

## **Conclusiones de la Tesis**

El desarrollo de la tesis es entender los mecanismos de conducción y comportamientos eléctricos y ópticos que presentan en la interfase PS/c-Si en dos estructuras tipo resistiva (Metal/PS/Metal) y tipo diodo (Metal/PS/c-Si/Metal), para fabricar y caracterizar dispositivos semiconductores basados en silicio poroso sobre silicio cristalino.

Para la fabricación de las capas porosa se estableció un proceso con diferentes condiciones las cuales nos permitieron crecer capas porosas sobre distintos sustratos de silicio cristalino, en la cual fuimos desarrollando un control en la densidad de corriente del proceso para así poder mejorar la uniformidad y homogeneidad de las capas porosas. Determinamos que existe una relación en la fabricación de las capas macroporosas sobre sustratos tipo - n ya que incrementando el tiempo de ataque a concentraciones de HF bajas se disminuye la reflectividad normalizada, mejorando así las capas antireflectivas basadas en silicio macroporoso. Para las capas fabricadas sobre sustratos tipo - p, es mas difícil hacer crecer capas macroporosas pero para sustratos muy dopados encontramos que con espesores mas delgados se pueden encontrar bajos valores de reflectividad normalizada. De igual manera se obtuvieron aumentos del espesor de las capas porosas para tipo - p incrementando el tiempo de ataque de HF, a diferencia de las tipo - n que fueron fabricadas en ordenes de minutos estas fueron fabricadas con tiempos del orden de los segundos a concentraciones altas de HF. En conclusión, incrementando el tiempo de ataque de

## **Conclusiones**

---

HF se incrementa el grosor de la capa y los poros son más grandes, homogéneos y uniformes.

Uno de los principales problemas de los dispositivos semiconductores son los contactos metálicos y el comportamiento eléctrico que para las muestras fabricadas con substratos tipo  $-p$  observamos un mejor comportamiento. Se realizaron varias metalizaciones en busca de mejorar estos efectos en las interfases Metal/PS y PS/c-Si donde se estableció que el mejor desarrollo para dispositivos es trabajar con capas mas finas de PS, en la cual para nuestros resultados conseguimos mejorar los contactos metálicos utilizando la técnica de metalización de la evaporación. Obtuvimos para la metalización de Au un comportamiento ohmico para los contactos con las capas porosas lo cual nos permitió obtener un buen comportamiento eléctrico en los dispositivos basado en PS.

Para los dispositivos diodo Metal/PS/c-Si/Metal se obtuvieron resultados como factores de idealidad altos tanto para los capas macroporosas como las microporosas fabricadas con diferentes soluciones de HF, corrientes de oscuridad bajas permitiendo eliminar las posibles corrientes de fuga, rectificación Schottky de ordenes de magnitud, corrientes de saturación que aumenta con el incremento del ataque electroquímico comparables con diferentes trabajos reportados por otros grupos recientemente. Igualmente para los dispositivos Metal/PS/Metal (MSM), como se ha podido observar desde dispositivos sensores ópticos como térmicos fueron desarrollados con estos parámetros basándonos de diferentes modelos eléctricos y ecuaciones que nos permitieron llegar ha los resultado publicados tales como energías de activación del orden 0.25 eV, densidades de estados para muestras fabricadas con pocos tiempos de ataque del orden de los segundos, Para completar el estudio deferentes análisis tanto en DC como en AC fueron determinantes para poder

llegar a un buen entendimiento de comportamiento de los dispositivos semiconductores basados en PS. Se obtuvieron los parámetros eléctricos que controlan el comportamiento AC en los resistores Au/PS/Au en los cuales el modelo eléctrico general permite ajustar tanto como los valores de la conductancia y capacitancia al igual que la impedancia compleja para las muestras, dando a conocer la dependencia del voltaje en las capacitancia internas de la muestra, también determinamos el comportamiento dieléctrico dando a conocer la dependencia con la frecuencia.

