

# 流金灑暖 桂冠生輝



香港中文大學校刊  
前校長兼諾貝爾獎學人  
高錕教授特刊





# 中文大學校刊

二零一零年二月特刊

© 二零一零年 香港中文大學

香港中文大學資訊處出版

通訊處

中華人民共和國

香港特別行政區

新界 沙田

香港中文大學資訊處

電郵

iso@cuhk.edu.hk

網址

[www.cuhk.edu.hk/iso/bulletin](http://www.cuhk.edu.hk/iso/bulletin)

大學校刊諮詢委員會

黃國彬教授

陳雄根教授

陳韜文教授

Prof. David Parker

吳樹培先生

梁少光先生

徐綺薇女士

曹永強先生

楊如虹女士

## 目錄

### 2 前言



### 9 舉校同慶



### 18 諾貝爾獎講座 《古沙遞捷音》



### 29 小傳



### 32 桂冠學人返故園




封面相片：視覺中國

相片\*：高錕著之《潮平岸闊——高錕自述》



1996年·中國科學院紫金山天文台以「高錕星」命名3463號小行星





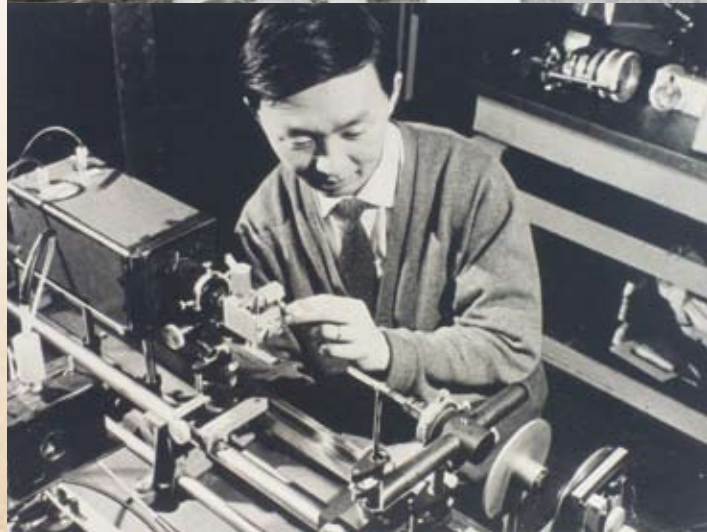
高 速互聯網、便宜的長途電話、視像會議——沒有高錕教授的玻璃光纖線纜，這些我們認為理所當然的通信方式統統不會存在。不單是我們聯繫的方式因光纖有了翻天覆地的改革，我們對於時間和空間的概念也因此而改觀。「觸手可及的信息」、「速遞上門的世界」、「實時聯繫」——在這些半世紀之前大部分人視為天方夜譚的夢想裏，高錕預見了未來。隨後數十年，別的科學家和工程師承其餘緒，發展出現代的網絡。不過，把這份異想天開的禮物送給人世的，終究是這位瑞典皇家科學院評審團冠以「光之大師」美譽的高錕教授。

香港中文大學前校長高錕教授  
因其高瞻遠矚的光導纖維研究，  
榮獲瑞典皇家科學院頒授  
2009年度諾貝爾物理學獎，以資表揚。

現時與往時  
或許都存在於來時，  
而來時亦載於往時。

艾略特之《四首四重奏》

今日種種的先進電信，幾乎都孕育於1963年倫敦的一個實驗室。其時，一名年方三十的倫敦大學學院博士生推敲鑽研，開始進行實驗，為要證明一個大膽富於想像的概念——透過廉宜多產的玻璃，光可以長距離傳輸，從而有效地傳送大量數據。在1960年代，國際電話電報公司在歐洲的中央研究設施——英國的標準電信實驗室——試圖用不同的載體，達至較高的帶寬。高錕搜索枯腸，希望可以找到一種物質引導光的脈衝，既要足夠透明，又需切實可行，最後選定了玻璃。玻璃以矽製造，而矽是地殼上取之不竭的原料——盤古初開已存在的沙粒。熔融二氧化矽在攝氏二千度高溫融化，化為強韌、質輕、可彎曲，並且比頭髮還細的光纖。



\*上圖：剛畢業的高錕與同學駕車在英國旅行，途中停下來野餐

\*下圖：時維六十年代，青年科學家高錕在英國哈洛市標準電信公司實驗室埋首研究光導纖維技術。這種技術當時尚在萌芽階段



然而前面並非坦途，不但障礙重重，而且障礙極大。其一是怎樣使光束由甲點走到乙點。在玻璃窗的一邊亮著電筒，另一邊當然清楚可見。但假如玻璃厚達一百米，光在傳送過程中便會消失。高教授的推想是：光線在穿過玻璃纖維途中減弱，非因被玻璃本身吸收了，而是由於玻璃的雜質。所以如果能去除雜質，數百米厚的玻璃板塊也應該看得穿。高錕以小心謹慎的測量計算，證明這一洞見，掀開光導通信時代的序幕。今日，光束在玻璃裏傳送整整千米後，仍可保有百分之九十五。



遠眺未來 (相片：South China Morning Post)

