



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Comparaciones ópticas y estructurales de las películas de óxido de silicio rico en silicio (SRO) depositadas por las técnicas LPCVD y HFCVD.

**Authors:** MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Haydee Patricia, LUNA-LÓPEZ, José Alberto, LUNA-FLORES, Adán y HERNÁNDEZ-DE LA LUZ, José Álvaro David.

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2019-331  
BCIERMMI Classification (2019): 241019-331

Pages: 13  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

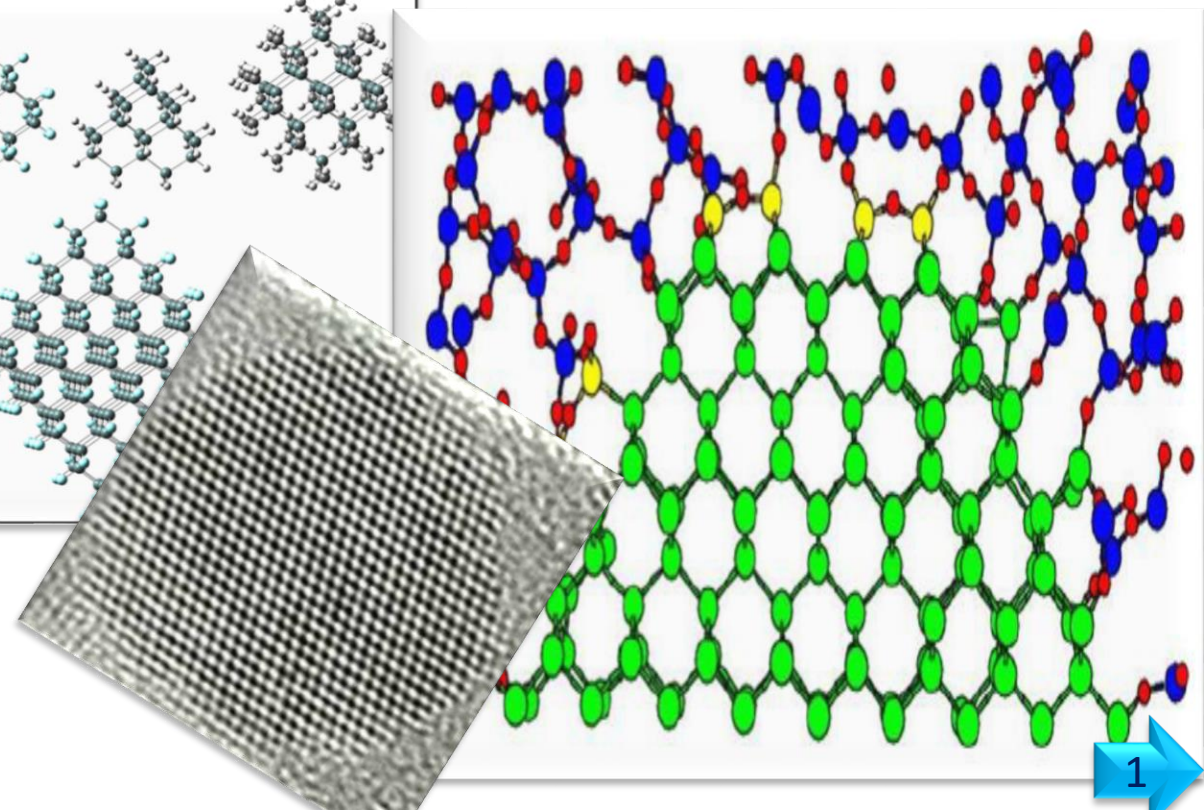
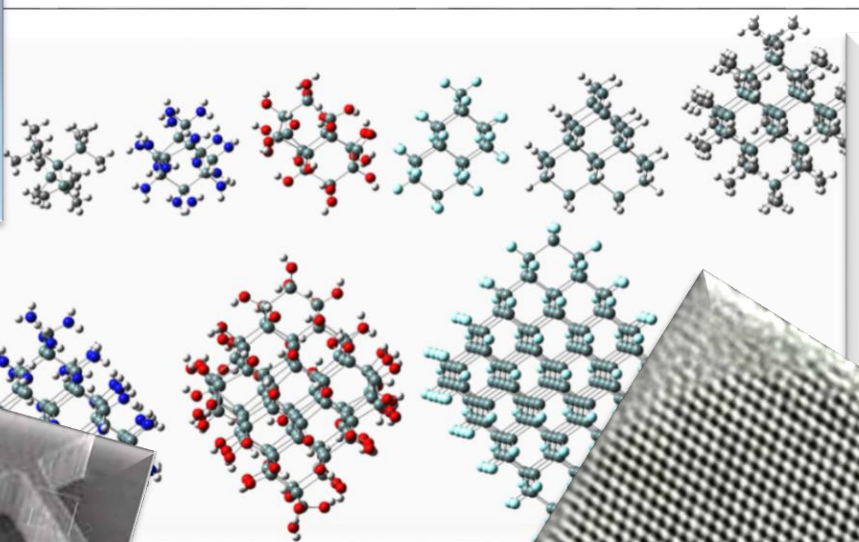
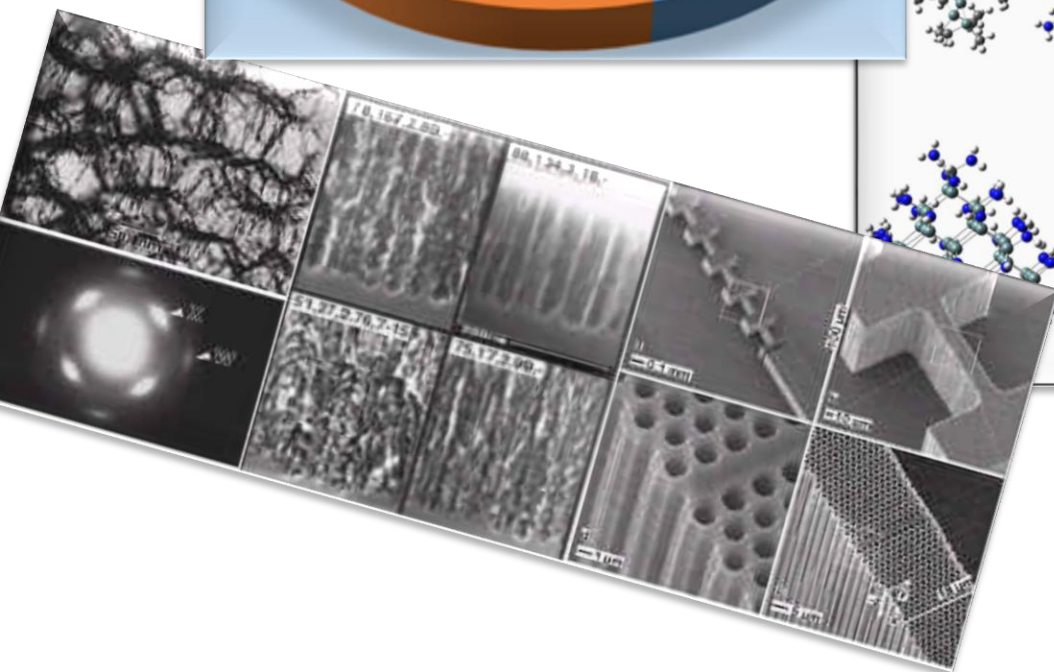
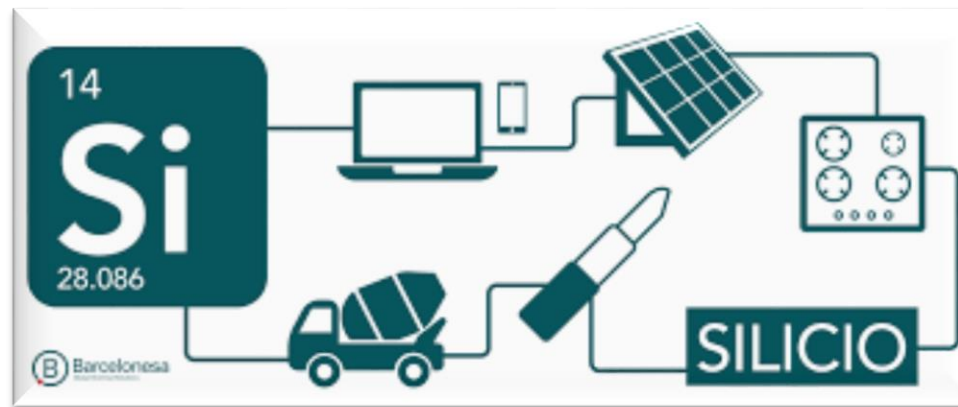
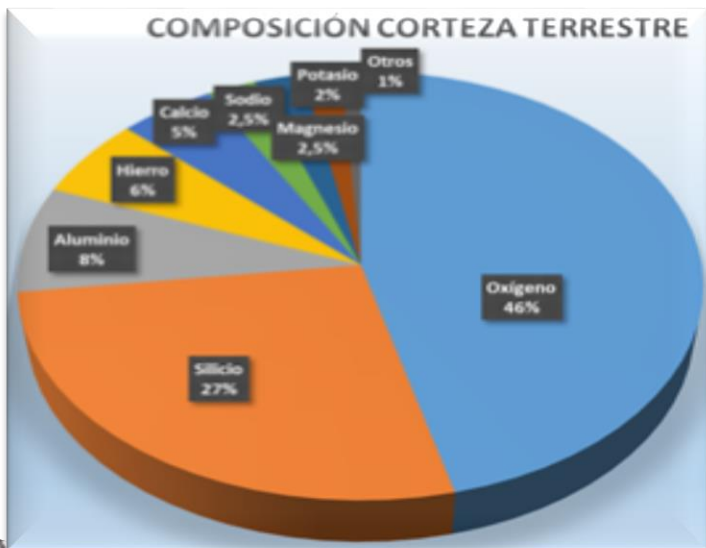


