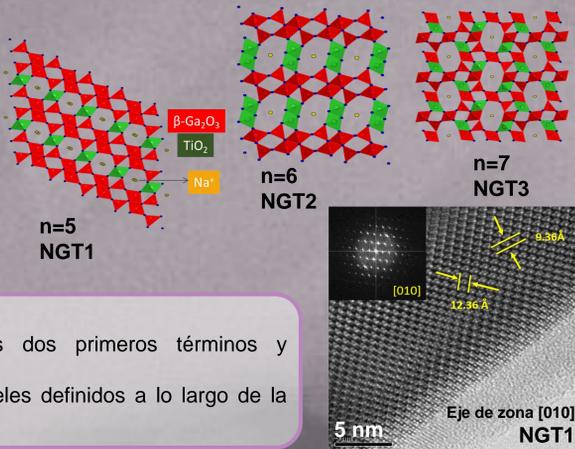
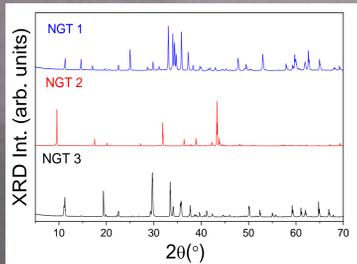


MOTIVACIÓN

En los últimos años se ha visto incrementado el estudio de nuevos materiales para aplicaciones en energía. Uno de los materiales semiconductores más estudiados actualmente con ese objetivo es el óxido de galio. Sus características, como son su banda de energía prohibida (*band gap*) muy ancha y el campo de ruptura (*breakdown field*), le aportan ventajas sobre otros materiales funcionales a la hora de utilizar ciertas propiedades ópticas y electrónicas por medio del diseño de defectos^{1,2}.

SÍNTESIS

$(4+x)/2 \text{ Ga}_2\text{O}_3 + (n-4-x) \text{ TiO}_2 + x/2 \text{ Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Na}_x\text{Ga}_{4+x}\text{Ti}_{n-4-x}\text{O}_{2n-2}$
Realizando diferentes tratamientos térmicos obtenemos los tres primeros términos de la serie homóloga para $n = 5, 6$ y 7 con $x \approx 0.7$
Formado a partir de unidades $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (tetraédricas y octaédricas) con unidades octaédricas de TiO_2 .



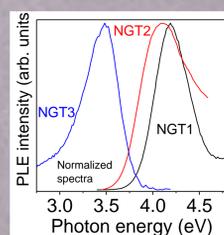
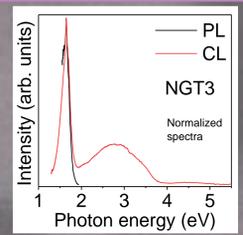
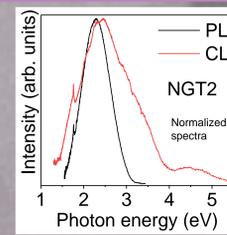
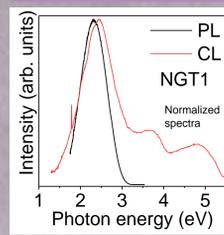
Fases puras y cristalinas.

Dos fases monoclinicas para los dos primeros términos y ortorrómbica para el último término. Con HRTEM se han observado túneles definidos a lo largo de la dirección cristalográfica [010].

$\text{Na}_x\text{Ga}_{4+x}\text{Ti}_{n-4-x}\text{O}_{2n-2}$

LUMINISCENCIA

Con el fin de analizar las propiedades luminiscentes de estos materiales se han llevado a cabo estudios de cathodoluminiscencia (CL) fotoluminiscencia (PL) y PL de excitación (PLE).



NGT1: banda ancha centrada en 2.4 eV así como dos bandas menos intensas en 3.7 eV y 4.8 eV.

NGT2: banda centrada en 2.5 eV y una única banda menos intensa en 4.5 eV.