1966年，高錕在電機工程師學會的會議上提出自己的想法，並把發現寫成題為《為光波傳遞設置的介電纖維表面波導管》的論文，同年7月發表在電機工程師學會會議文集裏，這個日子被視為光纖通信的誕生日。然而，他還得花上多年時間，才可說服世人這個驚世意念是切實可行的。康寧玻璃廠的科學家給他的熱誠啟發，積極探索，到了1970年，研發出能夠把高速信號傳輸一千米遠的單根光纖。有了光，一切陰影都驅散於意念與現實之間。其後的故事，正如人們所說，已是耳熟能詳的歷史，無需多贅。

我們的「光之大師」在1970年離開國際電話電報公司，選擇了另外一個領域——教育——繼續發光發熱。他在香港中文大學成立了電子學系。1987年，高錕教授接受中文大學邀請出任校長。這位兒時便懂得用紅磷加紅氯酸鉀炮製泥球炸彈的科學家，深信沒有自由與好奇心不能成就學術創見。談到是甚

麼在早年激發了他對科學的興趣，他說自己跟很多好奇心甚重的人混在一起，靠閱讀、實驗來學習，不拘泥於「按部就班，由淺入深」等規條。如果父母常說這個那個做不得，毋寧便堵塞了很多通往新知與趣味之途——天馬行空的思維是極端重要的。



上圖：1987年5月，高錕教授以中文大學候任校長身分訪港，在歡迎會上致辭。旁立者為其夫人高黃美芸女士及其時的校長馬臨教授

\* 下圖：攝於中文大學校長寓所漢園（1998年）





高錕相信身為中文大學第三任校長，責任是為有才者開拓發展空間，惟其如此，大學整體才可以一同成長。無怪乎大學在他掌舵下，研究勃旺，各科研究所先後成立，甚至特別成立了研究及科技事務處，為學者提供支援。問及他對哪項成就最感滿意時，高錕曾說是「在校園營造了學術氛圍」。氛圍，就像在玻璃裏穿過的光，一瞬即逝，不易觸摸，而且必須各方條件全然成熟吻合，才可發出耀目光芒。高錕教授1996年退休，時至今日，他的遠見、他明誠的君子之風，仍叫人崇敬懷念。



上圖：2004年11月，高錕教授伉儷與剛揭幕的中文大學創校校長李卓敏博士像合照

下圖：於1994至95年度新生入學典禮後與學生合照



在諾貝爾獎之前，高錕教授獲得的獎譽已多如恆河沙數，包括美國國家工程學會的查爾斯·史塔克·德瑞普獎、在日本等同諾貝爾獎的日本國際賞、馬可尼國際研究基金獎，以及美國電機及電子工程師學會亞歷山大·格林姆·貝爾獎章。或許有人會說，教授已屆七十六高齡，不能親身演說諾貝爾講座了，瑞典方面到這時候才頒獎未免太遲。不過，在他上下求索世上最純淨的玻璃時，世人還不是懷抱存疑？說到澄明澈亮，我們這些常人，認識又有多少？



高錕樓  
CHARLES KUSH KAO BUILDING





# 舉校

## 千里傳喜訊

2009年10月6日傍晚，香港中文大學前校長(1987-1996)高錕教授榮獲2009年度諾貝爾物理學獎的消息公布後，頃刻即傳至香港，不但港人振奮，中大上下亦與有榮焉。劉遵義校長於當晚發出公開信，向大學同仁傳達喜訊，並代表大學向高錕教授致以誠摯賀忱。

「這是香港中文大學、全香港、全國，以至所有華人的天大喜訊……現代人日常運用的高速網絡通信，正是高教授對科技的偉大貢獻！」

——劉遵義校長公開信



## 舉校同慶

				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

2009年10月

# 同慶



## 賀敬繞半球

大學於諾獎宣布翌日舉行「高錕教授榮獲諾貝爾獎慶祝會」，多位大學成員和嘉賓致詞，憶述與高教授共事的情誼軼趣，其中包括劉遵義校長、前校長金耀基教授，以及兩位博文講座教授——1957年諾貝爾物理學獎得主楊振寧和2000年圖靈獎得主姚期智。近百名中大師生舉杯遙遙祝福，齊聲恭賀高錕教授。





## 與眾同喜

本 年度的本科生入學資訊日於10月10日舉行，近二萬五千名中學教師、學生及其家長到校園參觀。到訪人士不但細閱場內介紹這位「光纖之父」成就的展板，不少更踴躍留言致意。大學網站同日推出高錕教授專頁([www.cuhk.edu.hk/cpr/charleskao/](http://www.cuhk.edu.hk/cpr/charleskao/))，內載關於他的珍貴資料，以及他在中大的重要事蹟，並設留言區供公眾向高教授致賀。



## 學校同慶

			1	2	3
4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27
28	29	30	31		

2009年10月





## 千人祝福

中大校友評議會於10月23日推出「千人祝福」高錕教授及夫人活動，逾千個信息瞬即如雪飄至該活動的網頁。本地及海外校友紛紛透過由這位傑出科學家造就的通信網絡，以最快捷的方法送上祝福。

*Congratulations.  
Professor Kao changed our life. Best  
wishes for Professor Kao's family.*

—from Mexico

*'The impact, excitement and success of scientific  
research will go way beyond what a Nobel Prize  
means! You are always well recognized and  
respected in our hearts.'*

