聯繫起來。遠在中國秦代（公元前 221 至公元 207 年），就以大量磚瓦修建舉世聞名的萬里長城和阿房宮，這是以陶器和土器製品，用於宏偉建築的開始。在現今高度發展的建築業中，陶瓷仍是廣泛應用的大宗的結構材料和裝飾材料。例如，美麗的飾面磚，鑲地面和外牆的馬賽克（一種六角形的小瓷磚），盥洗間各式華美的衛生陶瓷器具，還有陶瓷質暖氣片等。這一類充作建築材料用途的建築陶瓷，在今日香港是到處可以見到的。在陶瓷原料中加入泡沫劑製成泡沫陶瓷，隔熱性能良好，可作為隔音保溫材料和結構材料。陶瓷因為比金屬能耐酸鹼、抗氧化及具有化學穩定性，所以它在化學工業中代替鋼鐵作泵殼、管道和盛酸容器等。

不僅如此，現近陶瓷在尖端科學，譬如噴氣技術和宇宙航行等方面也大有作為，它們與金屬材料抗衡，扮演了極不平凡的角色。第二次世界大戰（二十世紀四十年代）之後，隨着超音速飛機、火箭、導彈、人造衛星和星際航行等尖端科學技術的發展，使得噴氣技術更向前邁進了一大步。現在，噴氣式發動機中較

慢的一種，即渦輪式（葉輪式）噴氣發動機，飛行速度已達到2000公里/時，沖壓式發動機速度較高，達到2000~2500公里/時，而速度最快的火箭噴氣發動機（簡稱火箭），達到5000公里/時以上的高速。把人造地球衛星發射到繞地球運轉的高空軌道上的多級火箭的速度更快，第一級火箭速度是2公里/秒；第二級火箭，5公里/秒；第三級火箭7.9公里/秒。人造地球衛星在它的軌道上的運轉速度大概為8~11公里/秒之間。然而，要用噴氣技術使飛機、火箭飛得更快、更高和更遠，其中有一個難關，必須解決耐高溫材料。飛機、火箭高速飛行，取決於發動機尾部的噴射速度。尾噴管每秒鐘噴出的高熱氣體物質越多，速度越快，推力也就越大。現時，渦輪式飛機的噴出氣流為800~900公尺/秒；沖壓式飛機的噴出氣流為2000公尺/秒；火箭射出的氣流更快，至少為3000公尺/秒，溫度高達3000℃，而壓力達到六十至二百個大氣壓。由此觀之，飛機和火箭的燃燒室和尾噴管，都處在高溫，高壓和高速的極端苛刻的條件下工作的，在這情況下，燃燒室和尾噴管的材料必須更加耐高溫，耐磨蝕耐熔蝕耐氧化和强度高。因此，就在這噴氣技術上，幾千年來金屬材料在材料王國中稱霸的局面開始發生動搖，因為絕大多數金屬在1800℃時都已熔化，而陶瓷正好具有金屬所沒有的一系列優異性能，所以它一躍而成爲噴氣技術中不可缺少的材料。今天，許多國家都在發展火箭導彈用的各種特種陶瓷材料，如用高鋁陶瓷，陶瓷蜂窩夾心結構製造導彈頭部保護天線的雷達罩，用陶瓷和金屬結合而成的最新陶瓷材料——金屬陶瓷來製造火箭導彈外殼、噴嘴、內襯、發動機零件等。美國阿特拉斯導彈由20萬個零件組成，其中有許多就是高溫陶瓷。還有陶瓷塗層，用來保護金屬材料。還有陶瓷纖維和陶瓷棉，主要是由氧化鋁——氧化硅系統的天然礦物燒融製成，如高嶺土棉、鋁土纖維，藍晶

石纖維等，它們是在玻璃纖維工藝上發展起來，但比玻璃纖維更能耐火，所以是良好的高溫絕緣材料。它們可製成陶瓷紙、陶瓷毡、陶瓷墊、陶瓷繩、陶瓷帶以及紡成陶瓷布，還可作為塑料的增強材料，它們用在噴氣發動機、火箭導彈中作絕緣和防蝕材料，也可作高溫高壓爐襯，各種管道及蒸氣鍋爐的保溫材料。

