# Minerali e alta tecnologia

*a cura di Annarosa Baglioni e Gino Bianchi*

Da molti minerali presenti in particolari tipi di rocce della litosfera si ricavano numerosi elementi e composti, utilizzati sia per impieghi comuni sia per usi che la ricerca scientifica riconosce come indispensabili per la creazione di prodotti tecnologicamente avanzati.

Oggetti di larghissimo impiego, come computer e telefoni cellulari, pile e batterie, pannelli fotovoltaici e altri manufatti contengono sostanze ricavate da materie prime definite «critiche» non necessariamente per la loro scarsità in natura, ma a causa della loro notevole importanza applicativa, della loro insostituibilità e della loro problematica reperibilità. Attualmente alcuni di questi minerali sono presenti quasi esclusivamente nel sottosuolo di Paesi che ne controllano strategicamente la disponibilità sul mercato mondiale o di Paesi poveri sottoposti allo sfruttamento delle loro risorse.

Data la vastità del tema ci limiteremo a considerare pochi casi che per le loro implicazioni suscitano particolare interesse.

Per esempio, per rendere più efficienti le funzioni di cellulari e computer e per aumentarne la versatilità, si utilizzano condensatori ad alta capacità e di piccole dimensioni contenenti il tantalio, un elemento chimico piuttosto raro ricavato da un minerale che prende il nome di *tantalite*. La tantalite è un ossido contenente anche ferro e manganese, $(Fe,Mn)Ta_2O_6$, che si trova sempre associato alla *columbite* (figura 1), $(Fe,Mn)Nb_2O_6$, più abbondante in natura, in cui il niobio occupa il posto del tantalio. Si tratta di un caso di vicarianza per cui tantalite e columbite costituiscono una miscela isomorfa ed è praticamente impossibile rinvenire i due minerali allo stato puro.

Un minerale che oggi è di notevole interesse economico per le innumerevoli applicazioni anche nel campo delle nuove tecnologie è la *grafite*. L'importanza di questo minerale è tale che la sua disponibilità sul mercato potrebbe essere a rischio nei prossimi decenni. La grafite è sempre stata un importante materiale refrattario. È usata come moderatore di neutroni nelle centrali nucleari ed è un eccellente lubrificante. La grafite può essere ridotta in una struttura a fogli estremamente sottili divenendo *grafene* (figura 2), un prodotto veramente rivoluzionario nel campo delle alte tecnologie. Il grafene rende possibile la costruzione di transistor molto piccoli, che insieme a opportuni componenti metallici sono indispensabili per la messa a punto di dispositivi elettronici detti mixer. I mixer, essendo in grado di combinare segnali elet-

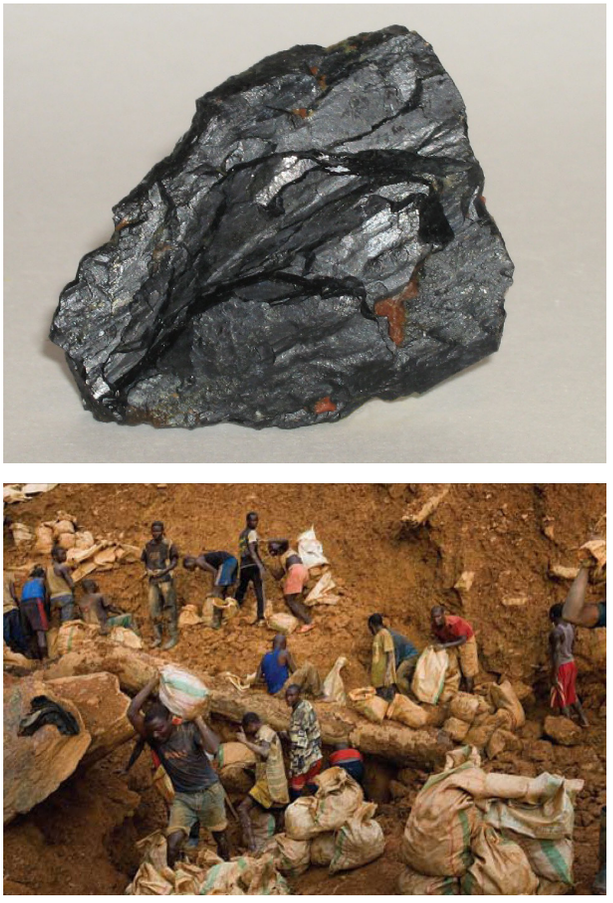

FIGURA 1 (A) nella columbite sono presenti sia il niobio sia il tantalio, ma a causa della netta prevalenza del niobio il nome mineralogico è quello di columbite. (B) il minerale, molto fragile, si frantuma facilmente generando una specie di sabbia scura scintillante conosciuta come *coltan* (dai termini columbite e tantalite). Il coltan è utilizzato in molti dispositivi elettronici come computer e telefoni cellulari e la crescente domanda sul mercato gli ha valso l'appellativo di «oro blu». Oltre il 60% delle riserve mondiali di coltan si trova nella Repubblica Democratica del Congo, dove viene estratto dalle miniere in condizioni disumane e per il cui controllo si combattono vere e proprie guerre.