—from California



## 直播諾貝爾 物理學獎講座

**高**錕教授的諾貝爾物理學獎講座以《古沙  
遞捷音》為題，於12月8日在瑞典斯德哥  
爾摩舉行，由其夫人高黃美芸代為主講。為與  
中大同仁及香港市民分享這份榮譽，大學特別  
安排於校內和網上直播講座，約三百名中大

師生及公眾人士親臨何善衡  
工程學大樓王統元堂觀看直  
播，劉遵義校長、楊綱副校  
長和博文講座教授楊振寧也  
有出席，一起重溫光纖誕生  
的經過——使用的當然是從  
光纖通信衍生的最新科技。

### 學校同慶

		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

2009年12月





高銀教授(左)在斯德哥爾摩音樂廳從瑞典國王卡爾十六世(右)手上接過諾貝爾物理學獎獎章和獎狀(相片:視覺中國)

## 直播諾貝爾 頒獎典禮

大學於12月10日再次安排於網上直播諾貝爾頒獎典禮實況，讓廣大市民見證高銀教授在斯德哥爾摩音樂廳內領獎的榮耀和喜悅一刻。



高銀伉儷出席諾貝爾獎晚宴(相片:視覺中國)



# 「向光纖之父——高錕教授致敬」展覽



民政事務局局长曾德成先生(左)與劉遵義校長操作互動展品

中文大學與香港特區政府康樂及文化事務署於2009年12月8日至2010年3月10日假香港科學館大堂合辦「向光纖之父——高錕教授致敬」展覽，免費供市民參觀。展覽除介紹高錕教授過去四十年的學術研究生涯及重要成就外，亦有闡釋光纖科技的展板和互動展品，並在12月12及20日舉行講座，分別由中大訊息工程學系張國偉教授及電子工程學系許正德教授主講「高錕教授——時代先鋒、科學家、創新者與創業者」和「光纖通信——魅力與挑戰」。截至2009年底，已有逾萬人參觀展覽。



高錕教授親手製作的陶碗

高錕教授的肖像曾被日本採用於設計紀念電話卡上

## 學校同慶

		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

2009年12月

## 校友日 特別活動

校友事務處於12月13日舉辦的校友日，特別增設一連串祝賀高錕教授的節目，包括由工程學院舉辦的光纖通信示範，以展板介紹高教授的偉大貢獻，以及供參觀者與李志傑校友繪製的「Q版光纖之父」合照的照相區。張國偉教授亦於同日主講「改變世界的工程——向高錕教授致敬」。



光纖通信示範









# 音 捷 遞 沙 古



諾貝爾獎獲獎演說  
瑞典皇家科學院  
諾貝爾物理學獎評選委員會

演講者  
高黃美芸  
代  
高錕教授  
二零零九年諾貝爾物理學獎得主

二零零九年十二月八日  
斯德哥爾摩大學Aula Magna禮堂

## 1. 序

非常遺憾，我丈夫高錕教授不能親自來主持這個演講。作為他的至親，我與你們站在一起向他致敬，並代替他主持這次演講。他為自己獲諾貝爾基金會肯定他的成就，並頒予他這個獎項而感到非常自豪，我們也身同感受，與有榮焉。

1966年，高錕發表了具有開創性的論文，為我們帶來了今天無處不在的光纖通信。四十三年以來，電話通信世界因此發生了巨大變化。這一偉大變革正源於高錕的執著，因為他在眾人質疑聲中仍堅持自己的信念。

20世紀70年代，玻璃光纖的預產研究出現在美國維吉尼亞州羅阿諾克市的ITT公司（國際電話電報公司）。在那段期間，高錕收到兩封信，一封言辭嚴厲，譴責他打開了魔瓶，釋放了瓶中惡魔；另一封來自中國一個農民，向他討教有什麼辦法可以告訴遠處的妻子給他送飯。這兩封信分別預示了一種未來的人類生活圖景，而今天這兩種圖景都已成爲歷史。

60年代，我們的孩子還很小。高錕常常很晚回家，以致子女經常都要在餐桌前等著吃晚飯。我對他每天晚歸感到很生氣，我依稀記得他是這麼對我說的：

「別生氣，我們現在做的是非常振奮人心的事情，有一天它會震驚全世界的。」

我略帶諷刺地說：「是嗎？那你會因此而得諾貝爾獎的，是嗎？」

他是對的，他的成果給通信界帶來了一場驚天動地的革命。

## 2. 早期研究

1960年，在伍爾維奇的標準電話與電報工作了一段時間後，高錕加入了附屬英國ITT的標準電信實驗室（STL）。他在標準實驗室的工作，主要集中在微米波傳輸系統，目的是要改良當時通信基礎設施的傳輸容量。

35到70千兆赫的微米波可能有更高的傳輸容量，但是具體情況不明，困難巨大，因為在這樣的頻率範圍，光束會發散或被大氣吸收，無線電波無法傳輸長距離，光波需要藉波導引導。上世紀50年代，低損耗環形波導（HE-11模）的研究工作剛剛起步，60年代開發了一個試驗系統，投入巨額資金，積極計劃把這個系統推至預研階段，大大提高了公眾對諸如視頻電話等新電信服務的期望。



