Thresholdless nanoscale coaxial lasers

Alvarado Zacarías JC, Camacho Gonzales GF, Giménez Gordillo OA, Sánchez Cristobal E.

Índice.

- Introducción.
- Diseño de la cavidad.
- Proceso de Fabricación.
- Funcionalidad del diseño.

Introducción.

- Nano-láser se refiere al tamaño de la cavidad, es decir, cuando apenas es de unos cuantos nanómetros.
- Con este tipo de cavidades es posible obtener longitudes de onda mayores al tamaño de la cavidad (micras).
- Theresholdless idealmente ocurre cuando cada fotón emitido por el medio de ganancia es confinado al modo de laseo.

¿Por qué nanoláseres?

- La investigación en este campo tiene el objetivo de desarrollar el nanoláser ideal (escalable, bajo umbral de laseo, eficiente fuente de radiación a temperatura ambiente y que ocupe un espacio pequeño en un chip)
- La generación coherente de radiación a partir de cavidades resonantes de sub-longitudes de onda ha ocasionado gran interés por su aplicación en chips para comunicaciones ópticas.

Situación Actual

- Hasta el momento se han propuesto diferentes tipos de cavidades, pero al hacer el tamaño más pequeño incrementa el umbral de potencia para laseo.

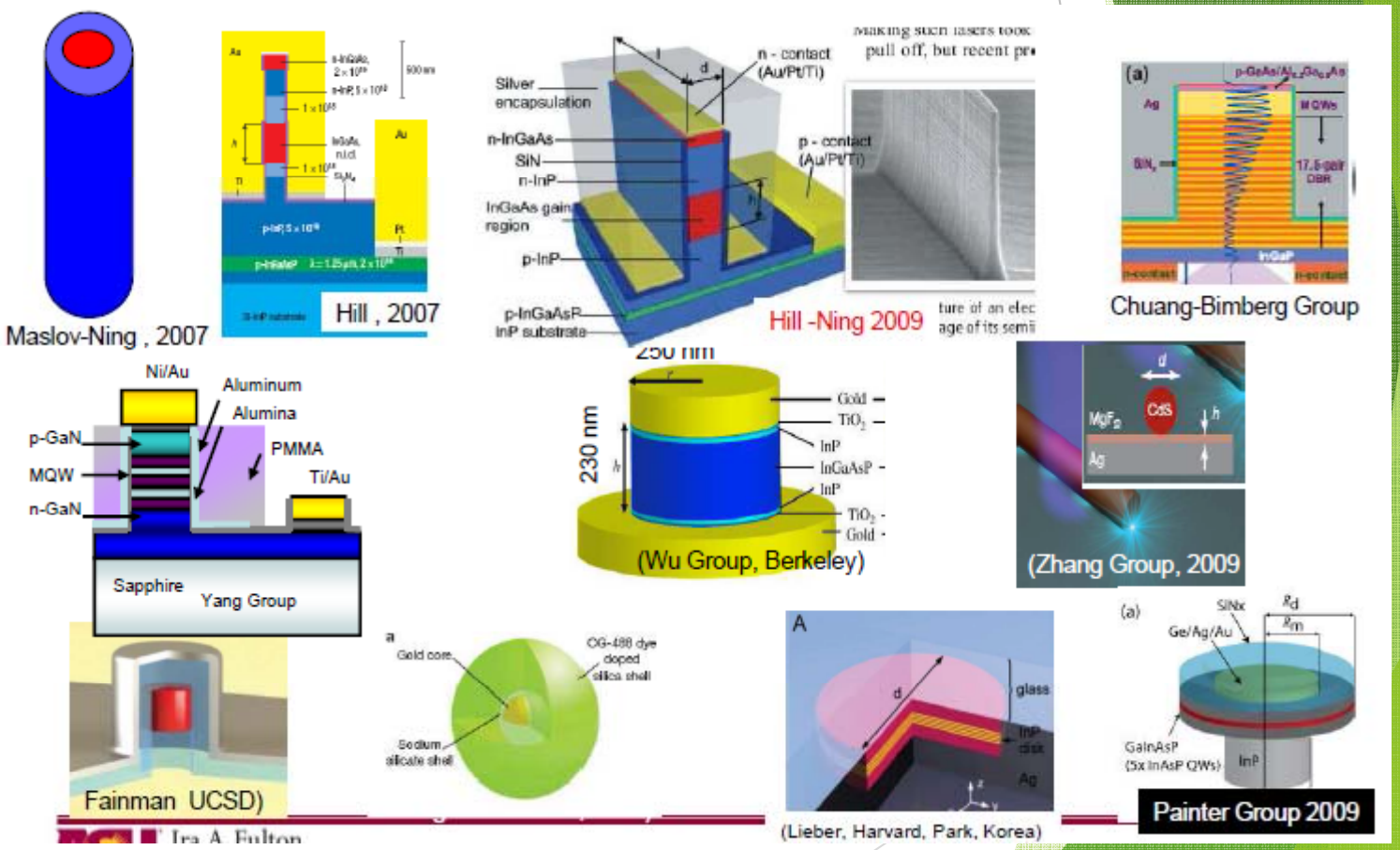


Diagrama de nanocavidad.