Los dispositivos fabricados como sensores de temperatura son comparables con los resultados obtenidos en otros trabajos tanto para otros materiales como para capas porosas de otros grupos de investigación. La dependencia de la temperatura de la resistencia de los termistores muestran un comportamiento lineal lo cual nos permite decir que el comportamiento es ohmico.

Los resultados de los dispositivos fabricados fueron establecidos primero entendiendo los mecanismos que controlan dichas capas porosas, fueron obtenidas propiedades ópticas como las eléctricas, con el fin de poder comprender los mecanismos que controlan el comportamiento eléctrico de las capas porosa, con este motivo se realizaron diversos estudios tanto para el contacto Metal/PS como para la unión PS/c-Si. Se obtuvieron diferentes comportamientos tanto para las capas gruesas de silicio macroporoso como para las capas delgadas, para las capas macroporosas fabricadas como capas antireflectivas ARC obtuvimos buenos resultados tanto para las capas fabricadas sobre obleas tipo - n y tipo - p de silicio cristalino, que cuando se incrementa el tiempo de ataque se puede disminuir los valores de reflectividad normalizada, para ambos se obtuvieron valores por debajo del 1% de la reflectividad normalizada ya que como se dijo antes al mejorar la

porosidad de la capa permite que exista una mayor absorción de la luz y por esto mejorar la reflectividad.

Se obtuvieron dispositivos fotodetectores con corrientes de oscuridad bajos comparados con otros trabajos lo cual permitió la detección de un rango de luz blanca y en el rango espectral a dos longitudes de onda tanto en el rango cercano al IR y en el visible cercano al ultravioleta. Los valores de fotocorriente para los fotoconductores son mas elevadas para el rango de potencia medidos, al igual se puede decir que estos dispositivos poseen una respuesta rápida en la detección pero se necesita mejorar el dispositivo pensando en optimizarla detección y en lo posible poder ser selectivo.

En el curso de la tesis se desarrollaron diversas aplicaciones tanto eléctricas como ópticas basadas en PS/c-Si obteniendo resultados comparables con los reportados por otros autores. Las investigaciones se centraron en entender el comportamiento metal/PS con contactos metálicos depositados por dos diferentes técnicas de metalización, en la cual dependiendo del tipo y resistividad de la oblea obtenemos diferentes morfologías que me permiten comprender los diferentes comportamientos en presencia de la temperatura y de la luz; buscando el desarrollo de los dispositivos tales como termistores y fotodetectores.

## **PUBLICACIONES**

### **Revistas Internacionales.**

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*AC Impedance analysis of Au/porous silicon contacts*” Microelec. Engineering. Aceptado en agosto del 2006 editorial Elsevier.

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*Thermistors based on porous silicon*”, Enviado a Physica E (2006)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Ferrè-Borrull, J. Pallarès, “*Electrical and optical characterization of porous silicon/p-crystalline silicon heterojunction diodes*” Enviado a Semicond. Sci. Technol (2006)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*Electrical characterization of Au/Porous silicon contacts*”, Enviado a Phys. Stat. Solid c (2006)

### **Congresos Internacionales.**

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, X. Vilanova, J. Pallarès, “*Fabrication and Characterization of Macroporous Silicon on Crystalline Silicon Based Devices*”, PSST04 4th Porous Semiconductors Science and Technology, Cullera – España (2004)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*Design of macroporous silicon antireflection coatings*”, EDS05 Electronics Devices and Systems, Brno – Republica Checa (2005)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Ferrè-Borrull, J. Pallarès, “*Photodetectors based on porous silicon*”, Euroensors05 XIX International conference of Sensors, Barcelona – España (2005)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*AC Impedance analysis of Au/porous silicon contacts*”, MAM-2006 Materials for Advanced Metallization, Grenoble – Francia (2006)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*Electrical characterization of Au/Porous silicon contacts*”, PSSST06 5th Porous Semiconductors Science and Technology, Sitges – España (2006)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*Thermistors based on porous silicon*”, E-MRS2006 Symposium: C Silicon Nanocrystals for Electronics and Sensing Applications, Nice – Francia (2006)

