

Modelado y simulación de espaciadores nanométricos para su aplicación en dispositivos TPVs de campo cercano

Martin Augusto Reigadas Teran

Universidad Politécnica de Madrid

Septiembre, 2022

Tutor: Pablo García-Linares Fontes
*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,
Automática y Física Aplicada*

Cotutora: Esther López Estrada
Instituto de Energía Solar



Tabla de Contenidos

1 Introducción

2 Consideraciones previas

3 Resultados

4 Conclusiones

Introducción

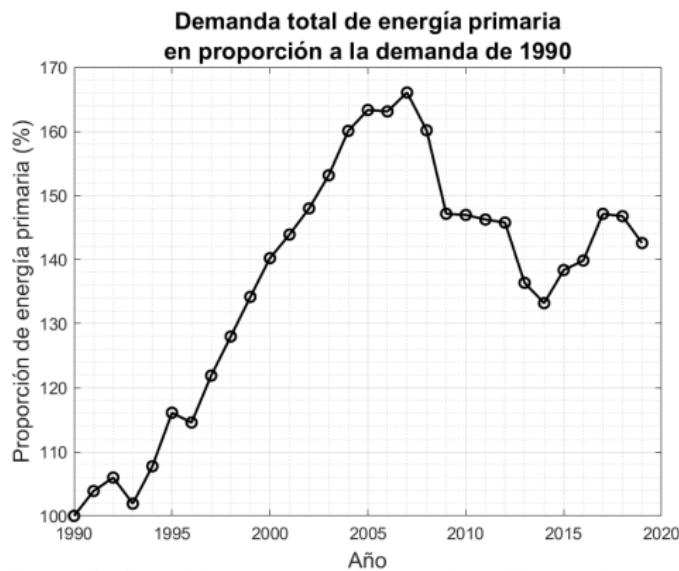
1 Introducción

2 Consideraciones previas

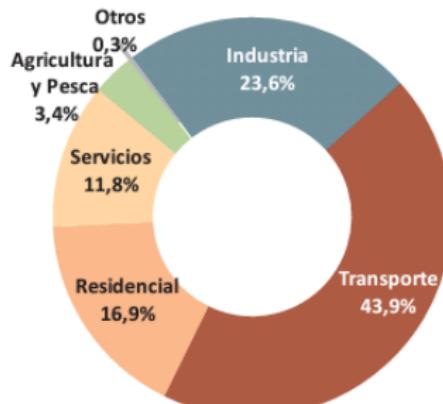
3 Resultados

4 Conclusiones

Introducción

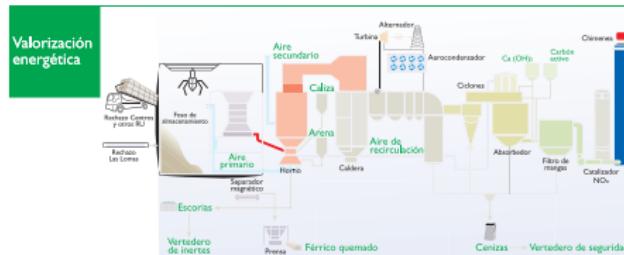


Fuente de datos: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico de España.



Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico de España (2019).

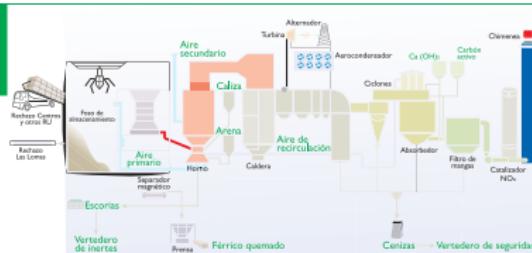
Introducción



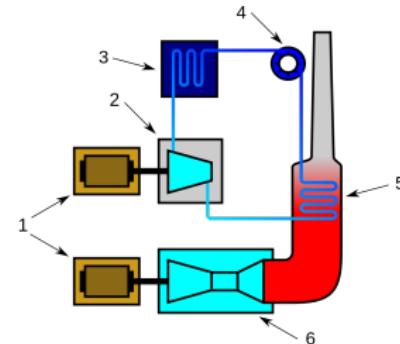
Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Introducción