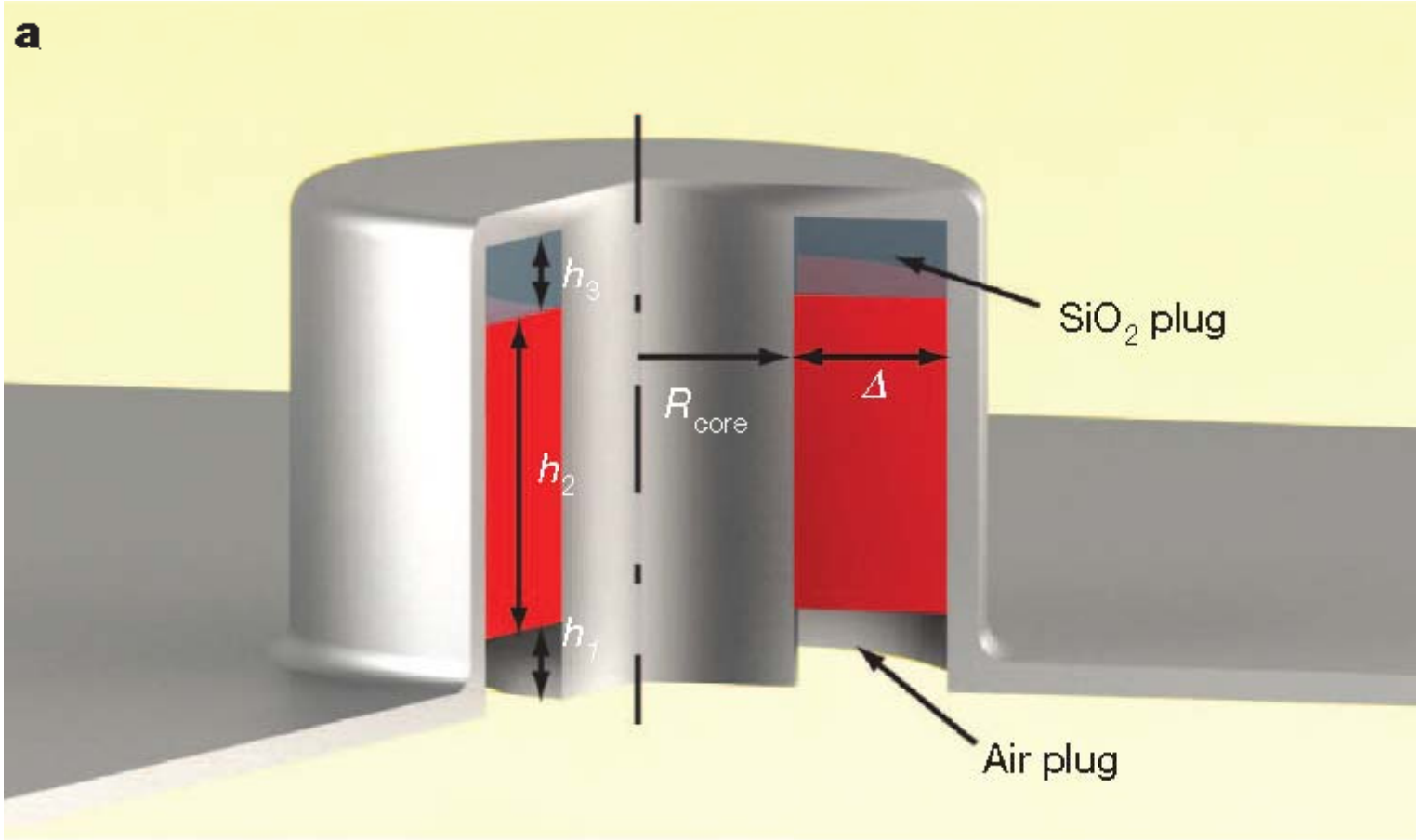
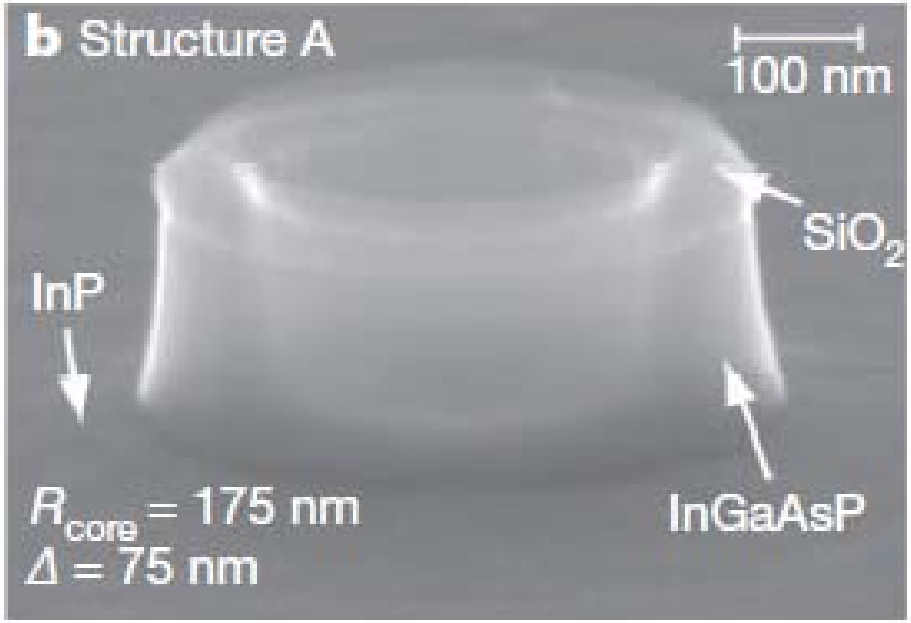
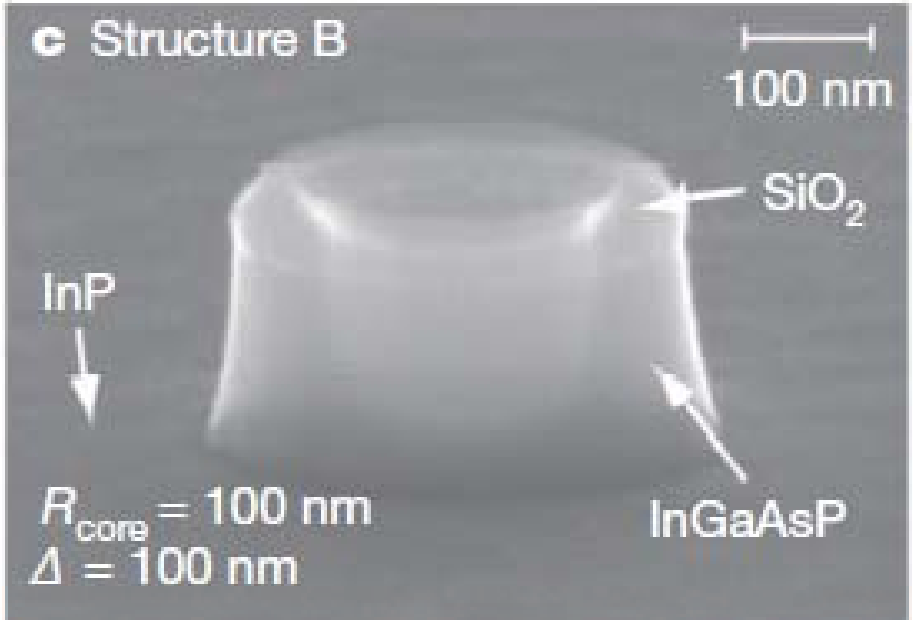


