

**INFORME SOBRE LES ACTIVITATS DEL LAAS  
EN EL CAMP DE L'ENERGIA SOLAR**

per

**J. BUXÓ, D. ESTEVE**

**LAAS\*-CNRS, Tolosa de Llenguadoc, França**

## RESUM

L'aplicació terrestre de la conversió fotovoltaica presenta, en primer lloc, el problema del cost de realització de les fotopiles. Cal considerar la possibilitat de reduir el cost de les fotopiles de silici en una relació de 2 a 3, la qual cosa obre camps d'aplicació, limitats tanmateix a instal·lacions de petita importància.

Dues altres vies s'obren, possiblement:

— L'una concerneix la realització de fotopiles en capes primes de gran superfície i de poc cost d'elaboració. En aquesta direcció, la definició de la barrera de potencial difícilment pot ésser considerada per mitjà de la creació d'homounions. Cal, doncs, desenvolupar el perfeccionament de les heterounions: semiconductor-semiconductor, metall-semiconductor; hom posarà una atenció especial en la utilització de díodes Schottky i d'estructures M.I.S.

— L'altra concerneix la realització de centrals utilitzant la concentració òptica. La superfície fotosensible hi resta reduïda, i en aquest cas hom pot considerar fotopiles de cost bàsic elevat i de rendiments més alts. Seran presentats els primers resultats d'un projecte d'1 kw.

## SUMMARY

The terrestrial application of the photovoltaic systems has its main problem in the high cost of the photocells. A first approach let us to the actual possibility to reduce the cost of silicon cells at a ratio of 2-3, in with case new applications of small size systems can be economically feasible.

Two ways have to be considered:

One is the manufacturing of cells by big surface and low cost thin film techniques. Therefore the creation of the potential barrier has to be obtain without homojunctions. That means the obtention of heterojunctions has to be performed like: semiconductor-semiconductor-metal-semiconductor and specially o related to structures like Schottfly diodes and M-I-S.

The other one is concerning the utilization of photovoltaic systems using optical concentration. The active surface remains small and it has to be considered the possibilities of employing both small and high cost cells with higher efficiencies. The first results of a 1 Kw system.

## INTRODUCCIÓ

El problema de la utilització de l'energia solar a través de la conversió fotovoltaica presenta dos problemes principals:

1. Ocupació del terreny.
2. Cost de les instal·lacions.

1. El problema de l'ocupació del terreny no sembla massa greu. Dues dades il·lustren aquesta afirmació: l'ocupació de terreny corresponent a la producció agrícola per a mantenir una persona durant un any representa 2.000 m<sup>2</sup>. L'ocupació de terreny necessària per a la producció fotovoltaica que correspon al consum energètic d'una persona durante un any és estimada en 20 m<sup>2</sup>.

2. Cost de les instal·lacions.

Abans de presentar xifres cal precisar, naturalment, que el motiu de les inestabilitats actuals del cost de l'energia resta encara mal definit. Tot i això, sembla que el cost de les instal·lacions fotovoltaiques que utilitzen silici monocristallí és encara de 50 a 100 vegades massa alt. Evidentment, hom espera que els anys vinents el preu del silici monocristallí baixarà segons un factor que hom pot estimar de l'ordre de 2 a 4 vegades.

La utilització del Si monocristallí de menys bona qualitat anomenat «metallúrgic», i que no comporta processos d'elaboració especials i, per tant, cars, podria conduir a una reducció fins a una desena part.

## PROBLEMES QUE PLANTEJA LA «CONCENTRACIÓ»

El programa que hom desenvolupa actualment al LAAS no és pas condicionat per aquest plantejament.

Al LAAS hom treballa sobre la solució dita de concentració de l'energia solar. Aquesta consisteix a dissenyar dispositius de concentració, de preu reduït, que permetin als dispositius fotovoltaics de treballar amb una intensitat de  $n$  sols en comptes de treballar amb *un sol*, únicament.

Vegem ara com una concentració de  $n=100$  ens permetrà d'és-

ser competitiu respecte al cost de l'energia elèctrica produïda per les centrals tèrmiques convencionals.

Si tenim en compte el preu actual de les tarifes elèctriques que s'acosten a 1 FF/kWh, el preu de 10 hores de consum serà de 10 FF. Una utilització de 10 hores/dia ens porta, per tant, a uns 3.000 FF/any. Si considerem que el nostre sistema de concentració pot funcionar d'una manera fiable durant vint anys, haurem de comparar el seu cost amb 20 vegades 3.000 FF=60.000 FF.