# Introducción



## SRO Silicon Rich Oxide

- Silicio
- Nanocrystal
- Oxígeno
- Enlaces Si-O-Si de la interfaz





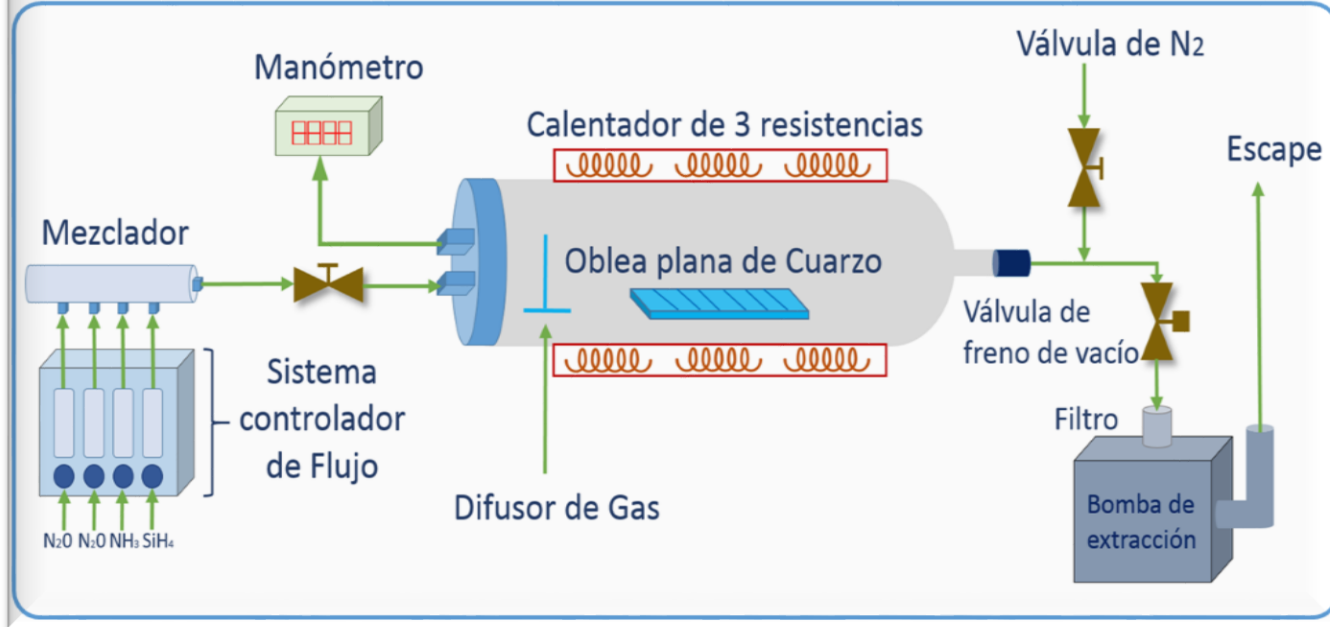
ECORFAN®

# Introducción

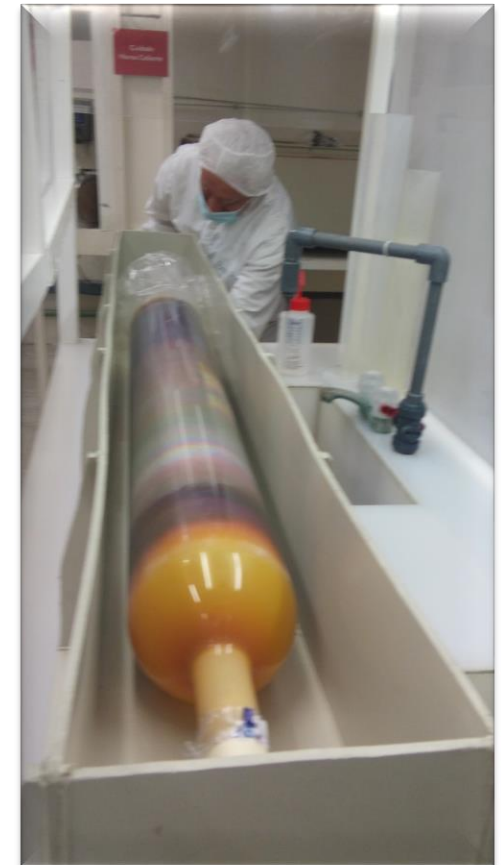