電子技術的突飛猛進，產生了一系列特種陶瓷，如鐵電陶瓷、磁性陶瓷、半導體陶瓷、壓電陶瓷、高鋁陶瓷和塊滑石陶瓷等。鐵電陶瓷主要用在電容器中。磁性瓷又叫鐵氧體。由於它的磁性強大，靈敏度高，在磁場中的渦流損失小等優點，所以它一出現，就促使了許多電子設備的改進。它已廣泛地用在各種通訊設備和電子儀器中，如電子計算機和自動翻譯機的記憶磁蕊，磁性記錄帶等。半導體陶瓷，如碳化硅單晶體能耐900℃以上的高溫，可作高溫整流管。耐高溫半導體陶瓷可用於高溫工業爐的電熱元件，高溫熱敏電阻及自動化控制等方面。壓電陶瓷可以制造超聲波探測儀，用於檢查人體的疾病、金屬探傷和發現魚羣以及軍事上探測潛艇等。高鋁陶瓷用途更是廣泛，除了在電子技術中作為高頻絕緣材料外，還可作汽車、飛機的發動機的點火器（火花塞）以及耐高溫的高級陶瓷材料。塊滑石陶瓷用於無線電通訊裝置，作為高頻、高壓絕緣材料。

另外，二十世紀還有一個最重要的技術發展，這就是原子能。原子能是一種龐大的動力源泉，是人類將來最有希望的能源之一。它有許多優點，因此用途極廣。它可作船的動力。例如，一般排水重為30000噸的油船，在不補充燃料航行10000海浬（約合18520公里）時，只要消耗幾公斤鈾235（一種原子能燃料），而普通船却要燃燒幾千噸煤，那就非要在各地海港添加大量燃料不可。原子能船縮短了裝載燃料的停泊時間，這就增加了航行時間。原子能在航空上也有廣闊

發展前景。目前，數十噸重的超音速飛機每小時就要消耗 9～12 噸燃料。隨着速度進一步提高，燃料消耗率就會越來越大，飛機必須攜帶大量燃料。高速遠程飛機攜帶的燃料更多，例如，現代遠程重型飛機總加油量達到 50～100 噸，這就使飛機變得很重。這勢必增大燃料消耗率，並使航程與航速不能進一步提高。目前航速為 2000～3000 公里/時，航程 5000～10000 公里的飛機，其重量已達 200～250 噸。這主要是由於噴氣式飛機所採用的化學燃料（航空煤油）所含的能量太低。採用原子能發動機就可解決上述困難。因為核燃料的能量高度集中，燃料消耗率極低。不僅可以使飛機的航程幾乎沒有限制，而且可能進一步提高飛行速度，使飛機性能有一個質的飛躍。據估計，飛行重量為 120 噸的原子能飛機，以每小時 2000 公里的航速作一次環球飛行，不過消耗 500～600 克鈾 235 而已，如果用化學燃料航空煤油的話，大約需要 1000 多噸。所以原子能飛機的航速不再由機上可能裝載的燃料決定，航程是由發動機壽命和空勤人員可能連續工作時間所決定，航速是由原子能發動機的最大工作溫度來決定。但是，製造原子能飛機比建造原子能輪船和原子能電站都要困難得多。目前還只是處於摸索階段。

建造一座功率為 10 萬瓩的火力發電站，每年至少要消耗約 25 萬噸煤，而同功率的原子能發電站每年只要 50 噸天然鈾作燃料就夠了。原子能發電站可避免大量燃料的運輸問題，在邊遠地區，如沙漠、高山和其他缺乏燃料的地方，也可建立原子能發電站來滿足生產和生活上的需求。世界各國石油和煤埋藏量有限，並因大量消耗而逐漸減少，而且有些國家缺乏這種燃料，所以今天世界各國都十分重視原子能反應堆的研究和應用。衆所周知，要提高蒸氣發電機的效率，最有效的措施就是盡量提高石油和煤的燃燒溫度，把蒸氣燒得溫度越高越好。用原子能來發電和開船的原子

核反應堆也是這樣。可是要想提高反應堆裏所發生的核反應溫度，可不象燒石油和煤那樣簡單，需要解決許多材料和技術上的問題。其中高溫材料就是主要用特種陶瓷來解決的。下面將會逐一介紹。

