



## 1 La purificazione del Silicio per le Celle Solari

Ogni anno vengono prodotte centinaia di tonnellate di silicio per essere impiegate nella costruzione di celle solari. In passato il silicio di purezza metallurgica, MGS (*Metallurgical Grade Silicon*), era ottenuto dalla riduzione del quarzo ( $\text{SiO}_2$ , il maggior componente della sabbia) con il carbonio sotto forma di coke e carbone.

Il MGS ottenuto con questo processo, possiede una purezza compresa tra il 98.5 ed il 99.5 % neanche lontanamente vicina alla purezza necessaria per l'industria elettronica. Le tipiche impurità sono dovute a metalli come il ferro e l'alluminio.



Sabbia e Silicio

(a) Scrivere l'equazione della reazione tra quarzo e carbonio per produrre il silicio.

Il silicio con elevata purezza può essere ottenuto dal silano ( $\text{SiH}_4$ ) ed i suoi derivati. In tale schema il silicio viene prima fatto reagire con HCl a  $300^\circ\text{C}$  per produrre triclorosilano ed idrogeno. Il triclorosilano è poi ridotto in un'atmosfera di idrogeno per formare silicio.

(b) i) Qual è l'angolo di legame nel silano?

ii) Scrivere la reazione di riduzione del triclorosilano con l'idrogeno.

Questo metodo richiede costi energetici elevati, un metodo più rispettoso dell'ambiente è stato recentemente sviluppato e riduce ad un decimo l'energia necessaria. In questo metodo l'etanolo reagisce con il silicio per formare il trietossisilano e idrogeno. Sotto riscaldamento, il trietossisilano forma il gas silano e tetraetossisilano in una reazione di disproporzione. Il silano gassoso può essere decomposto ad alta temperatura per dare il silicio puro.

(c) i) Scrivere la reazione di disproporzione del trietossisilano.

ii) L'aria deve essere esclusa da questo processo per impedire l'ignizione spontanea del gas silano. Suggestire un'equazione per questa reazione.

Un semplice metodo impiegato per purificare il silicio era la *raffinazione di zona*. In questa tecnica, una barra di silicio impuro è fusa ad una estremità e la zona di fusione è gradualmente spostata lungo la barra, consentendo al silicio di risolidificare nella zona precedente. Siccome le impurità sono più solubili nel silicio liquido che in quello solido, man mano che il silicio risolidifica le impurità si concentrano nella zona fusa che precede la zona risolidificata.

Durante la raffinatura di zona, la concentrazione  $C_x$  di una data impurezza nella posizione  $x$  nella barra risolidificata è data da:

$$C_x = k C_0 (1-x)^{k-1}$$

Dove  $C_0$  è la concentrazione iniziale dell'impurezza (generalmente espressa come numero di atomo di impurità per milione di atomi);  $x$  è la distanza lungo la barra dal punto di partenza, espressa come una frazione compresa tra 0 e 1;  $k$  è una costante conosciuta come coefficiente di distribuzione il cui valore dipende dalla particolare impurità. Per l'alluminio,  $k = 2.00 \times 10^{-3}$ ; per il ferro,  $k = 8,00 \times 10^{-6}$ .

(d) i) Se la concentrazione iniziale dell'impurezza di alluminio è di 3300 ppm atomi, calcolare la massima concentrazione di alluminio residua (in ppm) dopo una fusione, assumendo che venga scartato il 5% dell'ultimo tratto della barra.

ii) Assumendo che la sola impurezza presente sia rappresentata dal ferro a 1300 ppm di atomi, calcolare la minima percentuale del silicio che deve essere scartata per raggiungere il livello di impurezza richiesto nelle celle solari,  $<10$  ppm.