### **Congresos Nacionales.**

F. Fonthal, T. Trifonov, R. Cabre, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Pallarès, “*Electrical and optical characterization of macroporous silicon on crystalline silicon diodes*”, CDE-2003 4th Conferencia Española de Dispositivos Electrónicos, Calella – España (2003)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, X. Vilanova, J. Pallarès,  
*“Macroporous silicon based devices: Gas sensor and antireflective coating for  
silicon solar cells”*, Ph.D Students’ Meeting on Electron Devices and  
Microelectronics, Tarragona – España (2003)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, X. Vilanova, J. Pallarès,  
*“Fabrication and Characterization of Humidity and NH<sub>3</sub> Sensors with Macroporous  
Silicon Active Layer”*, NPSW-2004 I Nanoelectronic and Photonic Systems  
Workshop, Tarragona – España (2004)

F. Fonthal, T. Trifonov, A. Rodríguez, L.F. Marsal, J. Ferrè-Borrull, J. Pallarès,  
*“Porous Silicon Devices: Thermo electrical characterisation and photosensitivity  
properties”*. NPSW-2005 II Nanoelectronic and Photonic Systems Workshop,  
Tarragona – España (2005)

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI  
FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS BASADOS EN SILICIO POROSO SOBRE c-SI. APLICACIONES ELÉCTRICAS,  
ÓPTICAS Y TÉRMICAS.  
Faruk Fonthal Rico.  
ISBN: 978-84-690-7607-1 / DL: T.1388-2007



## **REFERENCIAS**

- [1] D.R. Turner, J. Electrochem. Soc. **105** 402 (1958)
- [2] L.T. Canham, Appl. Phys. Lett. **57** 1046 (1990)
- [3] *Properties of porous silicon*, Ed. by L.T. Canham, (emis datareviews INSPEC, London, UK, 1997)
- [4] V.P. Parkhutik, Solid Stat. Elec. **43** 1121 (1999)
- [5] L. Pavesi, M. Ceschini, G. Mariotto, E. Zanghellini, O. Bisi, M. Anderie, L. Calliari, M. Fedrizzi, L. Fedrizzi, J. Appl. Phys. **75** 1118 (1994)
- [6] M. Ben-Chorin, A. Kux, I. Schechter, Appl. Phys. Lett. **64** 481 (1994)
- [7] M. Ben-Chorin, F. Möller, F. Koch, J. Appl. Phys. **77** 4482 (1995)
- [8] R.J. Martín-Palma, J. Pérez-Rigueiro, J.M. Martínez-Duart, J. Appl. Phys. **86** 6911 (1999)
- [9] A.J. Simons, T.I. Cox, M.J. Uren, P.D.J. Calcott, Thin Solid Films **255** 12 (1995)
- [10] A. Diligenti, A. Nannini, G. Pennelli, F. Pieri, Appl. Phys. Lett. **68** 687 (1996)
- [11] M. Theodoropoulou, P.K. Karahaliou, C.A. Krontiras, S.N. Georga, N. Xanthopoulos, M.N. Pisanias, C. Tsamis, A.G. Nassiopoulou, J. Appl. Phys. **96** 7637 (2004)
- [12] L.A. Balagurov, S.C. Bayliss, A.F. Orlov, E.A Petrova, B. Unal, D.G. Yarkin, J. Appl. Phys. **90** 4148 (2001)
- [13] L.A. Balagurov, S.C. Bayliss, V.S. Kasatochkin, E.A Petrova, B. Unal, D.G. Yarkin, J. Appl. Phys. **90** 4543 (2001)
- [14] D.G. Yarkin, L.A. Balagurov, S.C. Bayliss, I.P. Zvyagin, Semicond. Sci. Technol. **19** 100 (2004)
- [15] C. Baratto et al, Sens. Actuators B: Chem. **68** 74 (2000)