總括起來說，陶瓷在尖端科學技術領域中的用途將越來越廣，種類也將越來越多。所以傳統陶瓷僅僅由高嶺土、長石和石英作為原料的話，那末特種陶瓷將少用或甚至完全不用傳統陶瓷所用的原料，而用化學元素周期表中一些元素的難熔的氧化物作為主要原料，今天特種陶瓷已把化學元素周期表中更多的元素的化合物吸收到它的隊伍中來。因此近代對於陶瓷的概念需要擴充，並賦予它更新的涵義。可以說，特種陶瓷大多數都是專用無機的難熔化合物作為主要原料，用與傳統陶瓷生產工藝相似的方法製造出來的。由於特種陶瓷一系列優異的物理、化學、力學性能，譬如耐高溫，高強度，抗氧化腐蝕、特殊的光學性能，壓電性能、熱電性能以及耐核輻射性能等等，因此，使它們成了與金屬抗衡的尖端科學技術的重要材料，並越來越受到人們的重視。

無奇不有的高鋁陶瓷

巨型電子管的「外套」——高頻裝置瓷

人們常常把電子管叫做真空管，這是因為它必須在真空中工作。爲了不讓一點空氣進去，普通電子管都用一只玻璃做的管殼把零件密封起來。

然而，並不是所有的電子管都有這麼一身玻璃「外套」的。在現代遠程探測用的大功率雷達設備裡裝置着一種巨型電子管，足足有一個半人高，它的那身「外套」很別緻，是用不透明的陶瓷做成的，而且還用金屬鑲了邊。

原來，這種電子管因為功率非常大，工作條件十分苛刻，所以對管殼的要求特別高，用玻璃來做已經不能勝任，只有用比玻璃更耐高溫 and 電氣絕緣性能更好的陶瓷來做才行。

用來做這種巨型電子管之殼的陶瓷，通常是一種氧化鋁含量很高的陶瓷。這種高鋁陶瓷在比較高的溫度下，在雷達電波那樣頻率很高的電場中，仍能保持很好的電氣絕緣性能，所以人們把它叫做高頻絕緣瓷。當然，要把陶瓷材料做成一只象巨人那樣大的電子管之殼是很困難的。好在雷達電子管的設計並不這樣苛求，它允許管殼可以「縫」製，即先把陶瓷做成一只只大圓環，每只大圓環的兩頭都加上金屬的鑲邊，

以便把它們一只只迭起來，然後再用金屬封接住。

在許多無線電儀器和設備中，都大量地用到這種高頻絕緣瓷。因為這種瓷是用作無線電絕緣裝置如插座、絕緣環、棒片、板等等，所以又稱這種陶瓷為高頻裝置瓷。

近年來，高純氧化鋁陶瓷，實際上不包含有熔劑（即玻璃相物質），所以在作為超高頻絕緣方面越來越擴大使用。但這些產品必須被加熱到攝氏一千八百度的高溫，才能達到材料的燒結。從而獲得足夠的強度和一系列的優異性能。這些沒有玻璃相存在的氧化鋁陶瓷，介電損失很低，絕緣性很高，在高溫及高頻之下都如此。

氧化鋁陶瓷的好處是，它還可以被製成具有半透明性質。當然，這是要用到特別純度的氧化鋁原料才行，此外，必須要消除陶瓷內部的所有閉孔隙。這種陶瓷不僅呈半透明狀，機械強度也很好，加上優異的電氣及介電損失性能，自然使得它對於高功率、高頻率的電子管有着很大的價值。正如前面提到，現在，氧化鋁可以代替玻璃作為製造電子管的良好封接材料。

在急速發展中的導彈，宇宙飛船、飛機等方面，雷達和其他電子設備必須被保持在某些材料的「鼻錐體」之中。這些材料對於高頻電磁波應是可以透過的，這些材料實際上不應當有功率損失，否則，信號將會減弱和失真。此外，材料必須忍受高溫以及巨大的空氣動力的壓力。高純氧化鋁陶瓷証實它們完全適合及勝任這種用途。

高純氧化鋁陶瓷還可以製成不滲透性的耐火材料，例如：剛玉坩堝、剛玉管等。由於這種陶瓷的熱穩定性很高，耐化學侵蝕性也很好，硬度僅次於金剛石，所以使它可用來熔煉某些稀有金屬，代替現代玻璃纖維工業中使用的昂貴的白金坩堝，製成削鐵如泥