

Estudio y uso de contactos de níquel en celdas solares de silicio

J. Almeida, N. Safronova, A. Martel y G. Santana
Departamento de Investigaciones de Electrónica del Estado Sólido,
Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica, Universidad
de La Habana

RESUMEN

En este trabajo se ofrecen las experiencias y resultados acerca del comportamiento de contactos de níquel, depositados por vía química (electroless), para distintas máscaras aisladoras, tratamientos térmicos y condiciones de formación, en la confección de celdas solares de silicio monocristalino.

ABSTRACT

In this work is present the study and fabrication of electroless nickel contact for solar cells applications. The system Ni/n type Si, were study for different thermal treatments and using four dielectric masks for the obtention of the front grid. Contact resistance were measured by TLM method and the I-V characteristics on the solar cells for further analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Entre los factores que elevan el costo de las celdas solares de silicio monocristalino, están el tipo de metal utilizado en los contactos anterior, posterior y los métodos de obtención de los mismos. Es conocido [1-2] que los sistemas Ti/Pd/Ag y Ti/Ni/Cu dan excelentes resultados, pero su costo tanto por los metales como por el método, es elevado. Una alternativa a

esta situación es el uso de procesos serigráficos con pastas constituidas fundamentalmente por Ag y Al (60-80 % en peso). En este caso el proceso de formación es sencillo y barato, pero el material es relativamente costoso. Esta situación ha despertado interés teórico y práctico hacia el uso de contactos de níquel obtenidos por deposición química (electroless) [3-6].

La utilización de este método en celdas solares de silicio permite formar simultáneamente el contacto anterior y posterior para superficies pulidas y texturadas y es compatible con la tecnología de capa gruesa, que también tiende a disminuir el costo. El procedimiento y soluciones químicas usados en este método están reportados en la literatura [7] y han sido utilizados y enriquecidos por varios autores [4-5]. Sin embargo, en la ejecución práctica de estos contactos existen contradicciones que deben ser resueltas.

Entre ellas se encuentran:

- la mala deposición o pobre adherencia del níquel al silicio que están en dependencia de la preparación de la superficie.
- las diferentes velocidades de crecimiento del níquel en las caras n y p del dispositivo que obligan a compromisos de tiempo.
- por un lado la necesidad de realizar tratamientos térmicos (para disminuir la resistencia del contacto) y la rapidez de difusión del níquel en silicio (que puede cortocircuitar la juntura), por otro [2-3].

II. PREPARACIÓN Y ESTUDIO DEL CONTACTO DE NÍQUEL

Para ello se obtuvieron con una topología determinada contactos de níquel sobre un emisor tipo n. Para ello se formó una capa n+ mediante la difusión de fósforo a 970 °C en un sustrato tipo p de orientación <100> y resistividad 0,5 ohm cm. La difusión se realizó a través de una ventana rectangular abierta en SiO₂ crecido térmicamente. La resistividad laminar de la capa n+ varió entre 15 y 20 Ohm/cm. Posteriormente se depositó SiO₂ por pulverización catódica reactiva y por fotolitografía se abrieron las ventanas de contacto en la zona difundida. A continuación se realizó la deposición química del níquel, pudiéndose o no realizar un tratamiento térmico antes de engrosar los contactos por inmersión en Sb-Pb fundidos.

El efecto de los tratamientos térmicos se estudió sometiendo las muestras a una temperatura de 300 °C en atmósfera de nitrógeno para dos tiempos diferentes.

III. PREPARACIÓN DE LAS CELDAS

Los resultados y experiencias obtenidas en la preparación y estudio del contacto fueron aplicados a la confección de celdas solares de silicio monocristalino. Para ello partimos de obleas de silicio tipo p, orientación <100> con 0,5 y 7,5 ohm cm de resistividad.

Después de una limpieza química con ácidos y solventes orgánicos algunos sustratos se atacaron con una solución de KOH al 10 % que contiene isopropanol con el fin de obtener el texturado superficial deseado. La juntura se obtuvo por difusión de fósforo a 970 °C utilizando una fuente líquida de POCl_3 en un horno de tubo abierto, lográndose una resistividad laminar entre 15 y 20 Ohm/\square . Para la deposición del níquel se ensayaron diferentes máscaras: Si_3N_4 y SiO_2 depositados por pulverización catódica reactiva, fotoresina AZ 1350H y TiO_2 depositados por el método de spin-on.

Los espesores de las capas de Si_3N_4 , SiO_2 y TiO_2 fueron ajustados de tal manera que fungen como capas antirreflectantes.

La juntura p-n por la cara posterior se eliminó por desbaste mecánico con polvos abrasivos. Sumergiendo la muestra en la solución para depositar níquel *electroless* se obtienen simultáneamente los contactos anterior y posterior de la celda. Finalmente se realiza el tratamiento térmico y se engrosan los contactos, también por inmersión, en Pb-Sn fundidos a 230 °C. Usualmente es necesario desbastar mecánicamente los bordes con el fin de eliminar el metal que cortocircuita la juntura.