Diagrama de la nanocavidad coaxial. El medio de ganancia se muestra en rojo.

Proceso de fabricación.


b Structure A
100 nm
SiO2
InP
InGaAsP
Rcore = 175 nm
Δ = 75 nm


c Structure B
100 nm
SiO2
InP
InGaAsP
Rcore = 100 nm
Δ = 100 nm

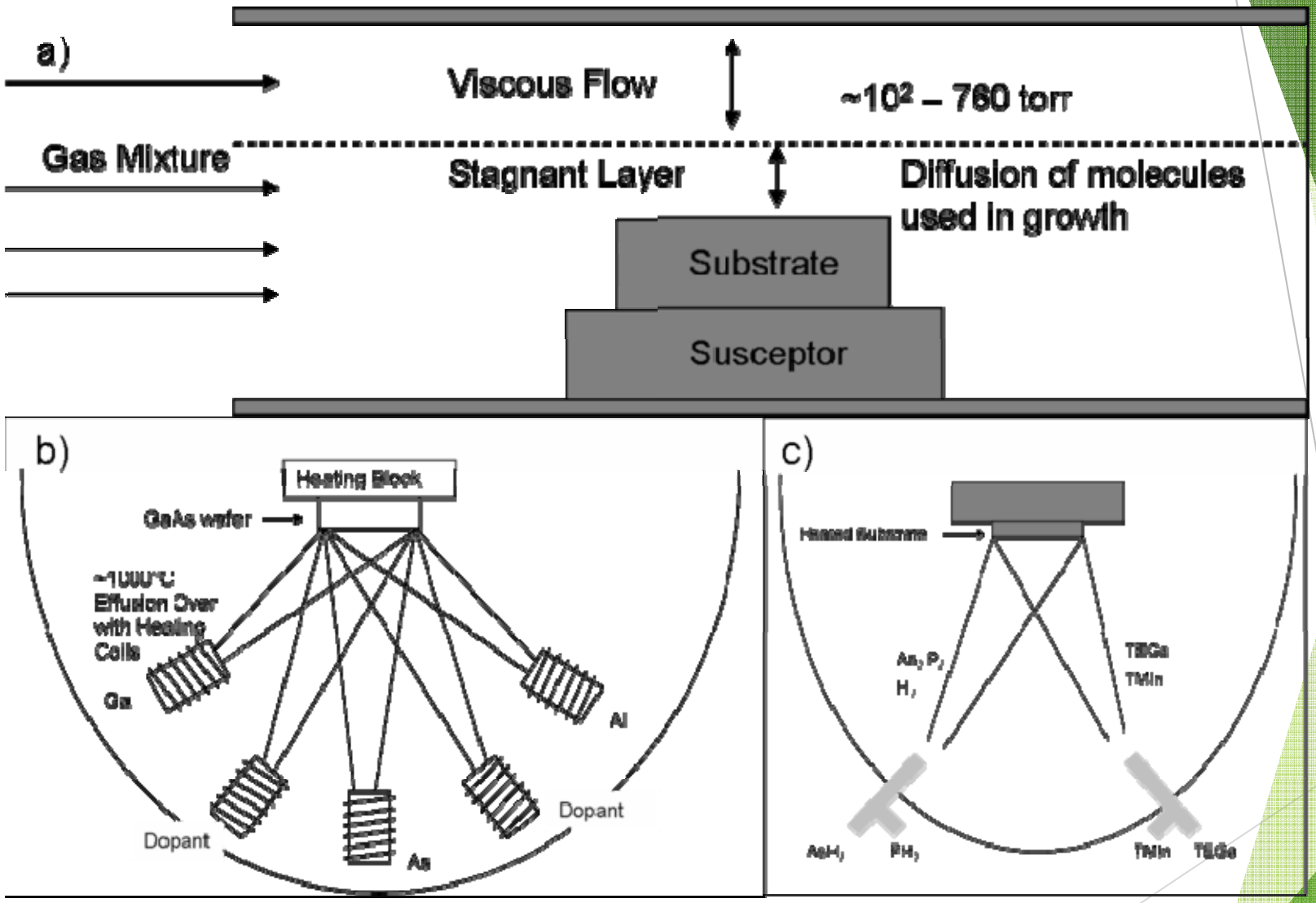
1. Deposición de 6 pozos cuánticos de

$In_{x=0.734}Ga_{1-x}As_{y=0.57}P_{1-y}$ (20 nm)

$In_{x=0.56}Ga_{1-x}As_{y=0.938}P_{1-y}$ (10 nm)

