

# ELECTRICIDADE SOLAR: PRINCIPAIS TECNOLOGIAS<sup>†</sup>

Miguel Centeno Brito

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa,

*O silício cristalino continua hoje a ser o material mais utilizado para o fabrico de células para painéis de electricidade solar. Neste segundo artigo da série sobre esta forma de energia limpa e renovável faz-se um levantamento das diferentes tecnologias, focando em particular as tendências para o futuro.*

A industria de fabrico de células para painéis de electricidade solar é uma industria em franca expansão, com um crescimento médio anual de 25% desde o início dos anos oitenta (quando surgiram as primeiras aplicações comerciais terrestres). Considerando dados mais recentes, a taxa de crescimento em 2000 atingiu os 44%.

Como se pode ver no gráfico, ao longo de todo este tempo a tecnologia dominante tem sido, incontestavelmente, a do silício cristalino, na sua forma de monocristal, multicristal ou em fita (ver caixa). Juntas, estas tecnologias foram responsáveis por cerca de 90% da produção mundial de células em 2000. Esta tendência dever-se-á manter para o futuro próximo.

As razões de ser deste domínio do silício cristalino estão associadas às características únicas deste material, nomeadamente a sua abundância no planeta (cerca de 30%, no conjunto dos elementos que constituem a crosta terrestre), a sua não-toxicidade, o facto de ser a matéria-prima da industria electrónica (e portanto ter sido alvo de uma investigação extraordinariamente detalhada nas últimas décadas) e uma série de vantagens técnicas (e.g. bom hiato, baixo coeficiente de segregação de metais, facilmente dopavel, óxido passivante, etc).

A maior desvantagem das tecnologias baseadas no silício cristalino é o facto de exigirem espessuras de células relativamente elevadas (tipicamente 0.300 mm em vez de 0.0001 mm para as células com filmes finos) com o consequente aumento de custo das matérias primas por unidade de área de painel. As tecnologias dos filmes finos (e

---

<sup>†</sup> Artigo publicado no jornal ABC Ambiente, em Junho de 2001

em particular as baseados em Cadmium ou Indium) têm porém outros problemas como baixo rendimento, degradação do rendimento ao longo do tempo, toxicidade (Cadmium) e difícil acesso à matéria prima (Indium) que dificultam a sua aceitação no mercado em larga escala.

### **Silício multicristalino**

O produção de silício monocristalino envolve um processo mais caro do que o silício multicristalino (pois exige mais energia e mais tempo) mas permite o fabrico de células solares mais eficientes de modo que o preço por unidade de energia produzida tem sido, mais ou menos, equivalente para as duas tecnologias.

Essa situação tem vindo a alterar-se devido aos recentes desenvolvimentos tecnológicos de células de silício multicristalino. Por exemplo, resultados publicados recentemente por um grupo de investigação da Universidade de South Wales, na Austrália, indicavam rendimentos da ordem dos 20 %<sup>1</sup>.

Apesar de tudo, o mercado para as células de rendimento elevado de silício monocristalino continuará sempre a existir em aplicações onde o espaço é limitado ou a quantidade de radiação solar reduzida, como são os casos dos países do norte da Europa (em particular Alemanha, Dinamarca e Reino Unido, países com um política de incentivos à electricidade solar muito forte).

Em laboratório, já foram produzidas células solares de silício monocristalino com rendimento de 24.7 %. Rendimentos típicas em produção industrial aproxima-se dos 20 %.

### **Fitas de silício**

Cerca de metade do custo do fabrico das células solares está associado ao custo do próprio silício. Atendendo a que o corte do lingote em fatias muito finas é um processo que produz grande desperdício (mais de 50% do material perde-se no corte) tem sido feito um grande esforço de investigação e desenvolvimento de processos alternativos de produção de silício directamente em fita fina, evitando-se assim o desperdício (e os custos) associados ao corte dos lingotes.

---

<sup>1</sup> J. Zhoa et al, Applied Physics Letters, 76 (1998), pp 1991

Neste momento são quatro os fabricantes que recorrem a técnicas de fitas finas (Silicon Ribbons) para produzir células solares. Juntos, correspondem a pouco mais de 6% da produção mundial de células.

### **Conclusão**

Para concluir, podemos dizer que no futuro próximo espera-se que o mercado da electricidade solar continue a ser dominado pela tecnologia do silício, com um aumento relativo da proporção de silício multicristalino e das fitas finas. De facto, a maior parte da capacidade de produção anunciada pelos principais fabricantes mundiais (BP Solar, Sharp, Shell, Kyocera e Mitshubish) para o ano de 2001 é precisamente na área do silício multicristalino.

Um dos problemas que é urgente resolver é a necessidade de desenvolver processos de produção de silício especificamente para a industria solar, em vez da situação actual em que os painéis são fabricados com o que “sobra” da industria electrónica. O Silício Semicondutor produzido para as aplicações de electrónica tem um grau de pureza (e portanto um custo) exagerado para as necessidades solares pelo que um processo alternativo que garantisse material de qualidade, e independente dos ciclos de produção da electrónica, seria muito benéfico para um amadurecimento sustentável da industria solar. Os inconvenientes da dependência da industria electrónica reflectiram-se, por exemplo, na expansão da industria das memórias no sudeste asiático nos meados da década de noventa que levou a um racionamento do Silício Semicondutor dificultando, e muito, a produção de painéis solares. As grandes companhias mundiais (Bayer Solar – recentemente comprada pela Deutshe Solar – e a ScanWafer) estão a tentar reunir esforços e capitais para, juntos, construir um fábrica dedicada à produção de Silício Solar até 2003.

### **Como se fazem células solares**

O silício que se utiliza para fabricar células solares provém do dióxido de silício que é o principal composto da areia. O material é derretido em grandes fornos e, depois de purificado com fluxo de oxigénio, solidifica em grandes lingotes. O grau de pureza é da ordem de 98 ou 99%. Cerca de um milhão de toneladas deste material (chamado Silício Metalúrgico) são produzidas anualmente, sobretudo para as indústrias dos ferros e dos alumínio.

Um pequena parte deste material (alguns milhares de toneladas) passa por um segundo processo de purificação, por destilação, de modo a produzir silício ultrapuro para a indústria electrónica (chamado Silício Semicondutor). O grau de pureza é da ordem de 99.9999%.

A indústria electrónica, assim como a indústria das células solares, precisa não só de silício muito puro mas também que este se encontre em forma cristalina, com muito poucos defeitos. Segue-se portanto um processo de cristalização. Existem diversas tecnologias, distintas e concorrentes, que produzem monocristais (um lingote com um só cristal), multicristais (um lingote com vários cristais, numa “amalgama” de cristais com orientações diferentes) ou fitas de silício multicristalino (finas folhas de silício já com a espessura necessária).

Em seguida, procede-se ao corte dos lingotes em pequenas fatias, ou bolachas (wafers) com algumas décimas de milímetro de espessura, onde se vai produzir a célula solar.

O processo de fabrico das células em si consiste essencialmente em dois passos. Primeiro faz-se a deposição dos dopantes para criar a junção pn (o campo eléctrico intrínseco à célula, que vai recolher as cargas produzidas pela radiação no silício) e depois procede-se à deposição dos contactos eléctricos na superfície da célula, para enviar essas cargas para o sistema que se pretende alimentar (ou eventualmente um acumulador).

As células são depois montadas em série num módulo e encapsuladas, para protecção mecânica e isolamento eléctrico.

## Figuras