- [16] C. Baratto, G. Faglia, G. Sberveglieri, L. Boarino, A.M. Rossi, G. Amato, *Thin Solid Films* **391** 261 (2001)
- [17] L. Pancheri, C.J. Oton, Z. Gaburro, G. Soncini, L. Pavesi, *Sens. Actuators B: Chem.* **89** 237 (2003)
- [18] L. Pancheri, C.J. Oton, Z. Gaburro, G. Soncini, L. Pavesi, *Sens. Actuators B: Chem.* **97** 45 (2004)
- [19] M. Björkqvist, J. Salonen, J. Paski, E. Laine, *Sens. Actuators A: Phys.* **112** 244 (2004)
- [20] M. Björkqvist, J. Paski, J. Salonen, V. P. Lehto, *Phys. Stat. Solid (a)* **202** 1653 (2005)
- [21] *Porous Silicon*, Ed. by Z.C. Feng, R. Tsu, (World Scientific, Singapore, Cap. 18, 19, 22, 1994)
- [22] P.M. Fauchet, L. Tsybeskov, C. Peng, S.P. Duttagupta, J. von Behren, Y. Kostoulas, J.M.V. Vandyshev, K.D. Hirschmen, *IEEE J. Quantum Elec.* **1** 1126 (1995)
- [23] L. Pavesi, R. Guardini, C. Mazzoleni, *Solid State Comm.* **97** 1051 (1996)
- [24] L.Z. Yu, C.R. Wie, *Electronics Lett.* **28** 911 (1992)
- [25] C. Tsai, K.H. Li, J.C. Campbell, Al Tasch, *Appl. Phys. Lett.* **62** 2818 (1993)
- [26] A.M. Rossi, H.G. Bohn, *Phys. Stat. Solid (a)* **202** 1644 (2005)
- [27] A. Prasad, S. Balakrishnan, S.K. Jain, G.C. Jain, *J. Electrochem. Soc.* **129** 596 (1982)
- [28] P. Vitanov, M. Kamenova, N. Tyutyundzhiev, M. Delibasheva, E. Goranova, M. Peneva, *Thin Solid Films* **297** 299 (1997)
- [29] J.M. Martínez-Duart, R.J. Martín-Palma, *Phys. Stat. Sol. (b)* **232** 81 (2002)
- [30] *Silicon – Based materials and devices properties*, Ed. by H.S. Nalwa, (Academic Press, San Diego, USA, 124 – 190, 2001)
- [31] M.K. Lee, C.H. Chu, Y.H. Wang, *Optics Lett.* **26** 160 (2001)

- 
- [32] L.A. Balagurov, D.G. Yarkin, G.A. Petrovicheva, E.A. Petrova A.F. Orlov, S.Ya. Andryushin, J. Appl. Phys. **82** 4647 (1997)
- [33] L.A. Balagurov, D.G. Yarkin, E.A Petrova, Mater. Sci. Engineering: B **69-70** 127 (2000)
- [34] R.J. Martín-Palma, J. Pérez-Rigueiro, R. Guerero-Lemus, J.D. Moreno, J.M. Martínez-Duart, J. Appl. Phys. **85** 583 (1999)
- [35] R.J. Martín-Palma, R. Guerero-Lemus, J.D. Moreno, J.M. Martínez-Duart, A. Gras, D. Levy, Mater. Sci. Engineering: B. **69-70** 87 (2000)
- [36] V.P. Parkhutik, J.M. Albella, J.M. Martínez-Duart, J.M. Gómez-Rodríguez, A.M. Baró, Appl. Phys. Lett. **62** 366 (1993)
- [37] V.P. Parkhutik, Thin Solid Films **276** 195 (1996)
- [38] P. Müller, Pure Appl. Chem. **31** 578 (1972)
- [39] *Photonic bandgap analysis and fabrication of macroporous silicon by electrochemical etching*, Tesis doctoral de Trifon Trifonov, (department d'enginyeria electrònica, elèctrica i automàtica, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España, 2005)
- [40] A. Uhler, Bell Syst. Tech. J. **35** 333 (1956)
- [41] R. Memming, G. Schwandt, Surf. Sci. **4** 109 (1966)
- [42] G. Bomchil, R. Herino, K. Barla, J.C. Pfister, J. Electrochem. Soc. **130** 1611 (1983)
- [43] V. Lehmann, F. Föll, J. Electrochem. Soc. **137** 653 (1990)
- [44] S.P. Zimin, Semiconductors **34** 353 (2000)
- [45] M.L. Ciurea, E. Pentia, M. Lazar, A. Belu-Marian, F. Zavaliche, R. Manaila, *IEEE International Semiconductor Conference*, 233 (1996)
- [46] R.L. Smith, S.D. Collins, J. Appl. Phys. **71** R1 (1992)
- [47] H. Gerischer, P. Allongue, V. Kieling, Ber. Bunsenges Phys. Chem. **97** 753 (1993)