高錕加入了卡博維克博士 (Dr. Karbowiak) 領導的長距離波導研究組。他看到真實的環形波導，興奮無比。那時，他的任務是為微波和光信號尋找新的傳輸方法。他同時運用幾何光學和波動說以求更深入理解波導問題，在當時，這是一個全新的想法。其後，他上司建議他在標準實驗室工作期間同時攻讀博士學位。高錕於是在倫敦大學學院報讀博士課程，並在兩年內完成了他的論文《准光學波導》。

1959年激光的發明給了電信業極大鼓舞，認為光通信很快就能實現。相干光可以成為新的信息載體，相比於點對點的微波系統，它可以提供十萬倍的信息容量。這個結論是由簡單比較它們的頻率得來：光的頻率是300太赫 ( $3 \times 10^{14}$ 赫)，微波的頻率只有3千兆赫 ( $3 \times 10^9$ 赫)。

光通信大有與環形波導系統爭一日長短之勢，但環形波導系統在當時仍然穩佔上風。1960年，激光技術才剛起步，全球只有數間研究所進行過一些實驗，未有足夠數據證實光通信的可行性。光通信尚未成氣候。

但高錕仍然認為激光通信具有巨大潛力。他對自己說：「我們怎麼可以斷定激光沒有作為？如果光通信僅僅停留在理論階段，那實在是太可惜了。」

他提出兩個問題：

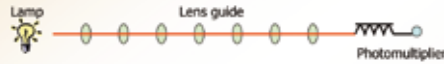
1. 紅寶石激光是否光通信的合適光源？
2. 在這樣的波長範圍，有什麼物質具有足夠的透明度？

那個時候，只有兩個研究組開始從事光通信傳輸方面的研究，其他的研究組則從事固態和半導體激光器的研究。激光在光頻範圍會發出相干的輻射，但要利用相干光作為信息的載體，即使非絕無可能，也十分困難。要真正實現光通信，還有很多重要的問題需要解決。

### 3. 關鍵的發現

1963年，高錕已在進行開放空間的氦氖 (HeNe) 激光傳送實驗：半導體和激光技術快速發展，令有關光通信的研究得以廣泛開展。標準實驗室的研究人員把激光遠射，發現光點不停閃動。由於大氣的波動，光點在幾個光束直徑的範圍內跳動。

## Con-focal lens system



**Alignment of the lenses is critical!**  
**Thermal gradient can cause beam to shift by many cm**

O.E. DeLange, "Losses suffered by coherent light redirected and refocused many times in an enclosed medium," *Bell Sys. Tech. J.*, Vol. 44, p. 283, 1965.

D. Gloge, "Experiments with an underground lens waveguide," *Bell Sys. Tech. J.*, Vol. 46, 721, 1967.

研究人員也進行其他實驗，以求重複或改良世界各地研究所的結果。比如說，他們進行了和貝爾實驗室類似的共焦鏡實驗：將一系列凸透鏡以焦距相隔，排列起來。即使在夜深人靜，空氣死寂的時刻，就算每隔100米重新聚焦，光束仍不能固定在鏡片的有效孔徑內。

貝爾實驗室曾利用氣體透鏡進行實驗，但因無法絕對隔熱以穩定氣體透鏡的外形，不得不放棄實驗。這些實驗簡直是緣木求魚，無非是想找出長距離傳輸光線的方法。

在標準實驗室，研究重心逐漸轉向介電波導：用不導電的介電圓柱體，被空氣包圍，組成波導。卡博維克博士建議高錕和其他三名研究人員就他提出的薄膜波導進行研究。

但薄膜波導的研究失敗了：它對光的約束作用不足，光線在拐彎時會洩漏出來。

其後卡博維克博士移民澳洲，高錕遂出任研究計劃的領導，他隨後建議對光線在介電材料的衰減機制進行研究。

有幾位研究人員專門研究如何量度低衰減透明物質的衰減程度。George Hockham則與他一起研究介電波導的特性，因為他對波導理論感興趣，所以集中研究光纖波導的容限條件；尤其是光纖電纜的體積容限和接合點光功率衰減的程度。他們按部就班，研究玻璃纖維作為波導材料的物理和波導條件。

此外，高錕還推動他的激光研究小組同事，進行有關近紅外半導體激光器的研究，使這種激光器的發光特性配合單模光纖的直徑。單模光纖只容許單一光綫或光模傳遞。激光器必須耐用，並且可以在室溫操作而無需液氮冷卻。所以，有關激光器的研究也是挑戰重重，但在20世紀60年代初期，看似不着邊際的研究還是可以得到支持的，只要耗資不是太巨大。

此後兩年間，高錕領導的研究小組努力向目標進發。對材料的物理性和化學組成，在解



決新發現的電磁波問題上，他們都欠缺經驗，但仍取得可喜的進展。他們查閱文獻、訪問專家，以及向多家玻璃和聚合體材料公司搜集樣本。他們也研究有關的理論，並為進行一系列實驗制定了測量的技術。在他們設計開發出來的各種設備中，有一種是用來測量在材料內極輕微的亮度衰減，另一種則用於分階模擬實驗，以測量因機械缺陷而導致的亮度損耗。