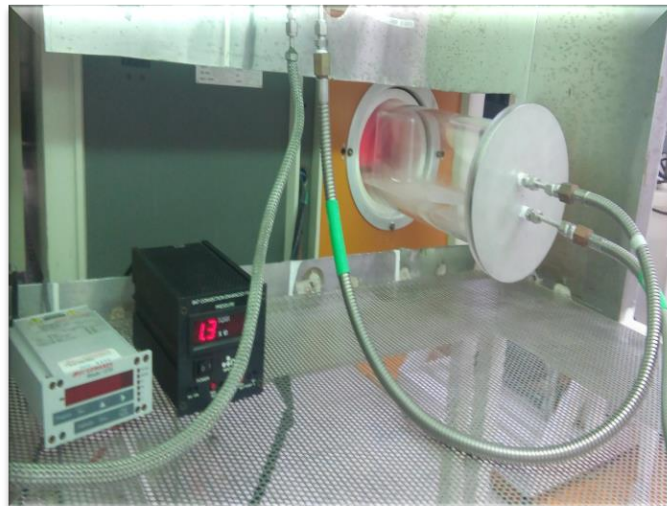
# TECNICA LPCVD



## Reactor horizontal LPCVD



$$R_0 = \frac{P(N_2O)}{P(SiH_4)}$$





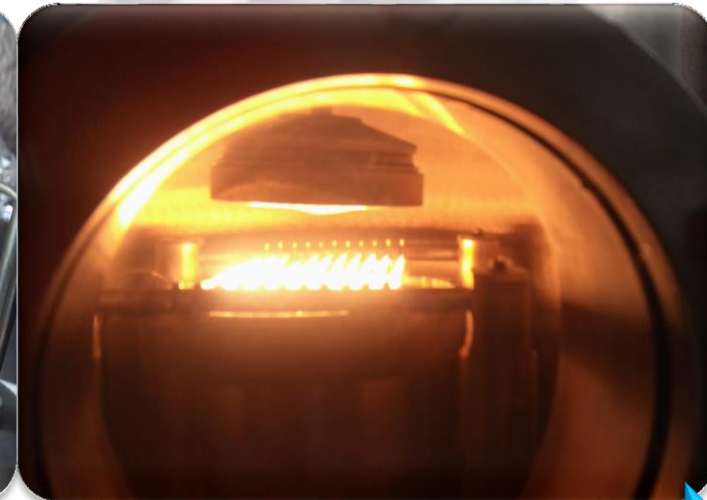
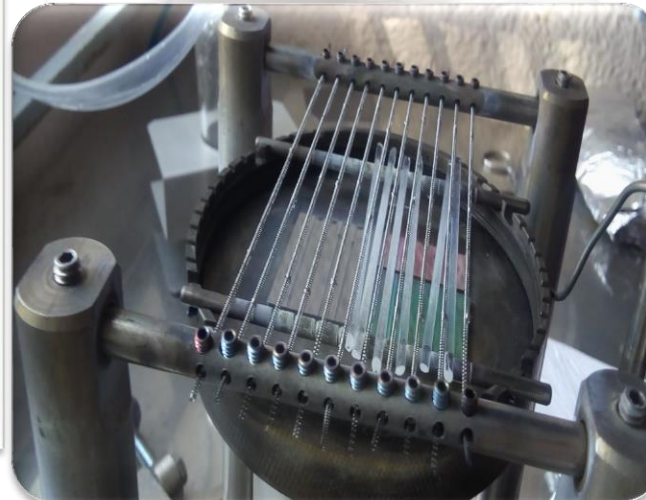
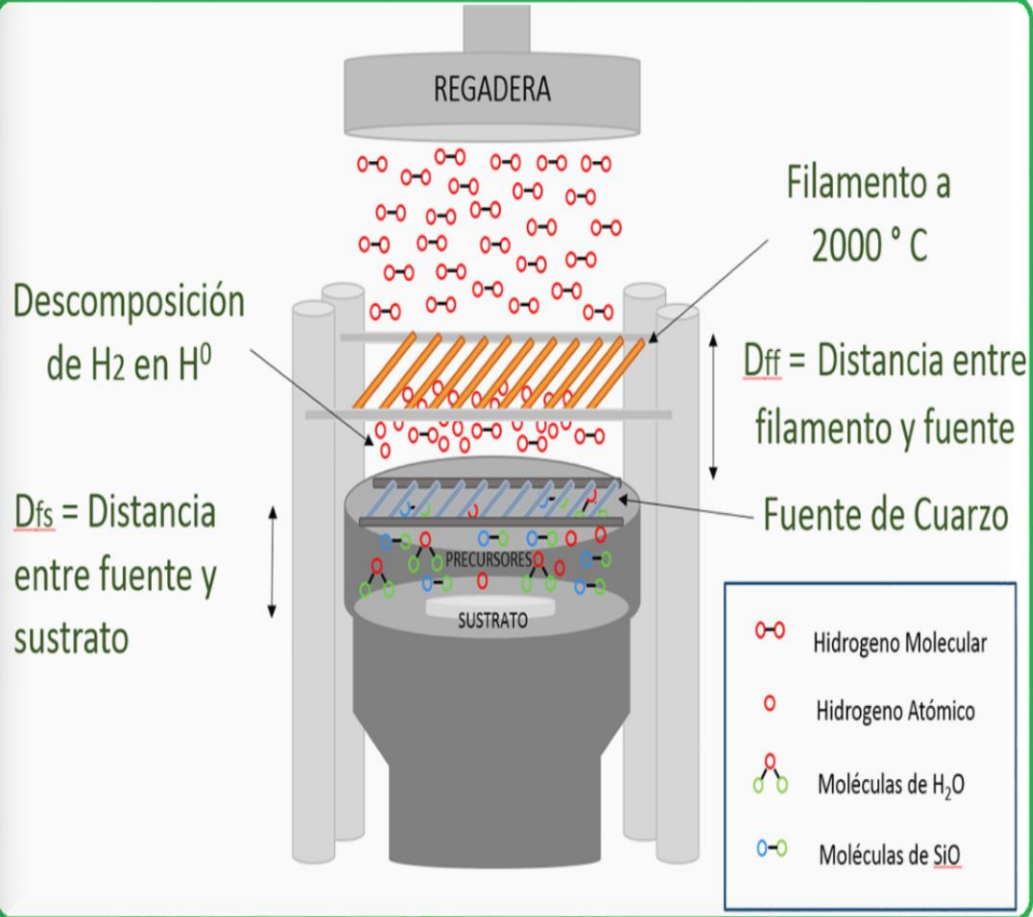
ECORFAN®