- [48] M.I.J. Beale, J.D. Benjamin, M.J. Uren, N.G. Chew, A.G. Cullis, *J. Cryst. Growth* **73** 622 (1985)
- [49] C. Pickering, M.I.J. Beale, D.J. Robbins, P.J. Pearson, R. Greef, *J. Phys. C* **17** 6535 (1984)
- [50] M.I.J. Beale, J.D. Benjamin, M.J. Uren, N.G. Chew, A.G. Cullis, *Appl. Phys. Lett.* **46** 86 (1985)
- [51] J.W. Faust Jr, E.D. Palik, *J. Electrochem. Soc.* **130** 1413 (1983)
- [52] E.D. Palik, Y.M. Bermudez, O.J. Glembocki, *J. Electrochem. Soc.* **132** 135 (1985)
- [53] R.L. Smith, S.F. Chuang, S.D. Collins, *J. Electron. Mater.* **17** 533 (1988)
- [54] X.G. Zhang, S.D. Collins, R.L. Smith, *J. Electrochem. Soc.* **136** 1561 (1989)
- [55] X.G. Zhang, *J. Electrochem. Soc.* **138** 3750 (1991)
- [56] C. Lévy-Clément, A. Lagoubi, R. Tenne, M. Neumann Spallart, *Electrochim. Acta* **37** 877 (1992)
- [57] X.G. Zhang, *J. Electrochem. Soc.* **151** C69 (2004)
- [58] V. Lehmann, G. Gösele, *Appl. Phys. Lett.* **58** 856 (1991)
- [59] F. Föll, *Appl. Phys. A* **53** 8 (1991)
- [60] A. Halimaoui, C. Oules, G. Bomchil, A. Bsiesy, F. Gaspard, R. Herino, M. Ligeon, F. Muller, *Appl. Phys. Lett.* **59** 304 (1991)
- [61] A. Bsiesy, J.C. Vial, F. Gaspard, R. Herino, M. Ligeon, F. Muller, R. Romestain, A. Wasiela, A. Halimaoui, G. Bomchil, *Surf. Sci.* **254** 195 (1991)
- [62] A. Bsiesy, F. Gaspard, R. Herino, M. Ligeon, F. Muller, *J. Electrochem. Soc.* **138** 3450 (1991)
- [63] N. Koshida, H. Koyama, *Jap. J Appl. Phys.* **30** L1221 (1991)
- [64] A.G. Cullis, L.T. Canham, *Nature* **353** 335 (1991)
- [65] S. Gardelis, J.S. Rimmer, P. Dawson, B. B. Hamilton, R.A. Kubiak, T.E. Whall, E.H.C. Parker, *Appl. Phys. Lett.* **59** 2118 (1991)