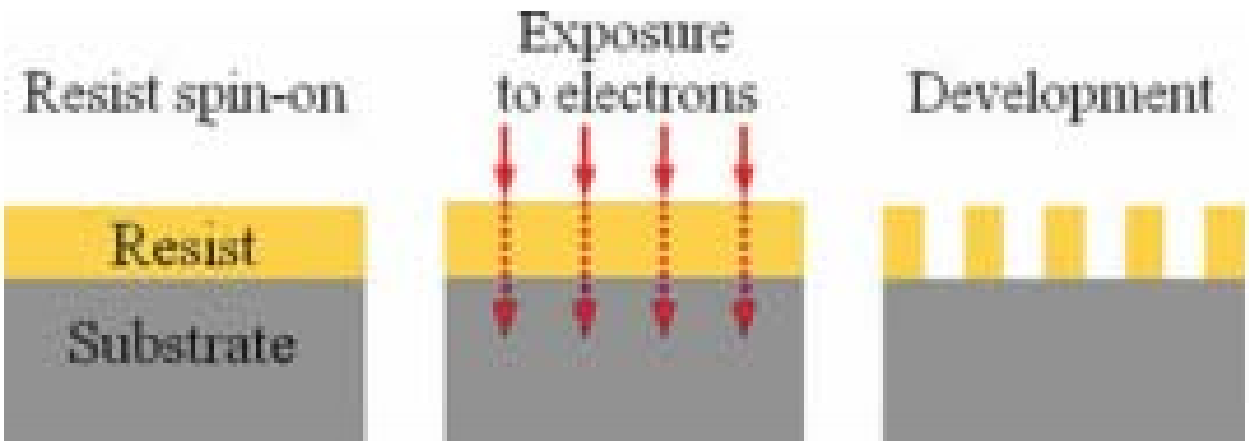
de 200nm de altura crecidos sobre un substrato tipo-*p* de InP de 300µm de espesor, mediante la técnica de Molecular Beam Epitaxy que permite ir creciendo capas atómicas de cada material.

Por protección los pozos van cubiertos con una capa de InP de 10nm.

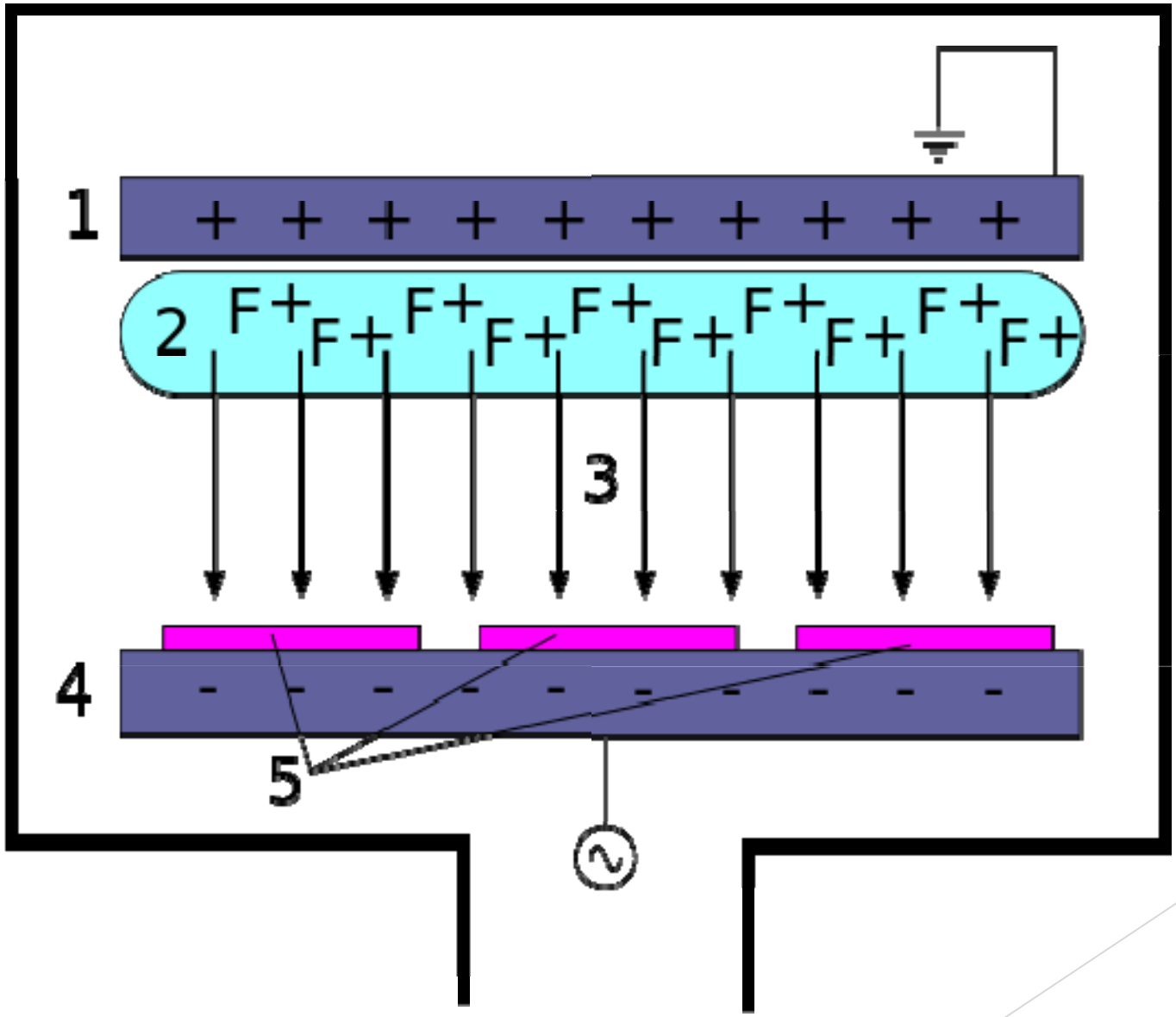

a)
Viscous Flow
~10² – 760 torr
Gas Mixture
Stagnant Layer
Diffusion of molecules used in growth
Substrate
Susceptor
b)
Heating Block
GaAs wafer
Effusion Over with Heating Cells
Ga
Al
Dopant
As
Dopant
c)
Heated Substrate
TMGa
TMIn
AsH₃
PH₃
TMIn
TEGa

