



fisica

FIBRE OTTICHE E SENSORI

di Mario Guzzi*

Il premio Nobel per la Fisica é stato assegnato 103 volte a 187 *Nobel Laureates* tra il 1901 e il 2009. John Bardeen é il solo *Nobel Laureate* ad aver vinto il premio Nobel in Fisica due volte, nel 1956 insieme a W.B. Shockley e W.H. Brattain per la scoperta dell'effetto transistor, e nel 1972 insieme a L.N. Cooper e J.R. Schrieffer per lo sviluppo della teoria della superconducibilità. Quindi in totale 186 scienziati hanno ricevuto il Nobel per la Fisica.

Quest'anno è stato assegnato per metà al fisico di origini cinesi Charles K. Kao per il suo fondamentale contributo allo sviluppo della tecnologia delle fibre ottiche, e per metà a Willard S. Boyle e George E. Smith per lo sviluppo del sensore CCD (*Charge-Coupled Device* o dispositivo ad accoppiamento di carica).

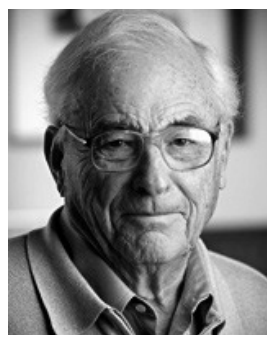
Una sintetica motivazione di questa scelta è contenuta nel titolo del documento della Classe di Fisica dell'Accademia Svedese delle Scienze che descrive le basi scientifiche delle scoperte: *Due tecnologie ottiche rivoluzionarie*. (http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/sciback_phy_09.pdf).

Alla fine degli anni Sessanta del secolo scorso, quando sono state sviluppate le idee che hanno portato all'assegnazione del premio Nobel, i tre premiati svolgevano la loro attività presso aziende private: Charles K. Kao presso la società inglese *Standard Telephones and Cables* (STC), Willard S. Boyle e George E. Smith presso i *Bell Laboratories* di Murray Hill negli Stati Uniti.

La scelta dell'Accademia Svedese delle Scienze si caratterizza quest'anno per un aspetto peculiare. I temi dei Nobel riguardano lo sviluppo di dispositivi e sistemi con un forte contenuto innovativo e una grande ricaduta nella vita di tutti i giorni. Basti pensare alle enormi possibilità offerte dalle fibre ottiche per i moderni sistemi di comunicazione, o alla capillare diffusione di fotocamere digitali leggere, affidabili e semplici da usare, basate sui sensori ottici CCD che danno la possibilità di acquisire, memorizzare e modificare immagini di elevata qualità.



Charles K. Kao, nato nel 1933 a Shanghai, Cina, lavora agli *Standard Telecommunication Laboratories* di Harlow, United Kingdom e alla università cinese di Hong Kong, China



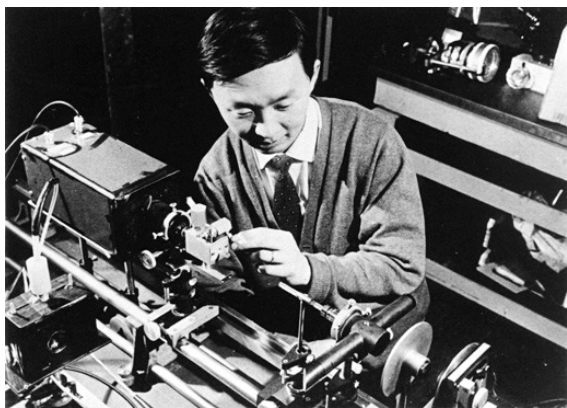
Willard S. Boyle, nato nel 1924 ad Amherst, NS, Canada, lavora ai *Bell Laboratories* di Murray Hill, NJ, USA



George E. Smith, statunitense, nato nel 1930, lavora ai *Bell Laboratories* di Murray Hill, NJ, USA

L'idea che sta alla base delle fibre ottiche è concettualmente semplice. Sfruttando il fenomeno della riflessione totale, permettono di «far viaggiare» luce per distanze molto elevate senza una perdita significativa di intensità luminosa. La luce si propaga nel nucleo interno (*core*) della fibra; il salto di indice di rifrazione tra il materiale del *core* e quello che costituisce la parte più esterna (mantello) della fibra intrappola per riflessione totale la radiazione luminosa nella fibra stessa; ciò è vero finché la radiazione si propaga formando un angolo non troppo elevato con la parete della fibra, in pratica finché la fibra non ha pieghe ad angoli troppo piccoli.