Introducción

# Técnica HFCVD



## Reactor vertical HFCVD





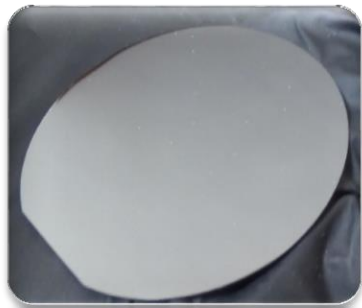
ECORFAN®



## Fabricación de las películas de SRO

### Selección del material

Oblea de silicio de 4" tipo P, orientación 100, baja resistividad 1-5  $\Omega$ -cm, espesor de 550 micras.



### LPCVD

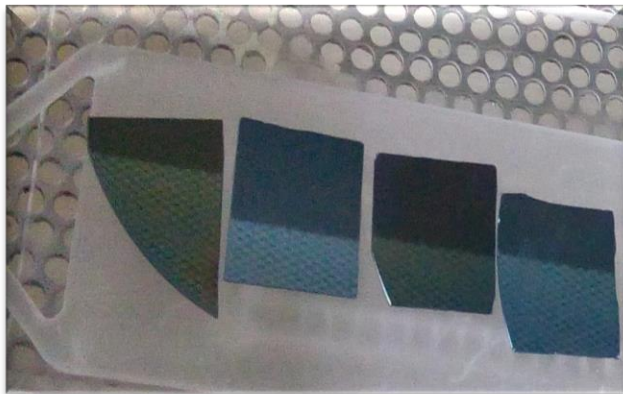
10	Ro=10 sTT o cTT
25	Ro=25 sTT o cTT

### Proceso de limpieza CMOS



Desengrasado  
 Solución H<sub>2</sub>O:HF 7:1. 10 s.  
 3 Enjuagues Agua D.I.  
 RCA 1 17min.  
 RCA 2 17 min

### Depósitos del SRO Ro=10 y Ro=25



**Depósito de SRO:**  
 Temperatura: 736°C  
 Presión SiH<sub>4</sub>= 0.92 torr, F= 5.1 slpm.  
**Ro=10**  
 Presión N<sub>2</sub>O= 0.31 torr, F=3.4 slpm.  
 Tiempo de depósito:17 minutos.  
**Ro=25**  
 Presión N<sub>2</sub>O= 0.76 torr, F=4 slpm.  
 Tiempo de depósito: 30.5 minutos

### Tratamiento térmico

Temperatura : 1100°C  
 Flujo de Nitrógeno: 150 s.s.  
 Tiempo de depósito: 180 mins

### Caracterizaciones

**Ópticas:**  
 Elipsometría Nula  
 FTIR  
 Fotoluminiscencia  
**Estructurales:**  
 SEM  
 HRTEM



ECORFAN®

Metodología

# TECNICA HFCVD



## Fabricación de las películas SRO

### Selección del material

Oblea de silicio de 2" tipo P, orientación 100, baja resistividad 1-5  $\Omega$ , espesor de 300 micras.



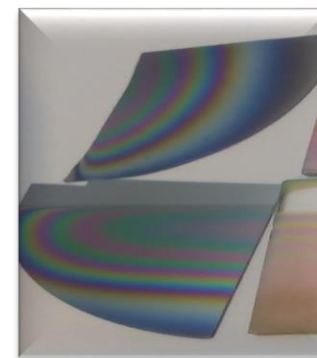
HFCVD		
25	F=25	SRO <sub>25</sub>
100	F=100	SRO <sub>100</sub>

### Proceso de limpieza CMOS



Desengrasado  
Solución H<sub>2</sub>O:HF 7:1. 10 s.  
3 Enjuagues Agua D.I.  
RCA 1 17min.  
RCA 2 17 min

### Depósitos del SRO SRO<sub>25</sub> y SRO<sub>100</sub>



Depósito de SRO:  
Temp.: 650°C  
Dist. 8mm.  
3 minutos  
F<sub>H</sub>= de 25 sccm  
F<sub>H</sub>= de 100 sccm