2. Se deposita una capa de 50nm de HSQ que es un resist negativo.

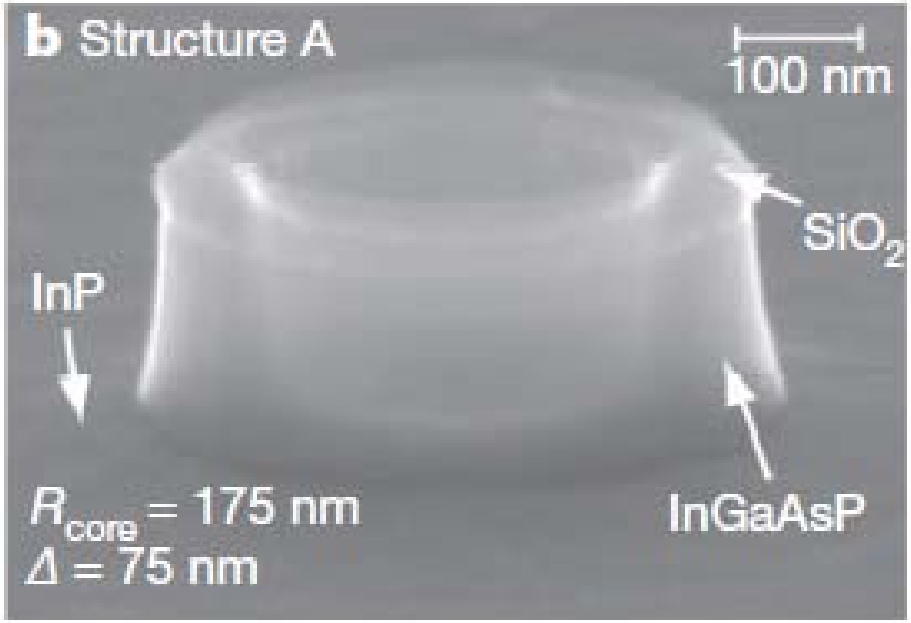
   Sobre esta capa se dibujan los patrones de anillos con diferentes anchos y radios internos mediante la técnica de Electron Beam Exposure. La capa de HSQ expuesta sirve como mascarilla para la siguiente etapa.

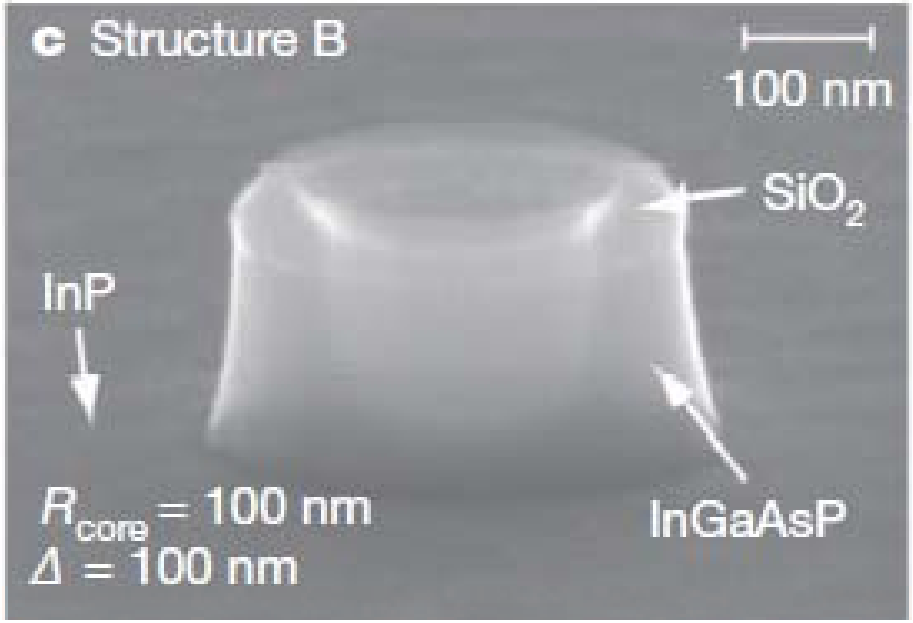


3. En esta etapa se lleva a cabo el proceso de grabado por medio de la técnica de RIE (Reactive Ion Etching). En este proceso se utiliza plasma de H_2:CH_4:Ar para remover InGaAsP y el InP.
4. Después de analizar la muestra con un SEM esta se limpia con plasma de oxígeno.