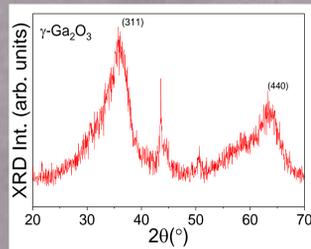
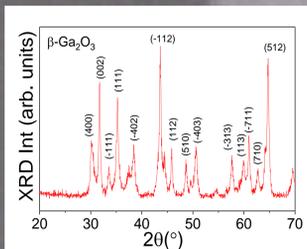
Este tipo de bandas suelen estar asociada a defectos intrínsecos del material.

NGT3: desplazamiento hacia el IR, banda centrada en 1.6 eV y una banda menos intensa en 2.8 eV.

PLE: banda de energía prohibida (*band gap*) $E_{g1} = 4.2$ eV, $E_{g2} = 4.1$ eV y $E_{g3} = 3.5$ eV.

SÍNTESIS

Disolvemos $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y añadimos poco a poco NH_4OH (ammonium hydroxide) hasta que precipita y alcanza un pH básico. Al filtrarlo obtenemos polvos de partida. Realizando diferentes tratamientos térmicos obtenemos nanopartículas de dos fases (β y γ) de Ga_2O_3 .³

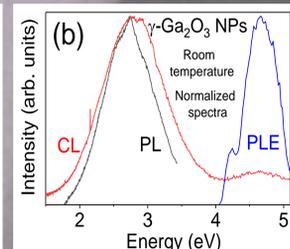
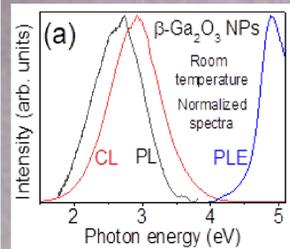


Se han obtenido dos fases puras. Fase β - monoclinica y fase γ - cúbica. Tamaños promedio de partícula de 30 nm para β - y de 10 nm para γ -.

Ga_2O_3

LUMINISCENCIA

Se han realizado estudios de luminiscencia para conocer mejor el comportamiento de estas fases y las posibles aplicaciones en energía. Las propiedades de la fase estable β -son conocidas en masivo. La fase γ nanoestructurada requiere de más estudios para conocer sus posibles aplicaciones en energía.



Banda de CL centrada en 4.7 eV coincidente con el espectro de PLE, relacionada con transiciones interbanda, en el caso de la fase γ -.

En la fase β - obtenemos un gap de 4.9 eV. En ambas fases, bandas centradas en 2.7-2.9 eV en CL y PL

PLACAS SOLARES HIBRIDAS

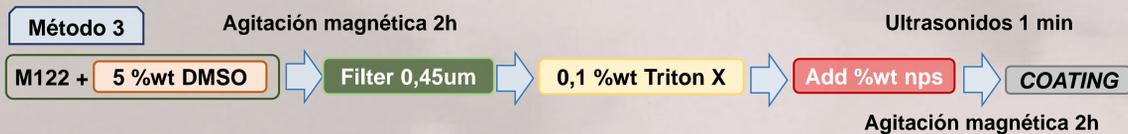
La nanopartículas de óxido de galio se han implementado en PEDOT:PSS, material orgánico base para la fabricación de placas solares híbridas. Se han realizado tres métodos de síntesis diferente con PEDOT:PSS y las nanopartículas de Ga_2O_3 en las dos fases sintetizadas. Una vez realizada la mezcla se ha llevado a cabo el depósito de una lámina delgada en una oblea de Silicio tipo n mediante spin coating, con el posterior tratamiento térmico para evaporar el agua restante del PEDOT:PSS¹.

Se ha realizado un estudio de estas obleas de silicio mediante técnicas como *photoconductance decay method by quasi steady-state photoconductance* (QSSPC) donde obtenemos los tiempos de vida media, así como medidas de *sheet resistance* y absorción óptica. También se han llevado a cabo curvas I-V realizando contactos de Ag en la oblea de Si con el material, para caracterizar la conducción del material.