De esta forma se confeccionaron cerca de 50 celdas de área 4 y 7,5 cm^2 .

IV. RESULTADOS

La resistencia de contacto en el sistema Ni *electroless*/Si tipo n se estudió utilizando el método de la línea de transmisión [9,10].

Por este método se determinó la resistencia laminar de la capa difundida y la de contacto.

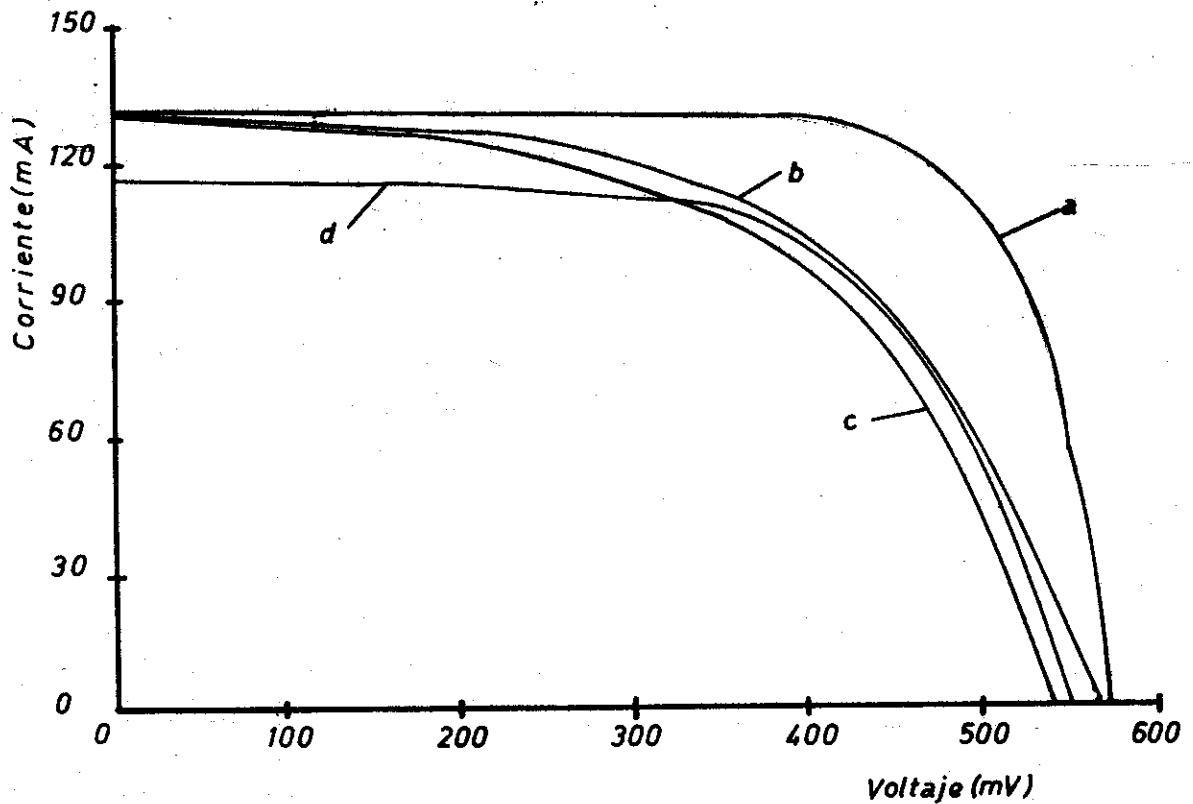
Los resultados de estas mediciones se recogen en la Tabla I. Para evaluar la influencia de los contactos sobre las características de las celdas fueron medidas las curvas I-V iluminadas bajo radiación artificial de 100 mW/cm^2 .

TABLA I

número muestra	Temperatura de tratamiento	Tiempo de tratamiento	Resistencia de contacto	Resistencia laminar
	°C	minutos	Ohm/cm^2	Ohm/\square
1	sin tratamiento	-	$1,0 \cdot 10^{-4}$	21,8
2	sin tratamiento	-	$2,9 \cdot 10^{-4}$	22,0
3	sin tratamiento	-	$1,1 \cdot 10^{-4}$	25,1
4	sin tratamiento	-	$4,7 \cdot 10^{-4}$	22,3
5	sin tratamiento	-	$8,1 \cdot 10^{-4}$	21,9

6	300	3	$1,3 \cdot 10^{-5}$	14,9
7	300	3	$8,1 \cdot 10^{-6}$	14,7
8	300	3	$7,3 \cdot 10^{-6}$	14,5
9	300	3	$7,7 \cdot 10^{-6}$	14,6
10	300	20	$3,5 \cdot 10^{-6}$	11,7
11	300	20	$4,1 \cdot 10^{-6}$	11,7
12	300	20	$6,2 \cdot 10^{-6}$	11,6

En la figura 1 se muestran cuatro de estas características, para diferentes máscaras dieléctricas.