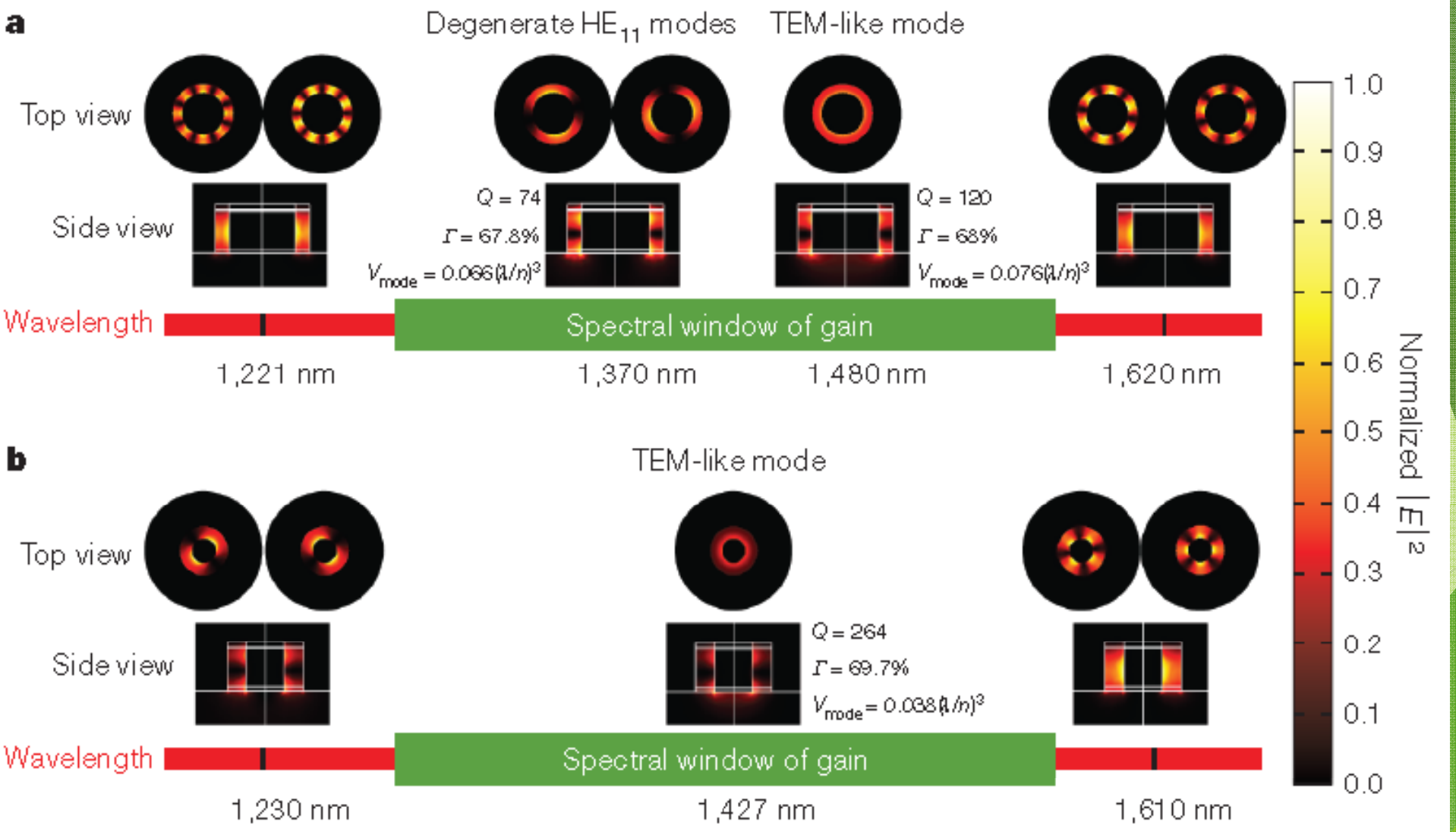

1
2
F+
3
4
5

5. En el penúltimo paso se deposita una capa de una aleación de Plata con 2% de Aluminio mediante la técnica de Electron Beam Evaporation.
6. Finalmente la muestra se pega de cabeza en un wafer de silicio con un adhesivo conductor de plata epóxica y se sumerge en HCl para eliminar todo el substrato de InP y abrir la apertura de aire.