- 
- [66] M.A. Tischler, R.T. Collins, J.H. Stathis, J.C. Tsang, Appl. Phys. Lett. **60** 639 (1992)
- [67] V. Lehmann, Thin Solid Films **255** 1 (1995)
- [68] A. Halimaoui, *Properties of porous silicon*, Ed. by L.T. Canham, (emis datareviews INSPEC, London, UK, 1997)
- [69] P. Kleimann, J. Linnros, S. Petersson, Mater. Sci. and Eng B. **60-70** 29 (2000)
- [70] R.J. Martín-Palma, J.M. Martínez-Duart, L. Li, R.A. Levy, Mater. Sci. Engineering: C. **19** 359 (2002)
- [71] A. Rodríguez, T. Trifonov, L.F. Marsal, J. Pallarés, R. Alcubilla, *CDE-2003 4th Conferencia Española de Dispositivos Electrónicos*, Calella – España (2003)
- [72] T. Trifonov, A. Rodríguez, F. Servera, L.F. Marsal, J. Pallarès, R. Alcubilla, Phys. Stat. Sol. (a) **202** 1634 (2005)
- [73] A. Halimaoui, Appl. Phys. Lett. **63** 1264 (1993)
- [74] V. Lehmann, J. Electrochem. Soc. **140** 2836 (1993)
- [75] R.L. Smith, S.D. Collins, Phys. Rev. A **39** 5409 (1989)
- [76] J. Stumper, L.M. Peter, J. Electroanal. Chem. **309** 325 (1991)
- [77] R.L. Meek, Surf. Sci. **25** 526 (1971)
- [78] L.T. Canham, A.G. Cullis, C. Pickering, O.D. Dosser, T.I. Cox, T.P. Lynch, Nature **368** 133 (1994)
- [79] L.T. Canham, A.J. Groszek, J. Appl. Phys. **72** 1558 (1992)
- [80] V. Lehmann, U. Gruning, Thin Solid Films **297** 13 (1997)
- [81] V.P. Parkhutik, J. Porous Mater. **7** 97 (2000)
- [82] E.A. Ponomarev, C. Lévy-Clément, J. Porous Mater. **7** 51 (2000)
- [83] C. Lévy-Clément, S.Lust, Phys. Stat. Sol. (a) **182** 17 (2003)
- [84] R.J. Martín-Palma, R. Guerrero-Lemus, J.D. Moreno, J. M. Martínez-Duart Solid Stat. Elec. **43** 1153 (1999)
- [85] L.T. Canham, V.P. Parkhutik, J. Porous Mater. **7** 9 (2000)

- 
- [86] H. Gerischer, *Electrochim. Acta* **35** 1677 (1990)
- [87] Z.Y. Xu, M. Gal, M. Cross, *Appl. Phys. Lett.* **60** 1375 (1992)
- [88] X.L. Zheng, W. Wang, H.C. Chen, *Appl. Phys. Lett.* **60** 986 (1992)
- [89] L. Tsybeskov, P.M. Fauchet, *Appl. Phys. Lett.* **64** 1983 (1994)
- [90] J. Salonen, M. Björkqvist, J. Paski, *Sens. Actuators A: Phys.* **116** 438 (2004)
- [91] M. Ben-Chorin, F. Möller, F. Koch, *Phys. Rev. B* **49** 2981 (1994)
- [92] *Physics of Semiconductor Devices*, Ed. by S.M. Sze, (2nd ed Wiley, New York, 1980)
- [93] É.B. Kaganovich, É.G. Manoïlov, S.V. Svechnilov, *Semiconductors* **33** 327 (1999)
- [94] V. Pacebutas, A. Krotkus, I. Simkiene, R. Viselga, *J. Appl. Phys.* **77** 2501 (1995)
- [95] K. Ait-Hamouda, N. Gabouze, T. Hadjersi, N. Benrekaa, R. Outemzabet, H. Gheraga, K. Beldjilali, Br. Mahmoudi, *Solar Energy Mater. & Solar Cells* **76** 535 (2003)
- [96] Z. Chen, T.Y. Lee, G. Bosman, *J. Appl. Phys.* **76** 2499 (1994)
- [97] E.A. de Vasconcelos, S.A. Khan, W.Y. Zhang, H. Uchida, T. Katsube, *Sens. Actuators A: Phys.* **83** 167 (2000)
- [98] K. Wasa, T. Tohda, Y. Kasahara, S. Hatakawa, *Rev. Sci. Instrum.* **50** 1084 (1979)
- [99] N. Koshida, M. Nagasu, K. Echizenia, Y. Kiuchi, *J. Electrochem. Soc.* **133**, 2283 (1986)
- [100] A. Straub, R. Gebs, H. Habenicht, S.Trunk, R.A. Bardos, A.B. Sproul, A.G. Aberle, *J. Appl. Phys.* **97** 083703 (2005)
- [101] L.K. Pan, H.T. Huang, Chang Q. Sun, *J. Appl. Phys.* **94** 2695 (2003)
- [102] *Dielectric Relaxation in Solids*, Ed. by A.K. Jonscher, (Chelsea Dielectrics, London, 1983)