### Tratamiento térmico

Temperatura : 1100°C  
Flujo de Nitrógeno  
Tiempo de depósito: 60 mins

### Caracterizaciones

**Ópticas:**  
Elipsometría Nula  
FTIR  
Fotoluminiscencia  
**Estructurales:**  
SEM  
HRTEM



ECORFAN®

# Caracterizaciones SRO-LPCVD vs SRO-HFCVD

## Resultados y discusión

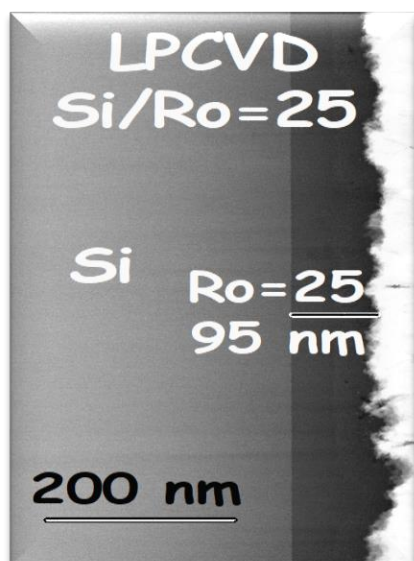
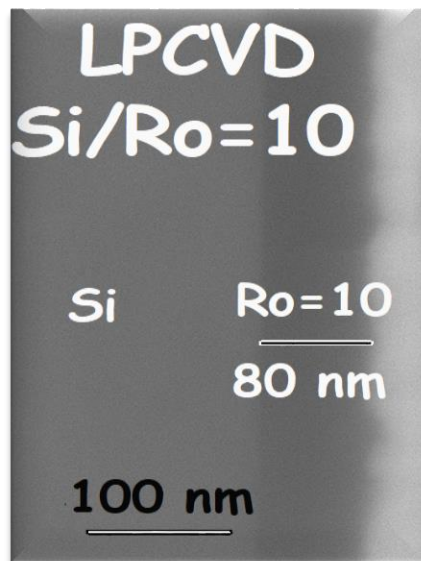


Tabla 1. Espesores, índices de refracción y excesos de silicio.

Técnica	Película	Espesores (nm)		Índice de Refracción ( $\eta$ )		Exceso de Silicio %
		STT	CTT	STT	CTT	
LPCVD	RO=10	89.7±9.80	76.3±5.40	1.69±0.07	1.72±0.01	16
	RO=25	105.9±7.5	90.3±2.00	1.55±0.08	1.57±0.03	14.2
HFCVD	SRO25	322.9±2.6	296.3±2.10	2.46±0.03	1.3±0.04	5.5
	SRO100	319.6±4.7	283.5±3.20	2.039±0.35	1.3±0.08	5.0

### Ópticas:

- ✓ Elipsometría Nula
- ✓ FTIR
- ✓ Fotoluminiscencia



Elipsómetro Fairfield  
Modelo NJ 07004-2113

### Estructurales:

- ✓ SEM
- ✓ HRTEM

(SEM) JEOL-JSM-7800F



CONICORFAN®

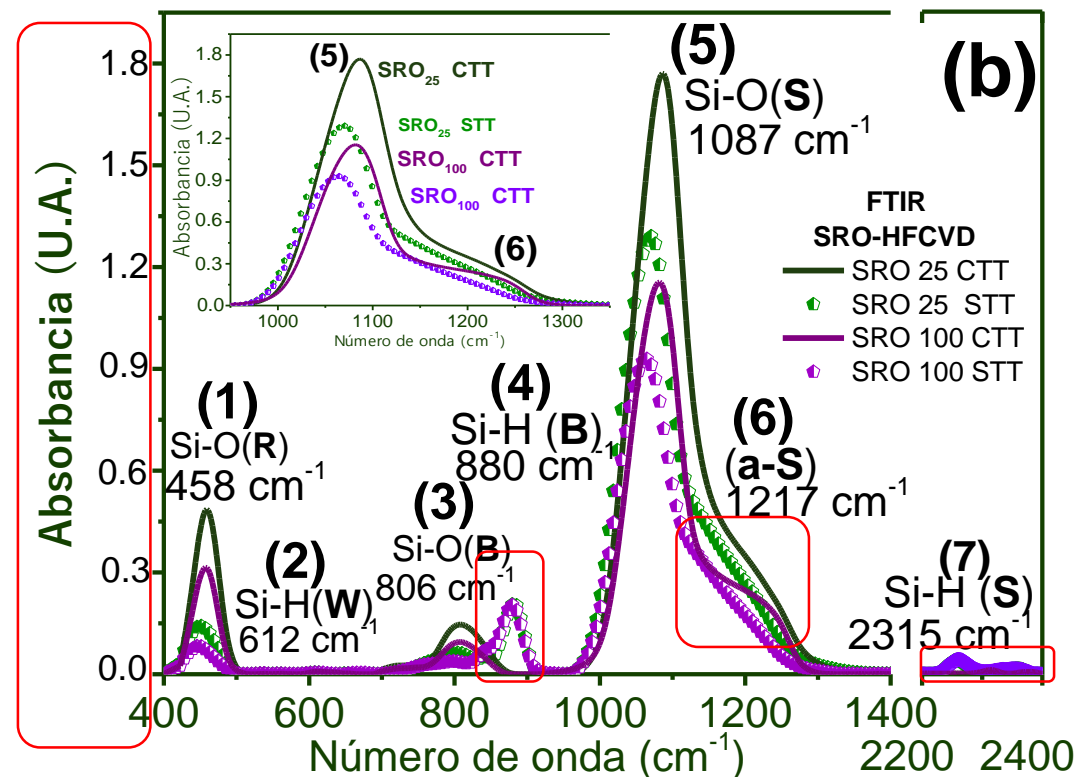
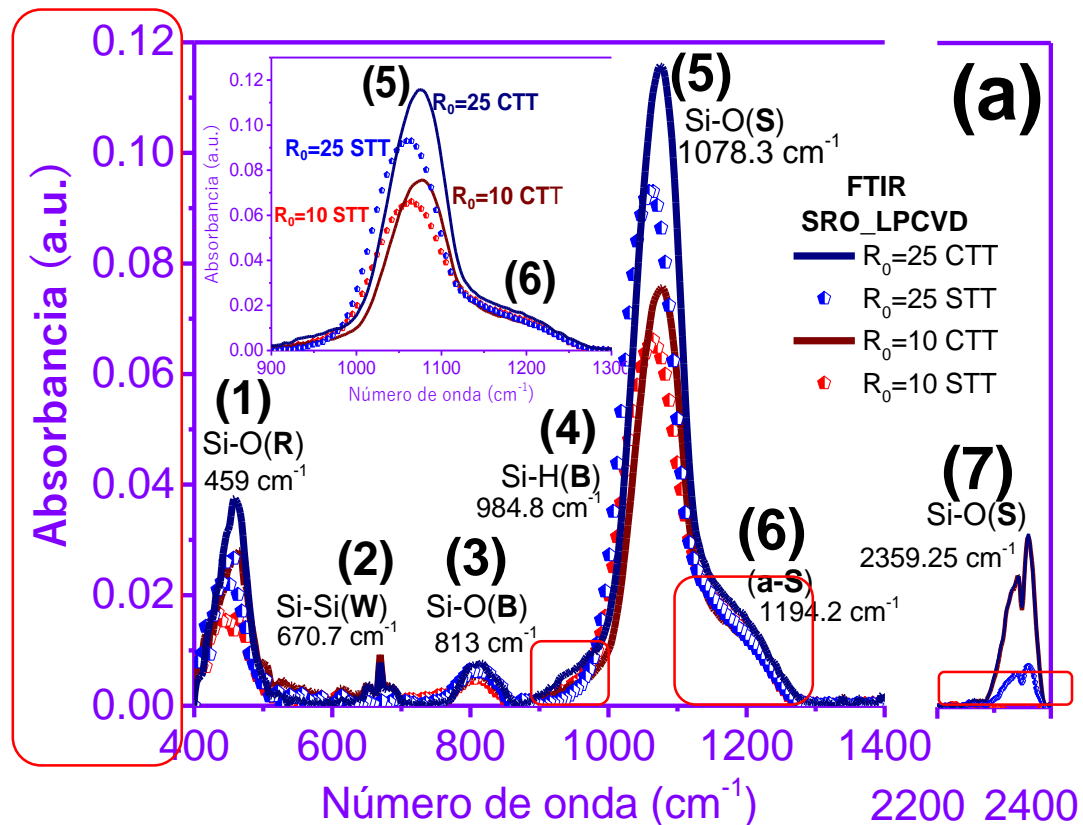
# Caracterizaciones SRO-LPCVD vs SRO-HFCVD