Valorización energética



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

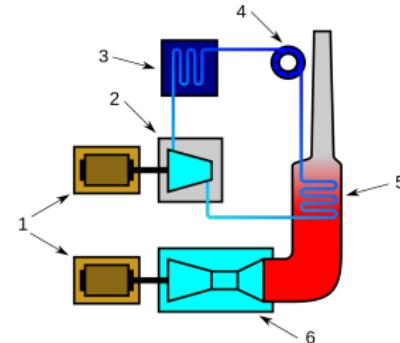


Ciclo combinado. Fuente: Wikipedia.

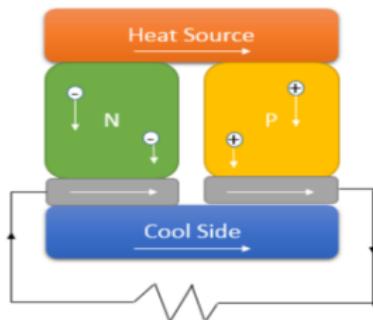
Introducción



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.



Ciclo combinado. Fuente: Wikipedia.

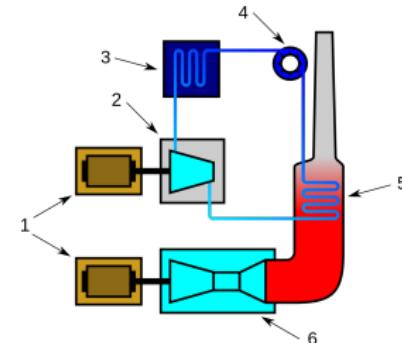


TEG. Fuente: [Adalid, 2016]

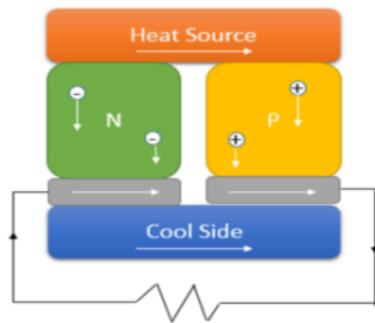
Introducción



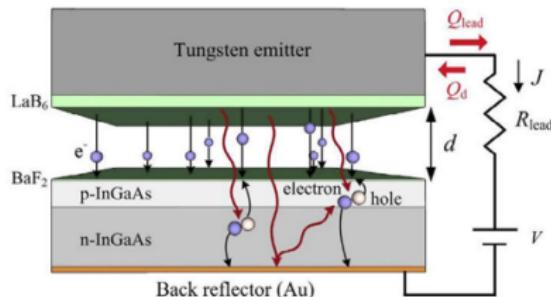
Fuente: Ayuntamiento de Madrid.



Ciclo combinado. Fuente: Wikipedia.

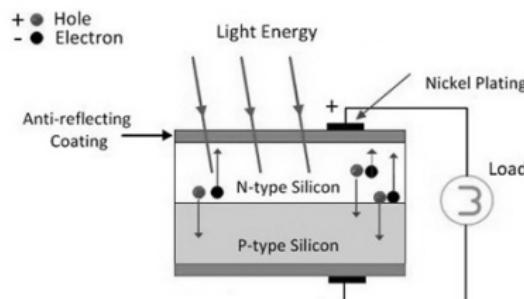


TEG. Fuente: [Adalid, 2016]