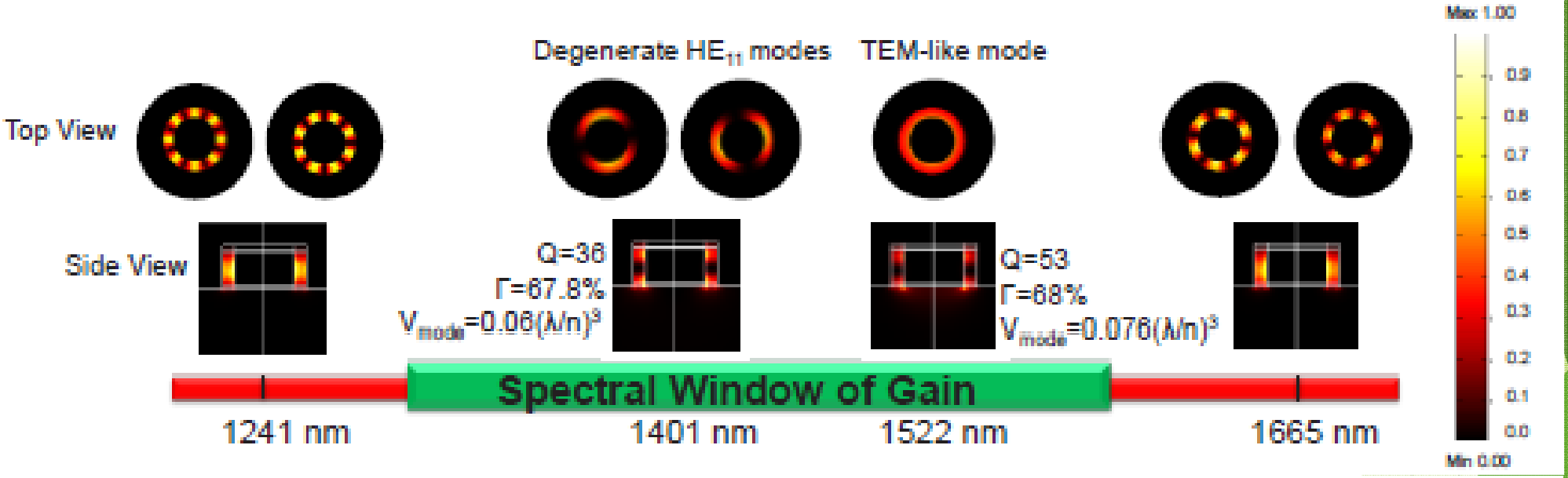

b Structure A
100 nm
SiO2
InP
InGaAsP
Rcore = 175 nm
Δ = 75 nm


c Structure B
100 nm
SiO2
InP
InGaAsP
Rcore = 100 nm
Δ = 100 nm

FUNCIONALIDAD DEL DISEÑO

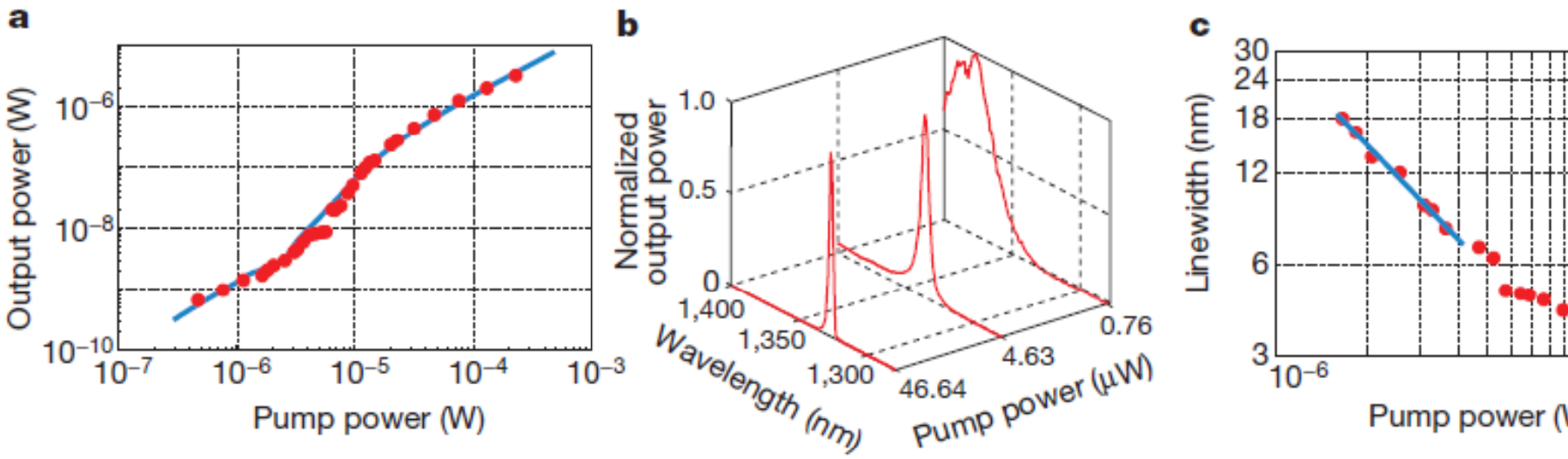


Propiedades electromagnéticas de las cavidades coaxiales. Modos en a) Estructura A a 4.5 K, b) Estructur