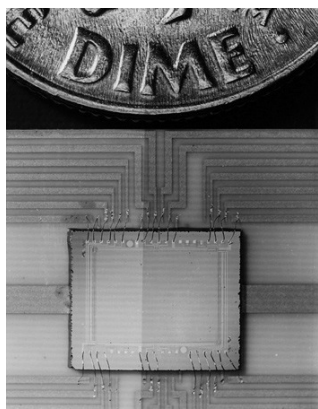
Il fondamentale contributo dato da Charles K. Kao allo sviluppo della tecnologia delle fibre ottiche è consistito nel capire che le limitazioni che questi sistemi manifestavano agli inizi degli anni Sessanta dipendevano essenzialmente dalla qualità del materiale utilizzato per la realizzazione delle fibre stesse. Le impurità presenti nel vetro, assorbendo la luce, limitavano infatti fortemente la lunghezza massima utile delle fibre stesse. Realizzato che questo è il fattore limitante le prestazioni delle fibre, la purificazione del materiale stesso ha permesso di trasportare la luce in fibra per distanze dell'ordine delle decine o delle centinaia di chilometri senza una perdita significativa di intensità luminosa e, quindi, di informazioni.



Charles Kao giovane scienziato ritratto nel 1960 mentre svolge uno dei primi esperimenti sulle fibre ottiche allo *Standard Telecommunications Laboratory* a Harlow, United Kingdom. Copyright © The Chinese University of Hong Kong

Il CCD (*Charge-Coupled Device* o dispositivo ad accoppiamento di carica) si deve a un'invenzione di Boyle e Smith, che hanno utilizzato la tecnologia MOS (Metallo-Ossido-Semiconduttore) che alla fine degli anni Sessanta del secolo scorso era nuova. La principale caratteristica dei CCD è di poter generare immagini di elevata qualità in forma elettronica ed è quindi la moderna alternativa alla pellicola fotografica.

La struttura della superficie del CCD è costituita da un numero elevato di piccole celle sensibili alla luce (*pixel*) arrangiate in una matrice con righe e colonne; ogni pixel in pratica corrisponde a un grano dell'emulsione della pellicola fotografica. Quando un fotone colpisce la superficie di un *pixel*, per effetto fotoelettrico è convertito in uno o più elettroni che vengono immagazzinati nel condensatore MOS. Il numero di elettroni raccolti in un *pixel* è direttamente proporzionale all'intensità luminosa che ha raggiunto il *pixel* stesso. Quindi, la distribuzione di carica nei diversi *pixel* è una traduzione dell'immagine luminosa; la lettura di questa carica con opportune procedure rese possibili dalla tecnologia MOS permette di ricostruire l'immagine, generando così la «fotografia». Questo dispositivo ha portato allo sviluppo di un gran numero di sistemi per la registrazione di immagini, quali fotocamere digitali, dispositivi



per applicazioni mediche e scientifiche, in particolare in astronomia e astrofisica. La risoluzione di un CCD è determinata dalle dimensioni dei *pixel*; dimensioni tipiche sono 10 μ , ma sono stati realizzati anche CCD con *pixel* da 1-2 μ . Oggi i CCD hanno un numero standard di 2048x2048 *pixel*, cioè oltre 4 milioni di *pixel*.

I due sistemi il cui sviluppo ha portato Kao, Boyle e Smith a vincere il premio Nobel, evidenziano il ruolo rilevante della Scienza dei Materiali nello sviluppo di nuove tecnologie ottiche ed elettroniche. Infatti, nel caso delle fibre ottiche il risultato determinante è stato ottenuto, come detto, dalla comprensione del ruolo delle proprietà del materiale sulle prestazioni del dispositivo. D'altra parte, la concezione del CCD si basa su un'approfondita conoscenza dei semiconduttori e delle loro proprietà e il suo sviluppo con elevate prestazioni di risoluzione e sensibilità è reso possibile da tecnologie avanzate che si sono realizzate anche grazie al contributo dello scienziato dei materiali. Questa area di ricerca, molto sviluppata in Italia, ha trovato recentemente un importante canale di formazione nei Corsi di Laurea in Scienza dei Materiali, aperti in numerose università italiane.



Willard Boyle (a sinistra) e George Smith (a destra), ai Bell Laboratories nel 1974