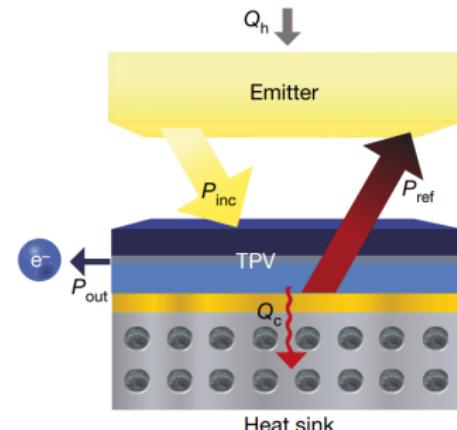


iTPV. Fuente: [Datas and Vaillón, 2019]

Termo-fotovoltaica

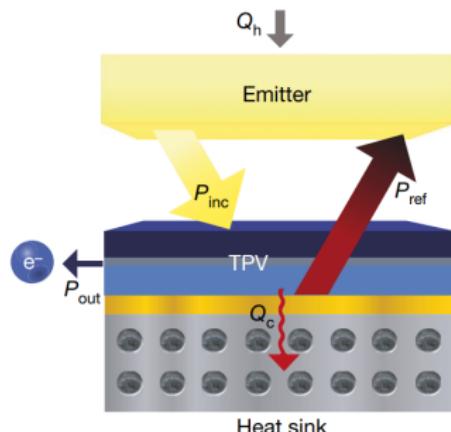


Efecto fotovoltaico. Fuente: [pic,]

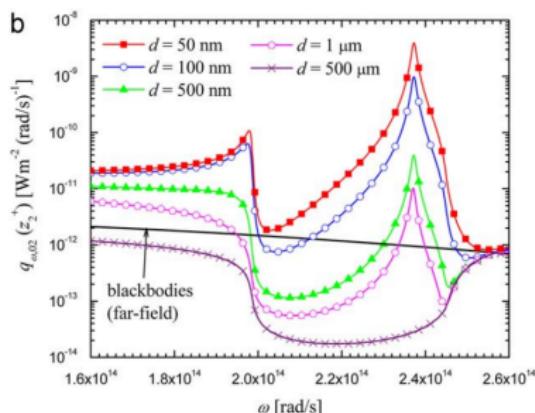


Efecto fotovoltaico. Fuente: [LaPotin et al., 2022]

Efecto de campo cercano



Efecto fotovoltaico. Fuente: [LaPotin et al., 2022]



Radiación campo cercano. Fuente: [Francoeur et al., 2009]