- [103] M. Ben-Chorin, F. Möller, F. Koch, J. Luminescence **57** 159 (1993)
- [104] V. Parkhutik, E.S. Matveeva, F. Namavar, N. Kalcoran, J. Electrochem. Soc. **143** 3943 (1996)
- [105] E. Axelrod, A. Givant, J. Shappir, Y. Feldman, A. Sa'ar, Phys. Rev B. **65** 165429-1 (2002)
- [106] V. Parkhutik, E.S. Matveeva, R. Díaz Calleja, Electrochimica. Acta. **41** 1313 (1996)
- [107] H. Matsuura, T. Okuno, H. Okushi, K. Tanaka, J. Appl. Phys. **55** 1012 (1984)
- [108] M. Ben-Chorin, F. Möller, F. Koch, W. Schirmacher, M. Eberhard, Phys. Rev. B **51** 2199 (1995)
- [109] *Semiconductor Sensor*, Ed. by S.M. Sze, (Wiley, New York, 1994)
- [110] D. Deresmes, V. Marissael, D. Stievenard, C. Ortega, Thin Solids Films **255** 258 (1995)
- [111] D. Stievenard, D. Deresmes, Appl. Phys. Lett. **67** 1570 (1995)
- [112] A. Angelescu, I. Kleps, *Semiconductor Conferencie. CAS '98 Proceedings. 1998 International*, **2** 447 (1998)
- [113] L.F. Marsal, J. Pallarès, X. Correig, J. Calderer, R. Alcubilla, Semicond. Sci. Technol. **11** 1209 (1996)
- [114] J.P. Bade, S.R. Sahaida, B.R. Stoner, J.A. von Windheim, J.T. Glass, K. Miyata, K. Kobashi, Diamond Relat. Mater. **2** 816 (1993)
- [115] L.F. Marsal, J. Pallarès, X. Correig, M. Domínguez, D. Bardés, J. Calderer, R. Alcubilla, Diamond Relat. Mater. **6** 1555 (1997)
- [116] J. Pallarès, L.F. Marsal, X. Correig, J. Calderer, R. Alcubilla, Solid State Elec. **41** 17 (1997)
- [117] M. Hack, M. Shur, J. Appl. Phys. **54** 5858 (1983)
- [118] R. Guerero-Lemus, C. Hernández-Rodríguez, F. Ben-Hander, J.M. Martínez-Duart, Solar Energy Mater. & Solar Cells **72** 495 (2002)