#### COST DEL SISTEMA DE CONCENTRACIÓ I DE LA FOTOPILA

Pel que fa al *sistema*, tenim una eficiència de conversió estimada en  $\eta=10\%$  per a silici monocristallí i la potència lliurada pel sol d'1 kW/m<sup>2</sup>.

Per tant tindrem:

Rendiment  $\times$  Potència del sol = 100 W/m<sup>2</sup>, que serà la potència disponible lliurada per la conversió fotovoltaica del sistema.

La potència que hem pres com a referència és d'1 kW. Per tant, caldrà una superfície de 10 m<sup>2</sup> per a poder transformar la potència d'1 kW solar.

L'interès de la tècnica de concentració ve del fet que el preu de 10 m<sup>2</sup> d'heliòstat és de 10.000 FF aproximadament.

#### EL SISTEMA FOTOVOLTAIC

Cal ara discutir la superfície necessària que haurà de tenir la fopila, i el seu preu. Si partim d'una concentració de 100 vegades caldrà 0,1 m<sup>2</sup> de fopila. El preu de la fopila pot ésser xifrat entorn dels 10 FF/cm<sup>2</sup>. Per tant, caldrà despendre

$$10 \text{ FF/cm}^2 \times 1.000 \text{ cm}^2 = 10.000 \text{ FF de fopiles}$$

Si aquesta solució és fiable per a un període de 10 anys, tindrem que la concentració esdevindrà un mètode competitiu. D'altra banda, si la concentració fos 1.000 vegades en compte de 100 hom podria pensar a treballar amb materials més cars que el silici i hom podria arribar a gastar 10.000 FF per a una superfície de material equivalent a 100 cm<sup>2</sup>.

Els treballs del LAAS han estat orientats d'ençà de fa més de deu anys vers l'estudi de la física dels components d'estat sòlid. En

aquest context els treballs referents a la conversió fotovoltaica són menats a tres nivells.

En el primer nivell hom treballa en un estudi d'optimització de les cèl·lules solars de silici. Hom arriba ací a la conclusió que una concentració d'un factor 100 és el límit d'operabilitat d'aquest material. Aquesta afirmació resta aclarida si pensem en els inevitables problemes de resistència sèrie que cal plantejar motivats per la necessitat de fer contactes localitzats.

Si fem servir materials de mobilitat més gran, tals com l'arseniür de galli (AsGa) o bé tellurur de cadmi (TeCd), hom pot esperar de poder treballar amb concentracions superior. Tanmateix, ja hem vist que amb concentracions de 1.000 ens permet de treballar amb un material de preu més elevat (haviem dit fins a 100 FF/cm<sup>2</sup>). És per això que en el LAAS l'estudi de l'arseniür de galli és el que hi ha en segona posició.

#### ARSENIÜR DE GAL·LI

L'objectiu d'aquest estudi és compartit, en estreta col·laboració, amb els industrials francesos. L'arseniür de galli és un material de gap variable. En el nostre cas el gap variable serà obtingut mitjançant la incorporació gradual d'alumini a través d'un procés de creixement epitaxial. Hom arriba, amb aquest procés, a obtenir una estructura d'aquest tipus:



on hom tindrà a la superfície el gap més elevat i en el volum el gap tindrà el valor més feble. Això ens permet d'absorbir tota la gamma de l'espectre solar amb un màxim de rendiment i, per tant, d'assolir rendiments superiors al 10 %.

#### UN TERCER CAMP: EL TEL·LURUR DE CADMI (TeCd)

Aquest material presenta un gap d'1,4 eV, i mitjançant adjunció de mercuri hom aconsegueix un creixement gradual de HgCdTe i s'arriba a rebaixar el valor del gap a 0,2 eV, és a dir, d'aquesta manera hom pot arribar a construir materials de gap variable. En una primera etapa, que és l'actual, es tracta solament de construir piles a base de TeCd amb rendiments semblants als del silici. La segona etapa serà dedicada a construir una fotopila de gap variable.

Cal assenyalar, abans d'encetar aquest punt, que un altre avan-

tatge d'utilitzar TeCd és de poder disposar d'un material de gap directe que permet d'absorbir la totalitat de l'espectre amb un gruix de solament  $5 \mu$  de material, en comptes de les  $300 \mu$  necessàries per a l'absorció en el cas del silici.

Finalment, cal dir algunes paraules sobre l'estudi d'una central d'1 kW, en el qual el LAAS pren una part activa.

En aquest sentit, dos tipus de solucions han estat pensades. La primera és una solució per reflexió, que fa servir miralls parabòlics i els plans de la qual tinc ací amb mi per a qui s'hi interessi. La segona és una solució per transmissió que utilitza diòptries i de la qual també dispo d'informació detallada per a qui ho desitgi.