## Ópticas:

- ✓ Elipsometría Nula
- ✓ FTIR
- ✓ Fotoluminiscencia

Resultados y discusión



Espectrofotómetro Bruker Vector 22 con fuente de infrarrojo





# Caracterizaciones SRO-LPCVD vs SRO-HFCVD



## Ópticas:

- ✓ Elipsometría Nula
- ✓ **FTIR**
- ✓ Fotoluminiscencia

*Modos de vibración de los espectros de FTIR del SiO<sub>2</sub>.*

Modos de vibración	Antes del tratamiento térmico				SiO <sub>2</sub>	Después del tratamiento térmico			
	R <sub>0</sub> =25	R <sub>0</sub> =10	SRO <sub>25</sub>	SRO <sub>100</sub>		R <sub>0</sub> =25	R <sub>0</sub> =10	SRO <sub>25</sub>	SRO <sub>100</sub>
	Numero de onda cm <sup>-1</sup>								
(1) Si-O-Si en SiO <sub>2</sub> Balanceo (R) [3,6]	455	439	449	449	458	459	466	459	458
(2) Si-H Meneo (W) [4,6]	609	609	609	609		669	669	612	612
(3) Si-O-Si en SiO <sub>2</sub> Doblamiento (B) [3,5,6]	809	809	881	881	812	818	818	808	808
(4) Si-H Doblamiento (B) [3,6]	938	936	-	-		942	943	-	-
(5) Si-O-Si en SiO <sub>2</sub> Estiramiento en fase (S) [3,4,6]	1061	1065	1070	1062	1082	1082	1088	1086	1083
(6) Si-O-Si Estiramiento fuera de fase (a-S) [3,6]	1173	1168	1174	1171	1177	1191	1195	1227	1240
(7) Si-H Estiramiento(S) [4,5]	2261	2261				2313	2313		



ECORFAN®

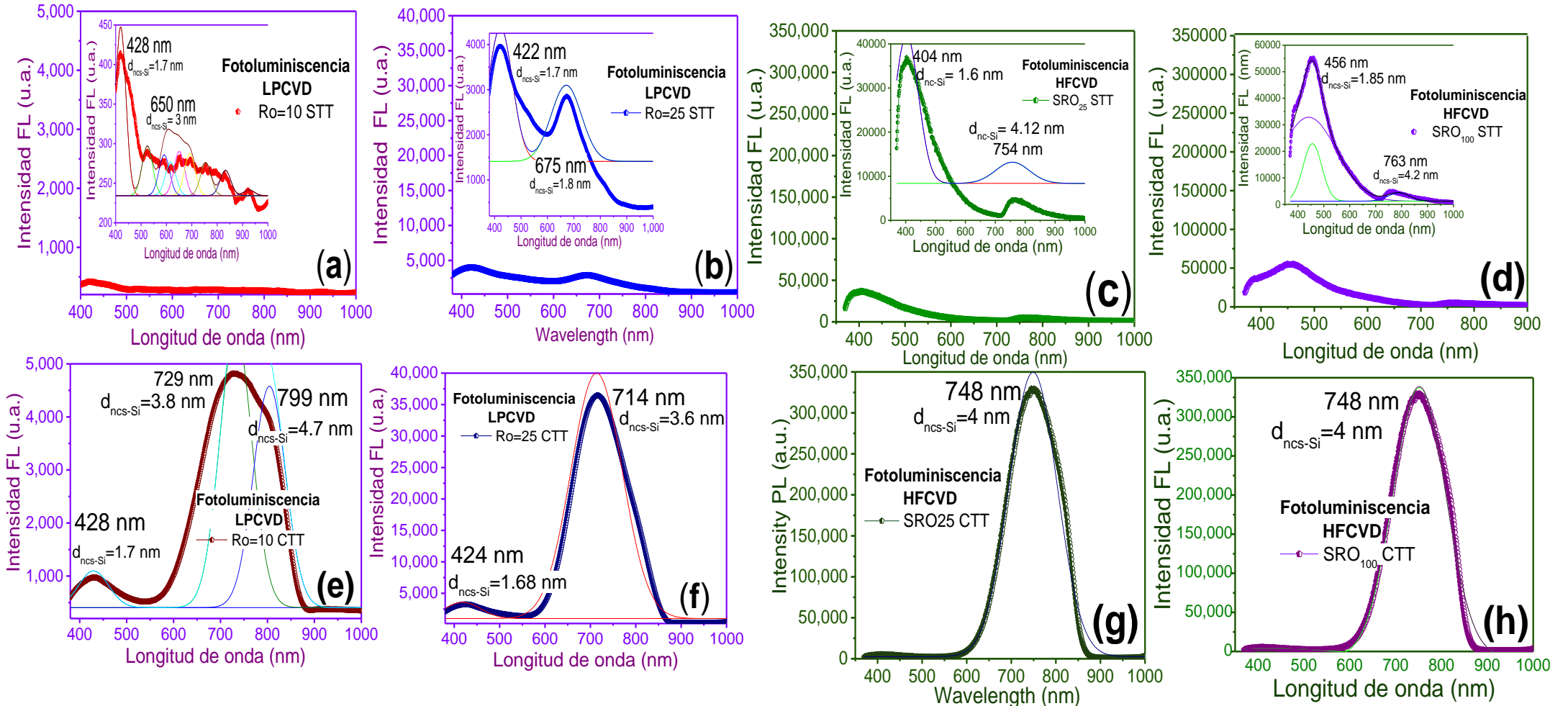
# Caracterizaciones SRO-LPCVD vs SRO-HFCVD