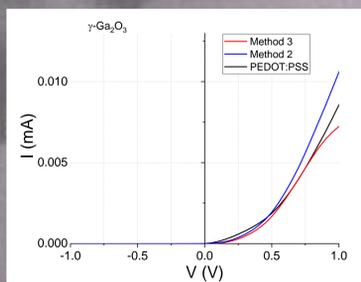
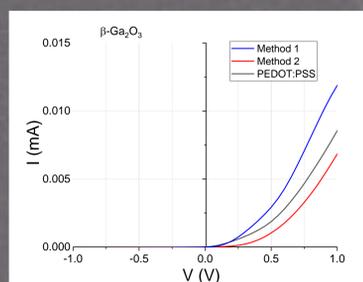
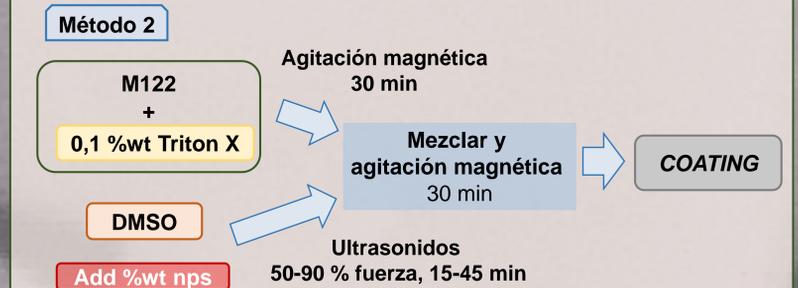
Método 1



Método 3



Método 2



Muestra	Método	Sheet R (KΩ/sq)	τ (μ s)
$\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$	1	1.15±0.10	288
	2	1.13±0.10	301
$\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$	3	5.15±0.10	335
	2	3.17±0.10	309
PEDOT-REFERENCE		0.75±0.10	310

Mayores tiempos de vida y homogeneidad en el *spin coating* de la fase $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ con el método 3. Valores bajos de *sheet resistance* para la fase $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$. Se ha observado una absorción óptica similar en todos los recubrimientos realizados. Valores en las curvas I-V muy similares entre sí, aunque mejores resultados para el método 1 en la fase β - y método 2 para la fase γ -.

CONCLUSIONES

- A partir de síntesis química, se han obtenido los tres primeros términos de beta galia rutilo, así como dos fases del óxido de galio (β y γ) en forma de nanopartículas.
- Se han caracterizado ambos materiales mediante técnicas de XRD y HRTEM.
- Se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo de sus propiedades luminiscentes.
- En el caso de las nanopartículas de óxido de galio se ha realizado un *composite* con PEDOT:PSS llevando a cabo un análisis de sus propiedades para futuras aplicaciones en placas solares híbridas.

REFERENCIAS

- García-Tecedor M, Karazhanov SZ, Vásquez GC, et al. Silicon surface passivation by PEDOT: PSS functionalized by SnO₂ and TiO₂ nanoparticles. *Nanotechnology*. 2018;29(3). doi:10.1088/1361-6528/aa9c9e
- Sanford S, Misture ST, Edwards DD. A comparison of the photocatalytic activity of six tunneled titanates. *J Solid State Chem*. 2013;200:189-196. doi:10.1016/j.jssc.2012.12.036
- Li L, Ma B, Xie H, Yue M, Cong R, Gao W, et al. Photocatalytic H₂ evolution for α -, β -, γ -Ga₂O₃ and suppression of hydrolysis of γ -Ga₂O₃ by adjusting pH, adding a sacrificial agent or loading a cocatalyst. *RSC Adv* 2016;6:59450-6. doi:10.1039/c6ra10693e.