- 
- [119] S. Strehlke, S. Bastide, J. Guillet, C. Levy-Clément, Mater. Sci. Engineering: B **69-70** 81 (2000)
- [120] R. Brendel, R. Auer, H. Artmann, Prog. Photovolt. Res. Appl. **9** 217 (2001)
- [121] D. Scholten, R. Horbelt, W. Kintzel, R. Brendel, Thin Solid Films **403-404** 287 (2002)
- [122] J.P. Zheng, K.L. Jiao, W.P. Shen, W.A. Anderson, H.S. Kwok, Appl. Phys. Lett. **61** 459 (1992)
- [123] L. Pavesi, R. Guardini, P. Bellutti, Thin Solid Films **297** 272 (1997)
- [124] Z. Gaburro, P. Bellutti, L. Pavesi, Phys. Stat. Sol. (a) **182** 407 (2000)
- [125] S.K. Lazarouk, P.V. Jaguiro, A.A. Leshok, V.E. Borisenko, Physica E **16** 495 (2003)
- [126] R.J. Martín-Palma, L. Vazquez, P. Herrero, J.M. Martínez-Duart, M. Schenell, S. Schaefer, Opt. Mater. **17** 75 (2001)
- [127] R.Yu. Holiney, L.A. Matveeva, E.F. Venger, A.O. Livinenko, L.A. Karachevtseva, Appl. Surf. Science **172** 214 (2001)
- [128] L.Z. Yu, C.R. Wie, Sens. Actuators A: Phys. **39** 253 (1993)
- [129] M.K. Lee, Y.C. Tseng, C.H. Chu, Appl. Phys. A. **67** 541 (1998)
- [130] J.P. Zheng, P.T. Charbel, H.S. Kwok, Electrochemical and Solid State Lett. **3** 338 (2000)
- [131] *Photovoltaics Materials*, Ed. by R.H. Bube, (Imperial College Press, London UK, 41-57, 1998)
- [132] P. Menna, G. Di Francia, V. La Ferrara, Solar Energy Mater. & Solar Cells **37** 13 (1995)
- [133] S. Strehlke, D. Sarti, A. Krotkus, K. Grigoras, C. Levy-Clément, Thin Solid Films **297** 291 (1997)
- [134] V. Bright, E. Kolesar, D. Sowders, Opt. Eng. **36** 1088 (1997)



- [135] L. Stalmans, J. Poortmans, H. Bender, M. Caymax, K. Said, E. Vazsonyi, J. Nijs, R. Mertens, Prog. Photovolt. Res. Appl. **6** 233 (1998)
- [136] S. Strehlke, S. Bastide, C. Levy-Clément, Solar Energy Mater. & Solar Cells **58** 399 (1999)
- [137] V.Y. Yerokhov, R. Hezel, M. Lipinski, R. Ciach, H. Nagel, A. Mylyanych, P. Panek, Solar Energy Mater. & Solar Cells **72** 291 (2002)
- [138] K. Drabczyk, P. Panek, M. Lipinski, Solar Energy Mater. & Solar Cells **76** 545 (2003)
- [139] M. Lipinski, S. Bastide, P. Panek, C. Lévy-Clément, Phys. Stat. Sol. (a) **197** 512 (2003)
- [140] Z. Matic, R.R. Bilyalov, J. Poortmans, Phys. Stat. Sol. (a) **182** 457 (2000)
- [141] R.R. Bilyalov, L. Stalmans, L. Schirone, C. Levy-Clément, IEEE. Trans. Eletron. Devices **46** 2035 (1999)
- [142] R.R. Bilyalov, R. Lüdemann, W. Wettling, L. Stalmans, J. Poortmans, J. Nijs, L. Schirone, G. Sotgiu, S. Strehlke, C. Levy-Clément, Solar Energy Mater. & Solar Cells. **60** 391 (2000)
- [143] E. Bhattacharya, P. Ramesh, C.S. Kumar, J. Porous Mater. **7** 299 (2000)
- [144] M.K. Lee, Y.H. Wang, C.H. Chu, IEEE J. Quantum Electronics. **33** 2199 (1997)
- [145] L.A. Balagurov, et al, Solid Stat. Elec. **45** 1607 (2001)
- [146] L.A. Balagurov, et al, Solid Stat. Elec. **47** 65 (2002)
- [147] Z.N. Adamian, et al. Solar Energy Mater. & Solar Cells. **64** 347 (2000)