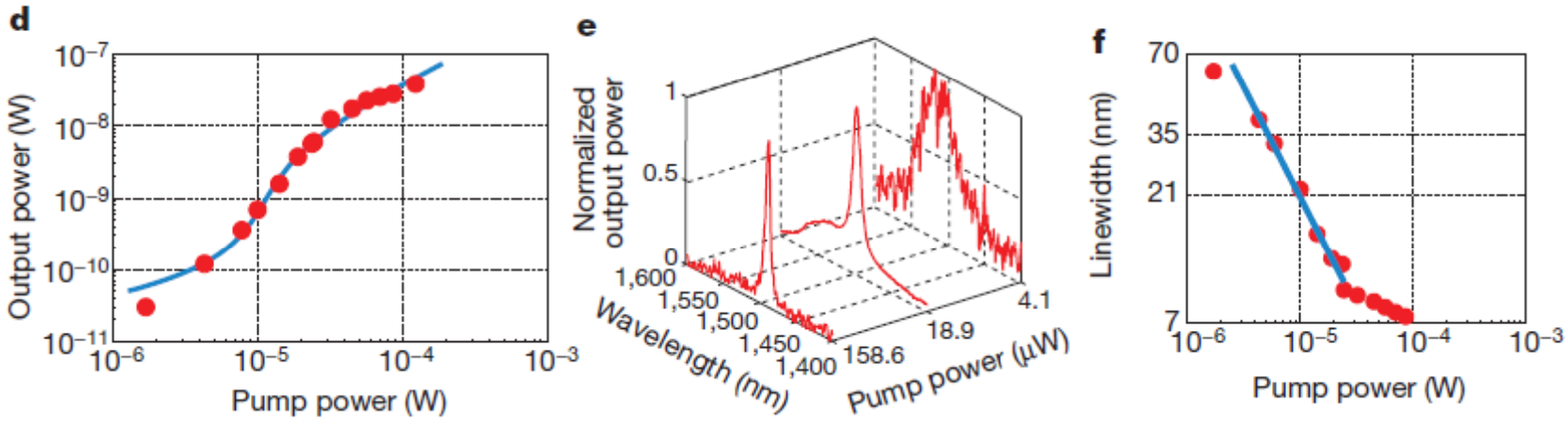


Estructura A a temperatura Ambiente

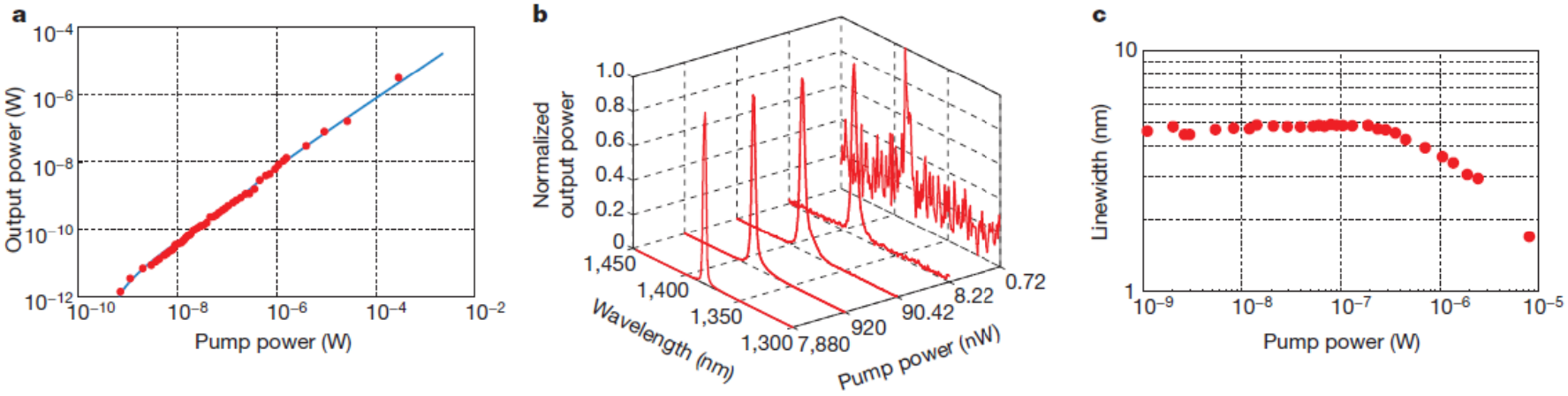
Caracterización Óptica de cavidades coaxiales a nanoescala (A)

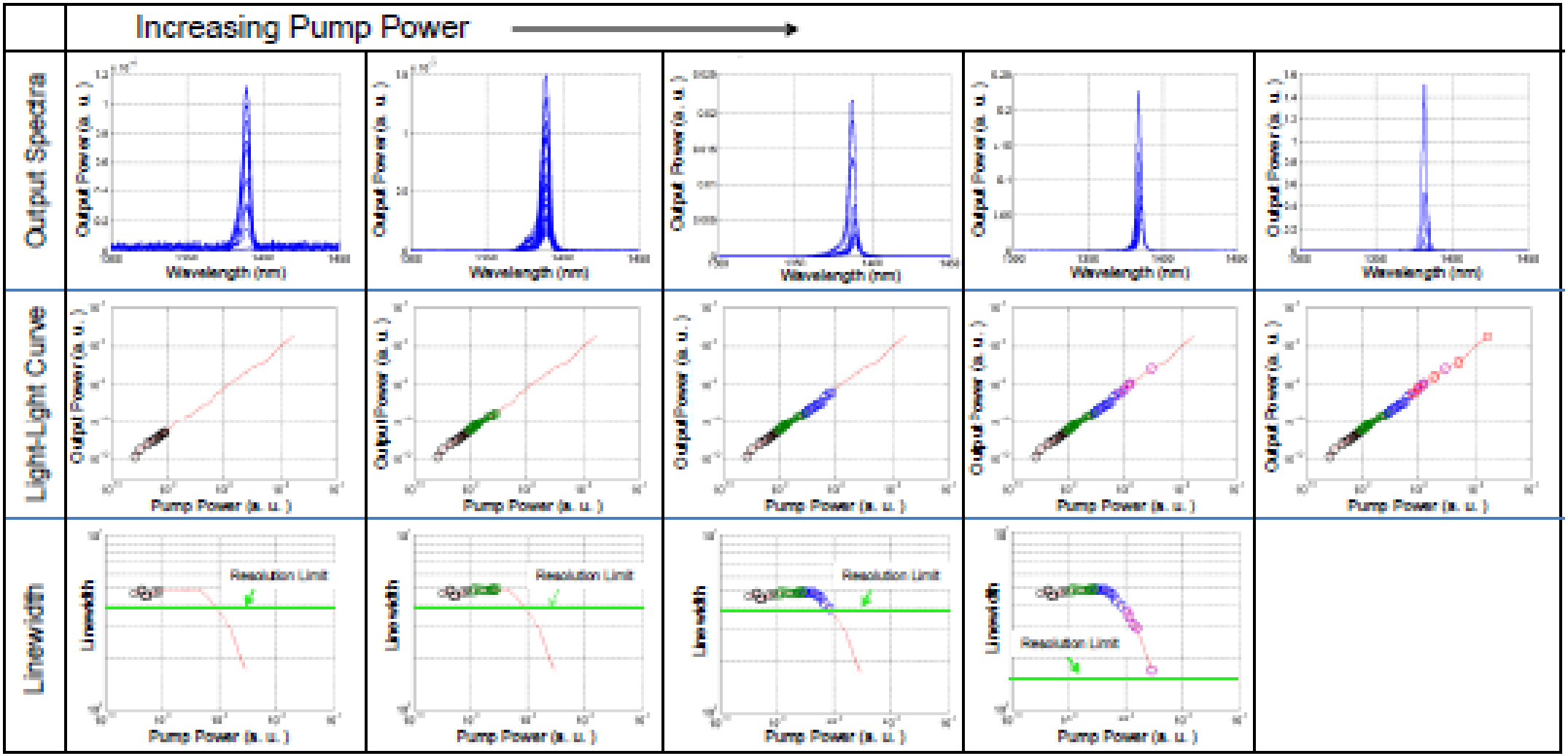


Caracterización Óptica de cavidades coaxiales a nanoescala (A)



Caracterización Óptica de cavidades coaxiales a nanoescala (B) a 4.5 K




Increasing Pump Power
Output Spectra
Light-Light Curve
Linewidth
Output Power (a. u.)
Wavelength (nm)
Pump Power (a. u.)
Linewidth
Resolution Limit

REFERENCIAS

- Threshold nanoscale coaxial lasers, M. Khajavikhan et. al. 2012nature Volumen 482.