## Ópticas:

- ✓ Elipsometría Nula
- ✓ FTIR
- ✓ **Fotoluminiscencia**

Resultados y discusión



# Caracterizaciones SRO-LPCVD vs SRO-HFCVD

## Ópticas:

- ✓ Elipsometría Nula
- ✓ FTIR
- ✓ **Fotoluminiscencia**

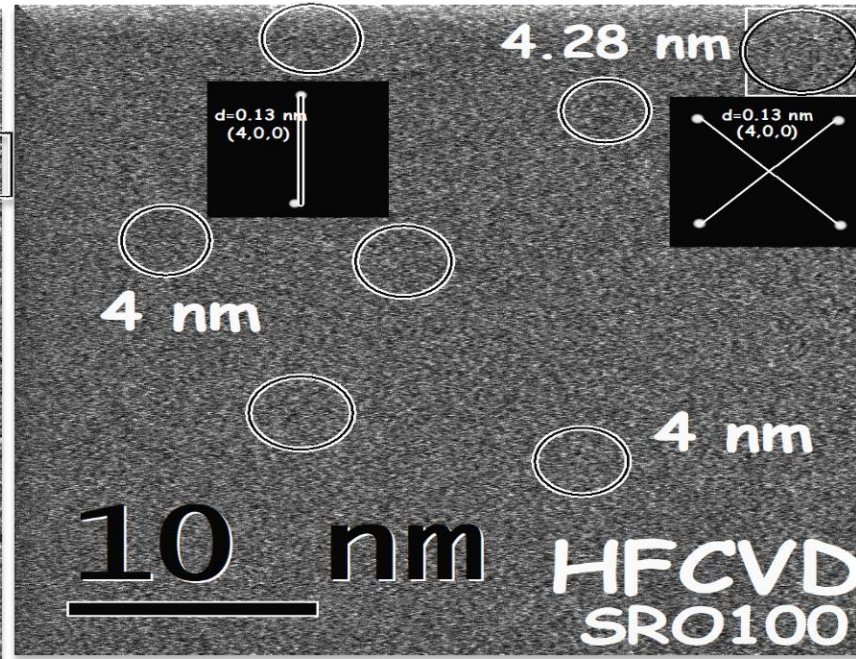
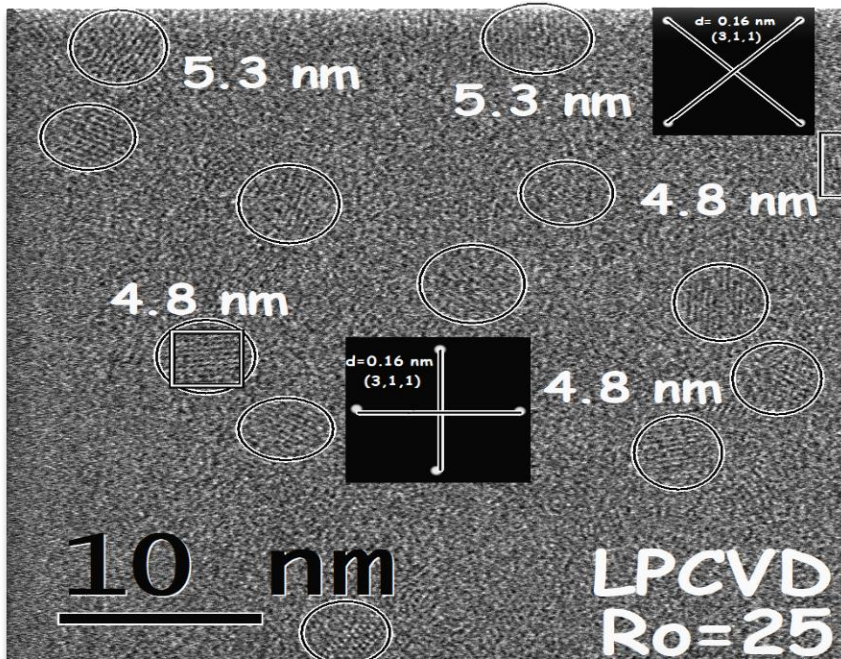
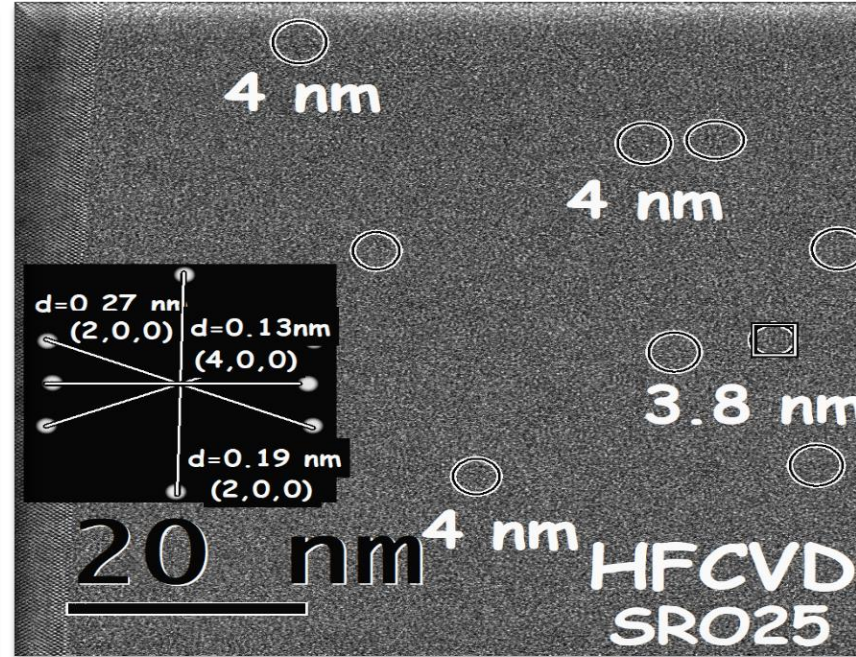
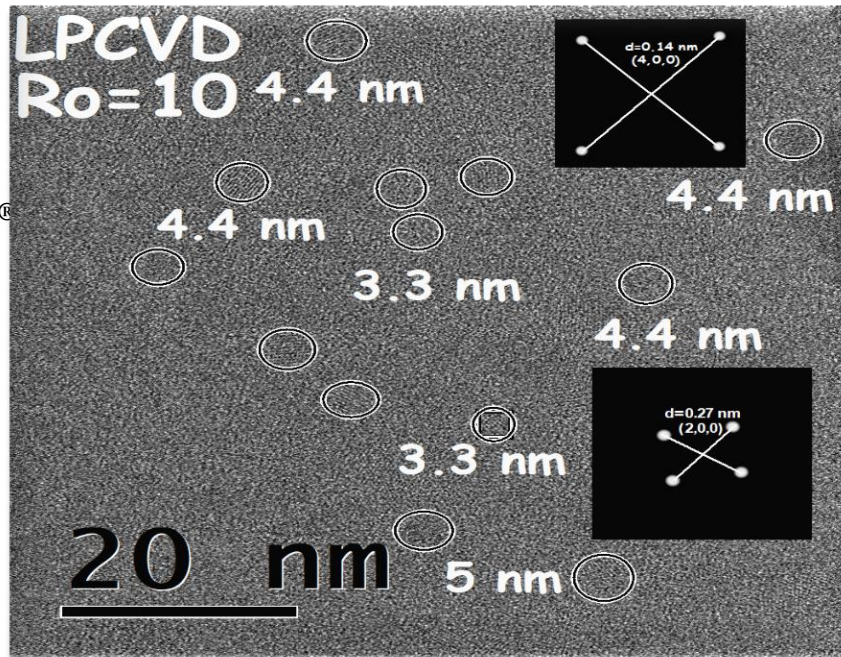
Posición	Mecanismos de emisión
Desde 1.77 a 1.24 eV Infrarojo	(CLI) Centros Luminiscentes localizados en la interfaces de nc-Si/SiO <sub>2</sub>
Desde 1.99 a 1.77 eV Rojo	(QC) Efecto de confinamiento cuántico con la interacción en la interfaz de los nc-Siy la matriz de óxido.
Desde 2.2 a 1.99 eV Naranja y rojo	(NBOHC) Centros huecos de oxígeno no enlazado y centros $E' \equiv \text{Si}-\text{O} \bullet \text{O} \equiv \text{Si}^+$
Desde 2.51 a 2.07 eV Verde y amarillo	( $E\delta'$ ) Vacancias de oxígeno cargados positivamente
Desde 2.72 a 2.51 eV Azul	(NOV) ( $\text{O} \equiv \text{Si}-\text{Si} \equiv \text{O}$ ) Vacancias neutrales de oxígeno
Desde 3.17 a 2.72 eV Violeta	(WOB) Enlaces débiles de oxígeno