高錕最終認定玻璃是可能的透明材料。玻璃是由亙古以來既廉價又用之不竭的沙粒造成的。

透明材料的光學損耗原因有三：(a) 固有損耗；(b) 外因損耗；(c) Rayleigh性散失。材料結構本身吸收紅外線，造成固有損耗，因而限制了透明區域的波長；外因損耗是由於材料不純淨；而Rayleigh性散失則是材料結構不統一，導致光子散失的結果。常見的玻璃產品如窗玻璃，因為透明度足夠一般應用，所以沒有人會深入研究至此。在與多位專家討論之後，高錕最終得出以下結論：

1. 必須將所有雜質，特別是鐵、銅、錳等過渡元素，降低至百萬分之一以至十億分之一水平，以減少雜質損耗；但沒有人知道是否可以降低至這樣的水平。
2. 高溫玻璃相對於聚合體之類的低溫玻璃冷卻較快，其分佈因而較均勻，有較低的散失性衰減。

與此同時，微波的模擬實驗也宣告完成。根據其波模、其端對端偏差容限以及其直徑偏差容限，介電波導的特徵得以完整界定。理論和模擬實驗都證實該方法是可行的。

他們就此寫了一篇題為《為光波傳遞設置的介電纖維表面波導管》的論文，投到《英國電子工程師學會學報》。經過尋常的評審和修改過程，論文於1966年7月刊出——那一天現在被視為光纖通信的誕生日。

#### 4. 論文

論文以圓形截面光纖中模式性質的簡短討論作為開卷。

論文緊接集中討論被認定是應用光纖於通信上的主要障礙：材料特性。那時候，即使是最透明的玻璃，損耗也高達200dB/km，這使得信號在玻璃中只能傳輸幾米——誰都知道厚玻璃是不甚透光的。

但是該論文指出，散失造成的固有損耗可以低至1dB/km，因而光信號在實際距離上的傳輸是可能的。限制傳輸的主因是雜質：在這些波長範圍主要是二價和三價的鐵離子。引用論文中的話：「只要把鐵雜質的濃度降至百萬分之一，可以預期製造出在波長0.6微米附近損耗為20dB/km的玻璃材料。」簡而言之，只要材料夠「純淨」，幾百米厚的玻璃板也可以看穿。這一重要先見開創了光通信的領域。

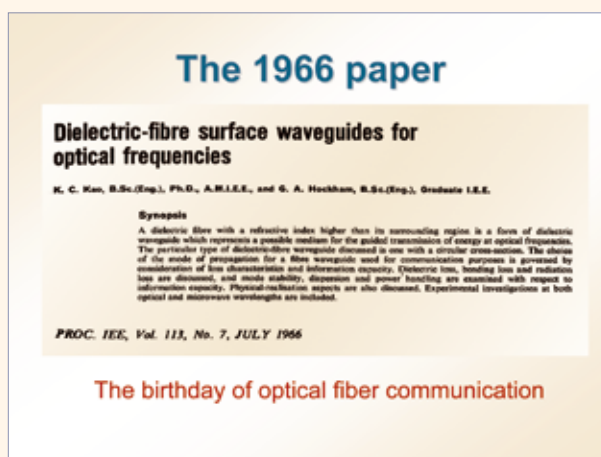
論文同時也考慮了很多其他問題：

- 選取適當模式，使絕大部分能量集中在光纖外部，損耗可以進一步降低。
- 光纖外圍應為折射率較低的包層（這後來成為標準技術）。
- 光纖彎曲帶來的能量損耗在彎曲半徑大於1毫米時可以忽略。
- 估計了橫截面不均勻帶來的損耗。
- 分析了單模光纖的特性。（單模光纖現在成為長距離、大容量數據傳輸的關鍵技術。）解釋了色散是如何限制帶寬的；並且舉出了一個10km傳輸的例子，這在1966年是一個非常大膽的例子。

引用該論文總結部分的表述：

「目前，要成功利用光纖波導，取決於是否能製造出合適的低損耗電介質材料，而其中材料問題是關鍵的，雖然看似很難，但並非完全沒有辦法解決。可以肯定的是，所需要達到的20dB/km的損耗目標，比基本機制所限定的最低損耗要高出很多。」

基本上所有這些預測都準確地指出了發展的路徑，現在的技術與當時的預測相比，損耗





只是百分之一，而帶寬卻是萬倍。現在看來，1966年這篇論文中的革命性建議還是過分保守了。

## 5. 使世界信服

高錕於1966年2月的一次IEE會議上闡述了這篇論文的主旨，但卻沒有引起世界太多的關注——除了英國郵政局（BPO）和英國國防部（UK Ministry of Defense）外，他們為此立即開展重點研究項目。到了1966年底，英國有三個研究團隊在進行相關主題的研究：標準實驗室的高錕本人、英國郵政局的Roberts，及Gambling與國防部實驗室（Ministry of Defense Laboratory）的Williams的合作隊伍。

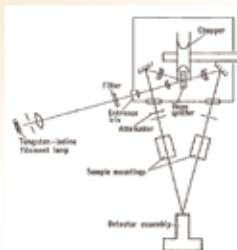
在接下來的幾年間，高錕到世界各地推廣他的構想，足跡所及之處包括：日本（自此建立了不少持久的友誼）、德國的研究實驗室，和荷蘭等地。他說如果沒有更多人加入，玻璃光纖的應用將不會有所發展。面對多方的質疑和批評，他有著非同尋常的堅定信念。全球的電信業非常龐大，非個人或甚至單一國家可以改變；但是，他是堅定的，他的熱情是如此富有感染力，漸漸地他改變了其他人，令他們相信他的構想。