Consideraciones previas

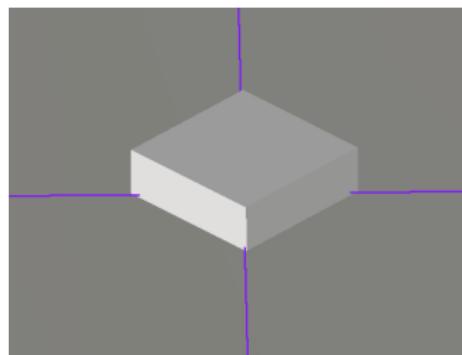
1 Introducción

2 Consideraciones previas

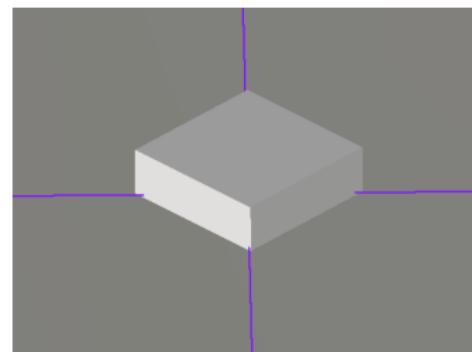
3 Resultados

4 Conclusiones

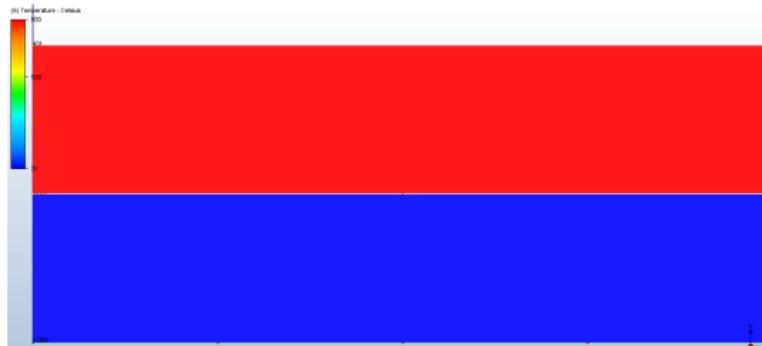
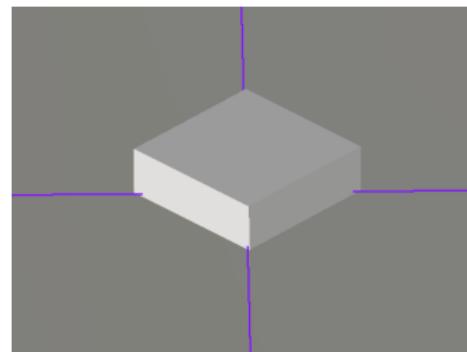
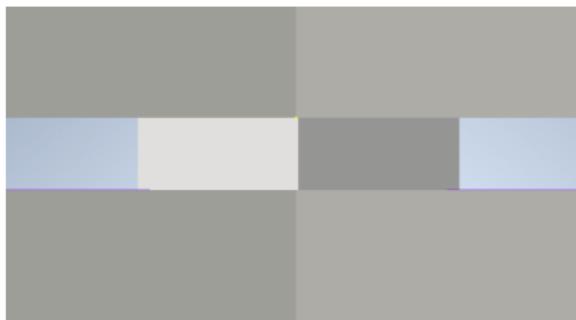
Consideraciones previas



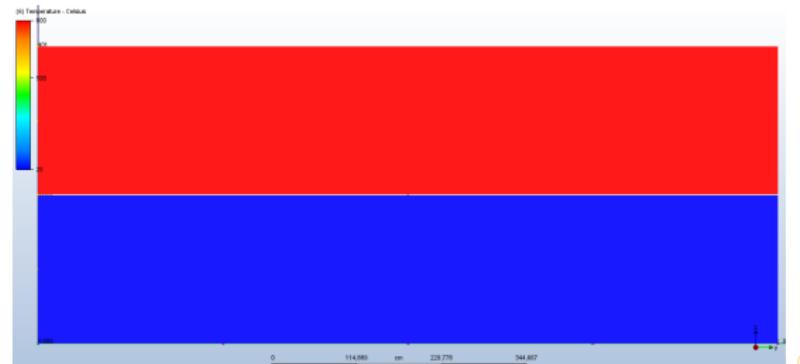
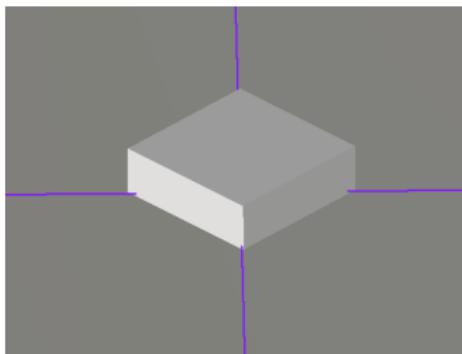
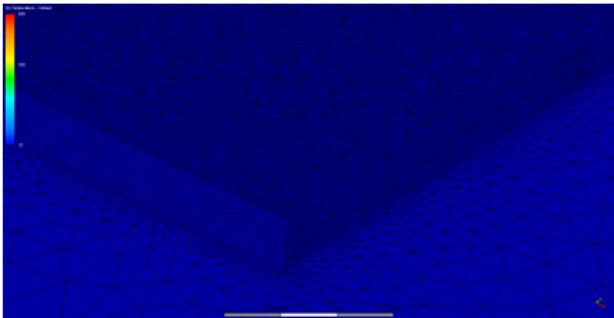
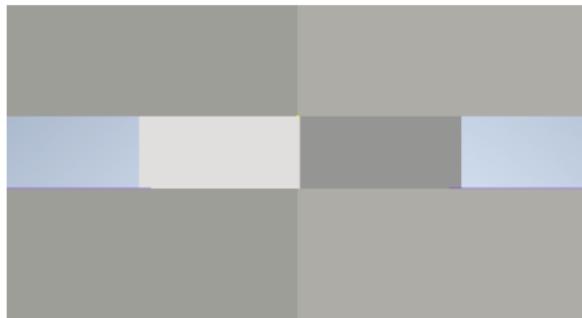
Consideraciones previas