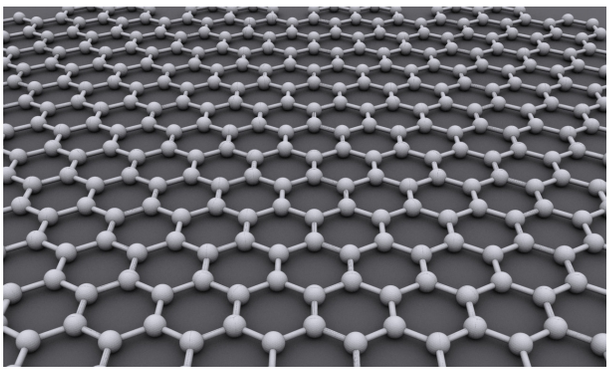

FIGURA 2 Modello molecolare del grafene.

trici di diverse frequenze, possono avere ampie applicazioni nel campo delle telecomunicazioni, come le reti wireless di ultima generazione, che migliorano nettamente la ricezione dei segnali.

I pannelli fotovoltaici di nuova generazione, in grado di sostituire per efficienza i più costosi pannelli al silicio cristallino, sono chiamati «a film sottile» perché la loro resa energetica dipende da un sottilissimo rivestimento fatto di una particolare combinazione di elementi chimici, alcuni dei quali rari come il *tellurio*, l'*indio* e il *gallio*. I pannelli al tellururo di cadmio (CdTe) richiedono l'impiego di tellurio, che può trovarsi allo stato puro oppure sotto forma di tellururo di oro (*calavanite*) o di altri elementi, ma che si estrae abitualmente nel corso di processi che coinvolgono altri minerali. La scarsa reperibilità di questo elemento impone di ridurre al minimo lo spessore del film sui pannelli e di elaborare sistemi sempre più adeguati di riciclaggio per il recupero delle sostanze più preziose.

I pannelli prodotti in base alla tecnologia CIGS (acronimo composto dalle lettere iniziali dei simboli chimici di Rame, Indio, Gallio e Selenio) (figura 3) sono rivestiti da un film di diseleniuro di rame e indio ($CuInSe_2$), cui vanno aggiunte piccole quantità di gallio. Questi composti rendono le prestazioni delle CIGS molto più alte di ogni altro film sottile, perché hanno la capacità di assorbire l'intero spettro solare. Gallio e indio non esistono in natura allo stato libero, né esistono minerali che ne contengano quantità significative. La *sfalerite* (o *blenda*) è uno dei minerali da cui possono essere ricavati.

I metalli che appartengono alla serie dei lantanoidi, quindici elementi chimici con numero atomico compreso fra 57 e 71, sono per le loro proprietà sostanze importantissime per alcune applicazioni nel campo delle ceramiche, dei vetri speciali, della fusione nucleare, della produzione di circuiti elettronici, dei radar, della costruzione di laser, dei magneti permanenti, delle turbine eoliche, delle automobili elettriche e delle lampade a bassa luminescenza; a livello mondiale la loro richiesta supera l'offerta.

Più lantanoidi possono fare parte del medesimo minerale ma, poiché presentano fondamentalmente lo stesso comportamento e le stesse proprietà, risulta molto difficoltoso l'isolamento dei singoli elementi con metodi chimico-fisici. Per questo motivo, pur essendo presenti in un centinaio di minerali diversi, fra i quali *xenotimo*, *gadolinite*, *bastnasite*, *cerite*, *monazite* (figura 4) e *loparite*, i lantanoidi sono da considerarsi sostanze rare.

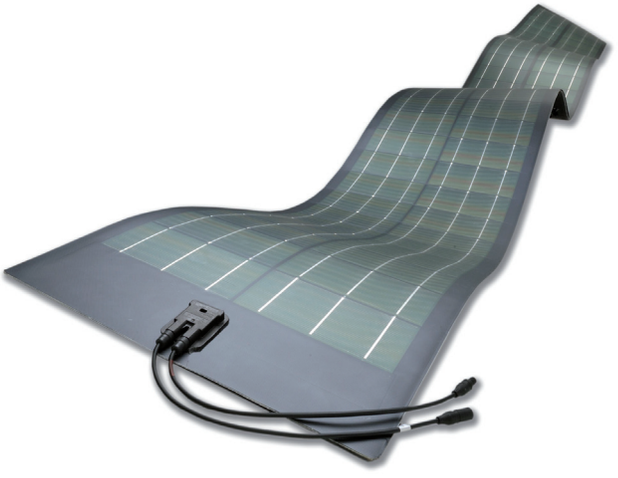

FIGURA 3 Pannello a film sottile con tecnologia CIGS.

FIGURA 4 Monazite