起初，專家們宣稱，根本上不可逾越的問題中，材料是最嚴重的一個。Gambling提到British Telecom早先對這個提議的態度是「有些尖刻」的。而本可輕易盡佔先機的貝爾實驗室，起先也忽視了這項提議，直至他們看到這項提議的可行性。高錕尋訪了多家玻璃製造商，遊說他們製造所需的純淨玻璃。他從康寧（Corning）得到了回應，由Maurer帶領的康寧團隊，第一次生產出玻璃預製棒，並發明了使玻璃光纖合乎規格的技術。

與此同時，高錕繼續致力證明，玻璃光纖在長距離光學傳輸系統中作為介體的可行性。他們面對一系列難以克服的困難，首先是對低損耗樣品的測量技術，而能夠獲得的樣品的長度只有20釐米左右。確保樣品表面完美無缺也是非常的困難，還有打磨過程中引起的端面反射損耗。在測量過程中他們面臨的困境，是要求檢測兩個樣本之間少於0.1%的損耗差別，而整段20釐米長的樣本總衰減也只有0.1%，不夠精確的測量是毫無意義的。

1968和1969年間，高博士和他在標準實驗室的同事Davies、Jones和Wright，針對上述在玻璃樣本內的亮度衰減的測量問題發表了一系列論文。在當時，名為分光光度計的測量儀器的靈敏度非常有限——只有43dB/km左右。測量工作非常困難：即使污染極微，也會造成與衰減相若的損耗，而端面效應更易糟糕上十倍。高博士和他的團隊自製

## Measurement of fiber loss



Double Beam Spectrophotometer

M.W. Jones and K.C. Kao, "Spectrophotometric studies of ultra low loss optical glasses II" J. Sci. Instrum. (J. Phys. E), Vol. 2, pp. 331-5, 1969.

- Loss too low to measure
- Built a double beam spectrophotometer to improve sensitivity by 10X!
- The surface effect was characterized by a homemade ellipsometer.

了一個單光束分光光度計，其靈敏度達到21.7 dB/km。而後來的雙光束分光光度計，更是將靈敏度提高到4.3 dB/km。

反射效應是用自製的橢圓率計測量的。為了製造橢圓率計，他們使用等離子沉積法製造石英樣本，製造過程中的高溫蒸發了石英中的雜質

離子。利用靈敏的儀器，他們測量了一些玻璃樣品的衰減，赫然發現Schott Glass公司的一種紅外矽樣品，在0.85微米左右的頻率範圍的衰減只有5 dB/km！這最終證明了去除雜質可以將吸收損耗降低到可用的程度。

這是非常振奮人心的消息，因為低損耗區域正好落在鎵砷激光器的發射光譜帶中。

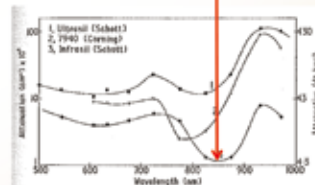
測量結果明確指出了光纖通信的路向——小體積的鎵砷半導體激光器作為光源，低成本的包層玻璃光纖作為傳輸介體，矽或鎘半導體作為檢測器。夢想不再遙遠，這些測量結果明顯引起了研究界的興趣，研發第一個低損耗玻璃光纖波導的競賽開始了。

1967年，Maurer在康寧的化學家同事Schultz淨化了玻璃。1968年，他的同事Keck和Zimar拉出了光纖。1970年，通過外部氣相沉積法（OVD），康寧使用摻鈦纖芯和矽包層，製造出在0.633微米處損耗為17 dB/km的光纖波導。兩年之後，他們以摻鎘纖芯代替摻鈦纖芯，製造出一條損耗低至4 dB/km的多模光纖。

在遲疑不決多年之後，貝爾實驗室最終於1969年加入行列，創立了光纖研究項目。1972

## Demonstration of silica glass as waveguide material

- An Infrasil sample from Schott Glass showed an attenuation as low as 5 dB/km at a window around 850 nm!
- 850 nm - GaAs laser emission region.



M.W. Jones and K.C. Kao, "Spectrophotometric studies of ultra low loss optical glasses II" J. Sci. Instrum. (J. Phys. E), Vol. 2, pp. 331-5, 1969.



年，他們終於停止了在空心光波導管上的研究，他們的毫米波研究項目亦在1975年終止。

正是在這段他經常遠行出差的時期，這個卡通笑話在家中流行：

「孩子們，今早你們在餐桌上見到的那個男人就是你們的父親！」

我們見他沒幾天，他又會離開一陣子。有時他會坐飛機去參加當天在紐約ITT總部舉行的會議。我會忘記他並沒有回辦公室，還會打電話請他的秘書提醒他回家路上順路買些牛奶等雜物，他的秘書會這樣回答：