A partir de estas características mediante una computadora personal [11], fueron calculados el voltaje de circuito abierto y la resistencia serie de las celdas. Estos dos parámetros son los más sensibles a la penetración del níquel y la calidad del contacto.

En la Tabla II se resumen estas mediciones.

TABLA 2

número de la celda	tipo de máscara dieléctrica	área aproximada	voltaje de circuito abierto	resistencia serie
	-	cm ²	mV	Ohm
1	Si ₃ N ₄	4	570	0,5
2	Si ₃ N ₄	4	560	0,2
3	Si ₃ N ₄	4	564	0,8
4	Si ₃ N ₄	4	562	1,0
5	Si ₃ N ₄	4	573	0,5
6	AZ-1350H	7,5	520	0,3
7	AZ-1350H	7,5	550	0,3
8	AZ-1350H	7,5	522	0,3
9	SiO ₂	7,5	580	1,2
10	SiO ₂	7,5	564	0,9
11	SiO ₂	7,5	568	0,8
12	TiO ₂	7,5	577	0,2
13	TiO ₂	7,5	563	0,5
14	TiO ₂	7,5	564	0,3

V. DISCUSIÓN

El análisis de la Tabla I muestra que el tratamiento térmico a 300 °C mejora la resistencia de contacto en aproximadamente dos órdenes. Mientras que el tiempo mayor de 3 minutos no aporta una reducción sustancial de dicha resistencia pero si degrada drásticamente el voltaje de circuito

abierto de las celdas, como fue establecido en la práctica. Por esta razón escogimos un tratamiento térmico a 300 °C durante tres minutos, para la confección de las celdas.

La Tabla II confirma que el tratamiento térmico escogido permite obtener celdas solares con altos valores de voltaje de circuito abierto. Además de la misma se ve que la repetibilidad del valor de la resistencia en serie es mayor cuando se usan máscaras dieléctricas AZ 1350H y TiO_2 que con otras. También con estas máscaras el valor promedio de la resistencia en serie es menor en general. De lo anterior se concluye que la máscara idónea es la de TiO_2 , ya que garantiza buenos parámetros eléctricos en el dispositivo y además puede ser usada como capa antirreflectante.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a José Moreno por realizar los procesos de limpieza química y difusión y a José Vilahomat por deposición de SiO_2 y Si_3N_4 por el método de pulverización catódica reactiva.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Almeida, J.; N. Safronova y A. Martel
Fabricación de celdas solares de silicio monocristalino con superficie texturada. Rev. Cubana de Física (en publicación).
- [2] Meier, D.L.; R.B. Campbell; J.R. Davis et al.
Solar cell contacts. 16th IEEE Photovoltaic Spec. Conf. San Diego, Calif. 1982, Conf. Rec. N.Y. 1982, pp. 904-906.
- [3] Petersen, R.C. y A. Muleo
Silicon Solar cells with nickel/solder metallization. Proc. 3rd commission of the European Comm. Conf. Photov. Solar Evergy Cannes. Oct. 27-31, 1980, pp. 684.
- [4] Grenon, L.A.; N.G. Sakiotis y M.G. Coleman
Reliability of Silicon solar cells with a plated nickel-copper metallization system. Proc. 15th Photovolt. specialist conf. Orlando. Fla. May 13-15. 1981 IEEE N.Y. 1981, pp. 522.
- [5] Cocorullo, G.; G. Prezioso y M. Zarccone
High reliability nickel electroless metallization of solar cells. Solar Cells, 11, 1984, pp. 19-27.
- [6] Wolf, M.
Metallization for large area solar cells. Proc. 15th Photovolt Specialist Conf. Orlando Fla. May 13-15 1981 IEEE N.Y. 1981, pp. 506.
- [7] Sullivan, M.V. y J.H. Eigler
Electroless nickel plating for making ohmic contacts to silicon. Journal of the Electrochemical Society. 104, 1957. pp. 226.

- [8] Iwasa, H.; M. Yokizawa e I. Teramoto
Electroless nickel plating on silicon. Journal of the Electrochemical Society 115, 1968, pp. 912.
- [9] Maenpaa, M.; I. Suni; M. Nicolet; F. Ho y P. Iles
Proc. 15th Photovolt specialist conf. Orlando Fla. May 13-15, 1981 IEEE
N.Y. 1981, pp. 518.
- [10] Shroder, D.K. y D.L. Meier
Solar cell contact resistance-review. IEEE Trans. Electron Devices
vol. ED-31, no. 5 May 1984.
- [11] Martel, A.
Programas de computación para el estudio de celdas solares de Si monocristalino. Poster X SLAFES. Habana.