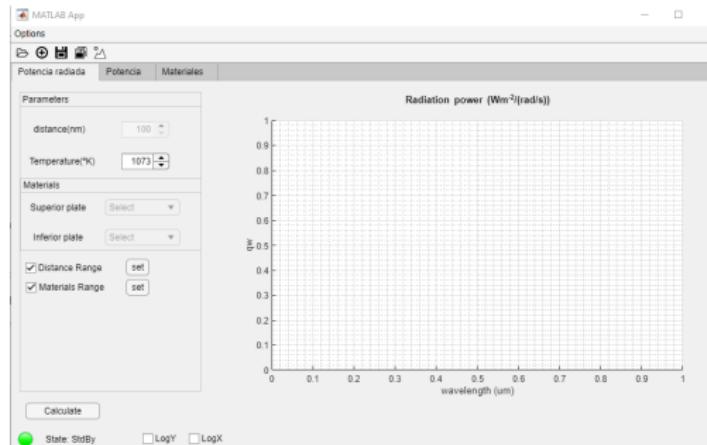
Consideraciones previas



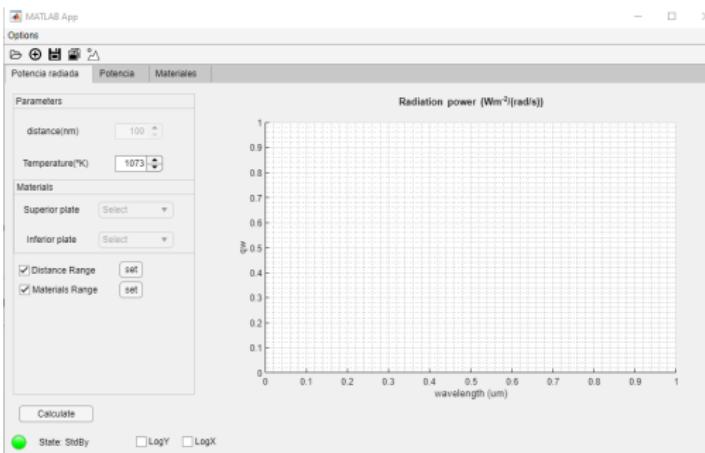
Consideraciones previas



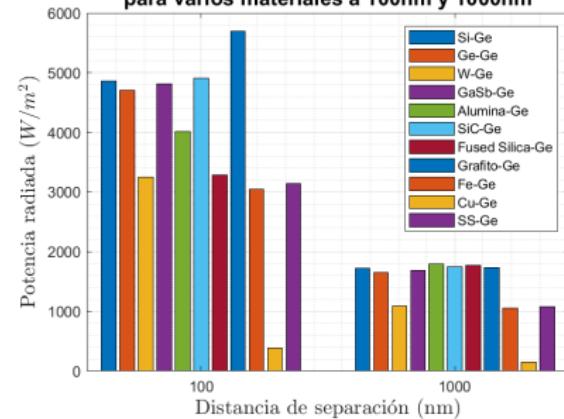
Consideraciones previas



Consideraciones previas



Potencias radiadas con $E_g > 0.7\text{eV}$ para varios materiales a 100nm y 1000nm