「高太太，您不知道您丈夫今天在紐約嗎？」

## 6. 對世界的影響

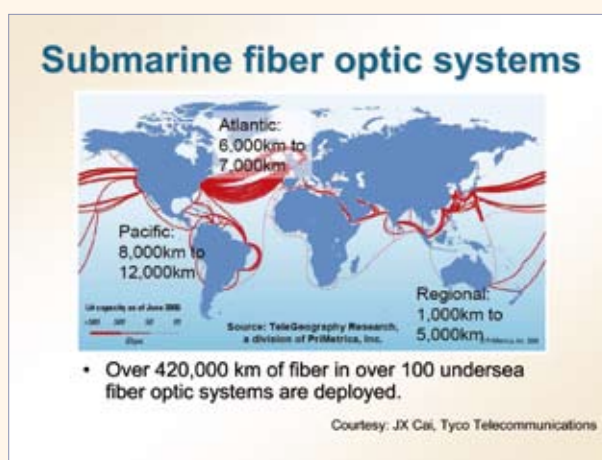
自1976年第一代45 Mb/s光纖通信系統建成以來，單根光纖的傳輸容量已經增長到原來的一百萬倍，達到幾十Tb/s。與此同時，光纖放大器和波分複用技術的發明，使數據得以在百萬公里計的光纖中傳輸。這就是光纖通信產業不斷發展的歷程。

光纖通信已經完全改變了世界。整個電信系統迎來了翻天覆地的變化，國際長途電話變得非常便宜。

全新的大型光纖光學產業，包括光纜製造和設備、光器件、網絡系統和設備如雨後春筍般出現。

億萬公里長的玻璃光纖光纜鋪設在地下和海底，構建了一個錯綜複雜的連接網絡，而這個網絡正是互聯網世界得以存在和發展的基礎。

現在的互聯網比以前的電話更加普及。我們可以上網瀏覽網頁、打電話、寫博客、觀看視屏、購物、交友。沒有光纖，上世紀90年代開始的信息技術革命便不可能發生。



從過去的幾年開始，光纖逐漸以各種方式進入家庭。更加環保的全光網絡正在籌劃發展當中，光纖通信的革命還沒有結束，更可能正剛剛開始。

## 7. 結束語

以光纖為本的全球通信網絡確實做到天涯若比鄰，令人與人之間關係更密切，我亦沒有必要引用技術數據來證明這一點。我們得知獲得諾貝爾獎的消息，是在加利福尼亞州的凌晨3時，來自斯德哥爾摩（他們的早晨）的電話，無疑是通過光纖傳輸的；幾分鐘後，來自亞洲朋友（他們的傍晚）的祝賀信息，也是通過光纖傳輸的。然而信息氾濫並不是一件好事：那晚我們不得不摘掉電話以求安睡。

到目前為止，光纖通信不僅僅是科技上的進步，還為社會帶來了顯著變革。下一代人將會以不同的方式學習和成長；人們打交道的方式也將有所不同。一件產品各個部分的生產，好有可能分散在世界多個地方，為人們尤其是發展中國家的人民提供了巨大的機遇。信息的廣泛傳播，明顯帶來更多平等和參與公共事務的機會。

已經有很多人談過和寫過信息社會，我不打算多談——我只想說這一切已經遠遠超過了1966年第一次正式提出光通信概念時的夢想，在那時，即使是1GHz，都只是一種美好的願望而矣。

最後，高錕教授和我想感謝香港中文大學的教授，他們是：楊教授、黃教授、張教授和陳教授，在準備這篇演講稿時他們給予了我們莫大幫助。高錕也感謝ITT公司，在那裏他用了三十年的時間發展出自己的事業，同時感謝早期和他一同投入光纖研發的同事。沒有一大羣志同道合的人，這個工業便不會蓬勃發展至今天這個面貌。