CONACYT

Resultados y discusión

# Caracterizaciones SRO-LPCVD vs SRO-HFCVD



Estructurales:

✓ SEM

✓ HRTEM

Técnica	Película	Diametro de Ncs-Si CTT
LPCVD	RO=10	4.15±0.85
	RO=25	5.05±0.25
HFCVD	SRO25	3.90±0.10
	SRO100	4.14±0.14

(TEM) JEM-ARM200F

## Comparación de las propiedades ópticas y estructurales de las películas SRO-LPCVD y SRO-HFCVD.

### Elipsometría nula y SEM

- ✓ Las películas SRO-LPCVD son más delgadas que las películas SRO-HFCVD.
- ✓ Las películas SRO-LPCVD tienen más exceso de silicio que las películas SRO-HFCVD.

### FTIR

- ✓ Las películas-HFCVD presentan mayor intensidad de absorción y cantidad de defectos relacionados con el oxígeno-hidrógeno STT que las películas-LPCVD.

### Fotoluminiscencia

- ✓ Las películas SRO-HFCVD tienen mayor intensidad FL que las películas-LPCVD.
- ✓ Ambas películas SRO-HFCVD y SRO-LPCVD sTT presentan un pico en el violeta (390-455 nm); enlaces débiles de oxígeno ((WOB)
- ✓ Ambas películas SRO-HFCVD y SRO-LPCVD cTT presentan picos intensos el roja (622 y 780 nm), debido a NBOHC, Centros  $E' \equiv \text{Si}-\text{O}\cdot\text{O}\equiv\text{Si}^+$  y Efectos de CQ con interacción de la interface de los nc-Si y la matriz de óxido y CLI de nc-Si/SiO<sub>2</sub>

### HRTEM

- ✓ Así mismo en las cuatro películas cTT todas presentaron ncs-Si de un tamaño en 3 y 5 nm.



ECORFAN®



# Referencias

- [1] Canham, L. T. (1990). Silicon quantum wire array fabrication by electrochemical and chemical dissolution of wafers.
- [2] Hsuan-Ta Wu, *et al.*, (2019) Al-Doped ZnO/Silicon-rich Oxide Superlattices with High Room-Temperature Thermoelectric Figure of Merit.
- [3] Luna-López, J. A., *et al.*, (2010). FTIR, AFM and PL properties of thin SiO<sub>x</sub> films deposited by HFCVD. *Materials Science and Engineering: B*, 174(1-3), 88-92.
- [4] Mingming Li *et al.*, (2019). The evolution of PL properties of hydrogenated Si-rich silicon carbide/amorphous carbon nano-multilayer films grown by PECVD
- [5] A.O. Zamchiy, *et al.*, (2018). Effect of annealing in oxidizing atmosphere on optical and structural properties of silicon suboxide thin films obtained.
- [6] J.R. Ramos-Serrano, *et al.*, (2019). Luminescent silicon oxycarbide thin films obtained with monomethylsilane by hot-wire chemical vapor deposition.

# Acknowledgements

This work has been partially supported by CONACyT-CB-255062 and VIEP-LULJ-EXC-2019. The authors acknowledge CIDS, INAOE (Pablo Alarcón, V. Aca Aca, A. Hernández Flores, A. Itzmoyotl Toxqui and I. Juárez Ramírez) ICUAP Dr. Enrique Gonzalez Vergara, Mtra. María Yadira Rosas Bravo.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)