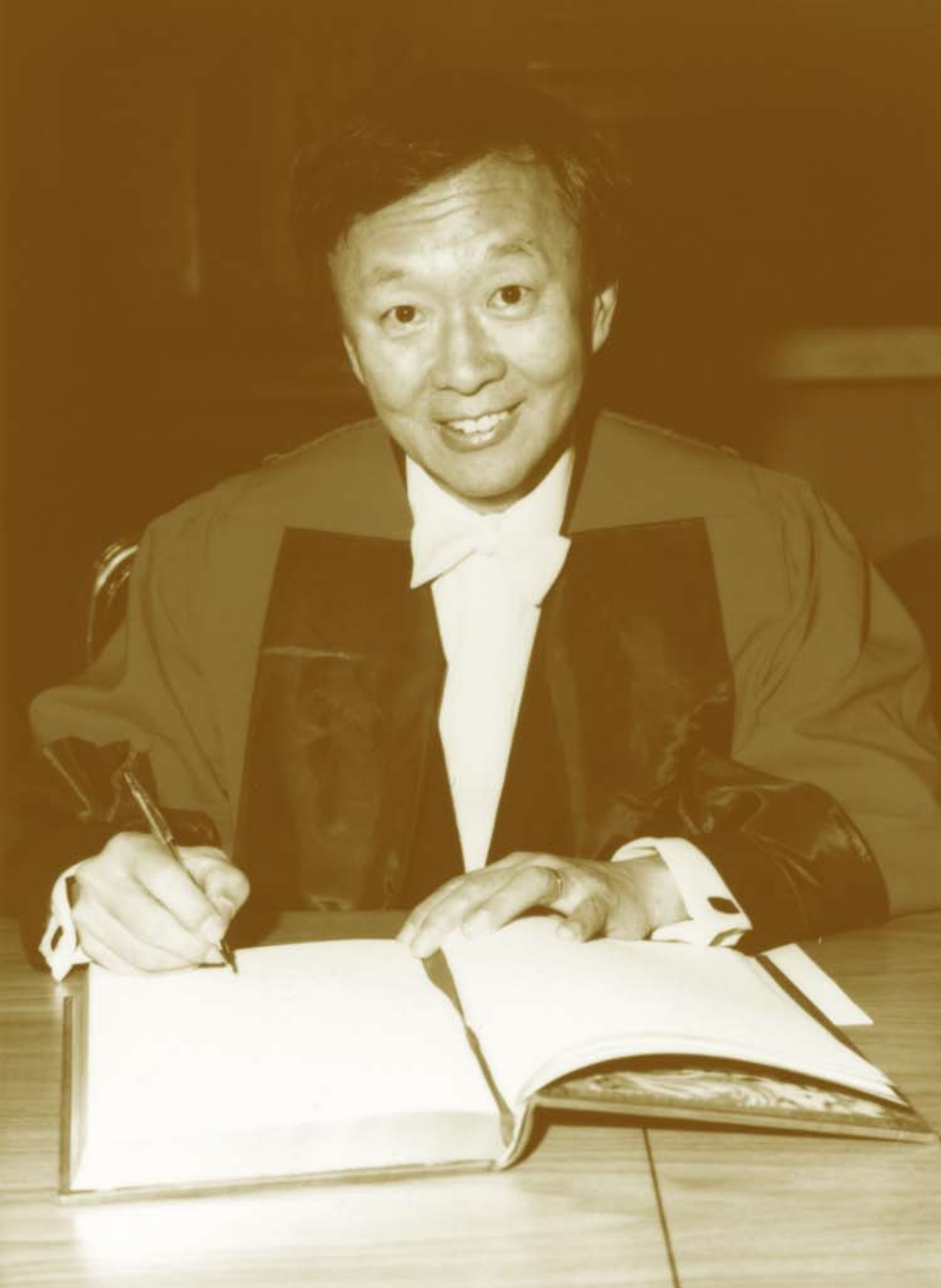
高錕埋下了這顆種子，Bob Maurer為它澆水，同時，John MacChesney使它生根茁壯。



© The Nobel Foundation 2009

高錕教授的諾貝爾獎獲獎演說原文為英文，由高黃美芸女士、陳亮光、張國偉、李美華、黃永成及楊綱凱協助編撰。講辭將於稍後面世的諾貝爾年報*Les Prix Nobel*正式出版。





# 高錕教授小傳

- 1933 11月4日在上海出生
- 1949 移居香港·入讀聖若瑟書院
- 1953 負笈倫敦大學和域治理工學院·入讀大學預科課程
- 1957
- 獲倫敦大學工程學士學位
  - 加入英國國際電話電報公司服務；三年後轉往該公司附屬的標準電訊實驗室工作
- 1965 獲倫敦大學學院哲學博士學位
- 1966 發表論文·建議用玻璃纖維作為光通信的導體·開啟光纖通信的新時代
- 1970 出任香港中文大學新成立的電子學系教授兼系主任·其後為該系首任講座教授
- 1985 獲授香港中文大學榮譽理學博士銜·獲頒美國電機及電子工程師學會亞力山大·格林姆·貝爾獎章及馬可尼國際研究基金獎
- 1987 出任香港中文大學校長
- 1992 獲英國泰晤士理工學院（現名格林威治大學）頒授百年紀念院士榮銜
- 1996
- 7月榮休·自此擔任中大工程學榮譽講座教授
  - 同年·中國科學院紫金山天文台以「高錕星」命名小行星
  - 獲日本國際科學技術財團頒發日本國際獎
- 1999 獲頒美國國家工程學會查爾斯·史塔克·德瑞普獎
- 2005 出版《潮平岸闊——高錕自述》
- 2009 獲瑞典皇家科學院頒授諾貝爾物理學獎







\*1950



\*1952



\*1970年代



1987



2007



1996



2009



# 桂冠學人返故園

**喜** 蒙高錕教授伉儷俯允，於2010年2月回港與大學同仁共敘舊誼，並主持下列活動：

「**桂冠學人返故園——中大前校長兼諾貝爾獎得主高錕教授成就展**」——開幕典禮於2月5日假何善衡工程學大樓六樓閱覽室舉行，展覽則於翌日移師至大學圖書館展覽廳至3月20日。

**設立高錕獎學基金**——獎勵傑出的物理或工程本科生，助其發揮科研潛質及創意。

「**與高錕教授同行**」中大步行籌款日——開步禮將於3月14日上午在崇基學院嶺南運動場舉行，所籌款項將撥充獎學金。

校方並計劃鑄造高錕教授銅像，銅像揭幕禮及上述其他活動詳情見 [www.cuhk.edu.hk/cpr/charleskao/index.html](http://www.cuhk.edu.hk/cpr/charleskao/index.html)。







香港中文大學  
The Chinese University of Hong Kong



一書在手，感覺踏實。然而，為減少大量印刷對環境造成的損害，請與朋友分享本冊，或上網 ([www.cuhk.edu.hk/iso/bulletin](http://www.cuhk.edu.hk/iso/bulletin)) 閱覽。謝謝您愛護環境。