Resultados

1 Introducción

2 Consideraciones previas

3 Resultados

4 Conclusiones

Resultados

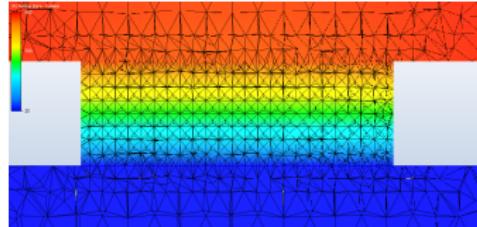
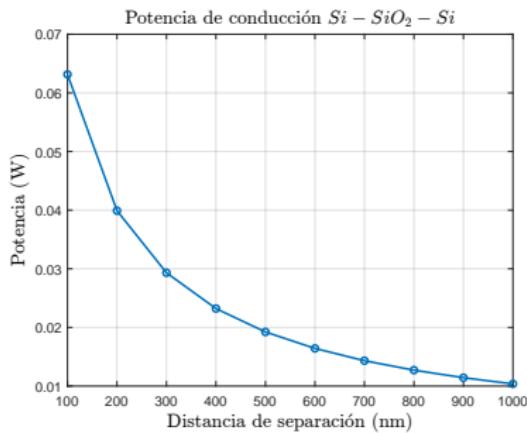
- nTPV Si-SiO₂-Si
- nTPV Si-SiO₂-Ge
- nTPV SS-SiO₂-Ge
- nTPV SiC-SiO₂-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadores de Si

nTPV Si-SiO₂-Si

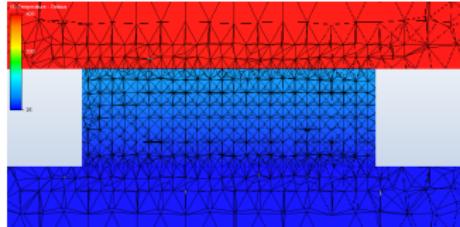
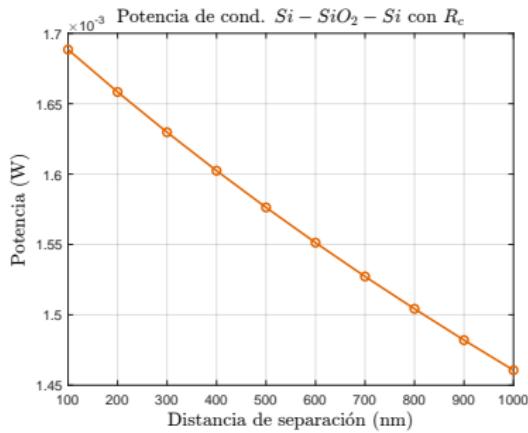
- nTPV Si-SiO₂-Si
- nTPV Si-SiO₂-Ge
- nTPV SS-SiO₂-Ge
- nTPV SiC-SiO₂-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadores de Si

Conducción

Sin R_c

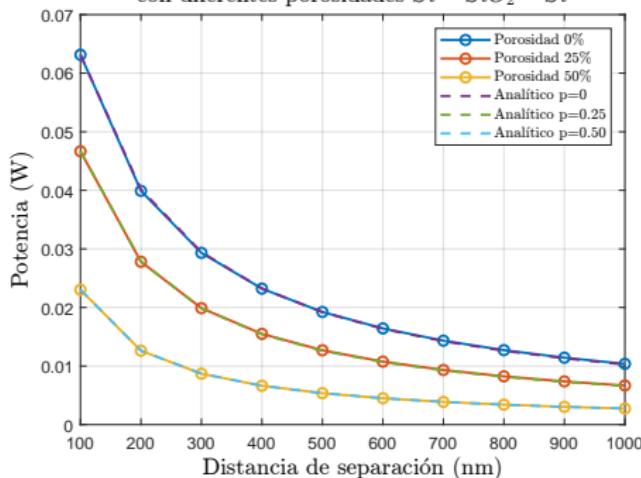


Con R_c



Conducción: Efectos de la porosidad

Potencias de conducción para nano-espaciadores con diferentes porosidades $Si - SiO_2 - Si$

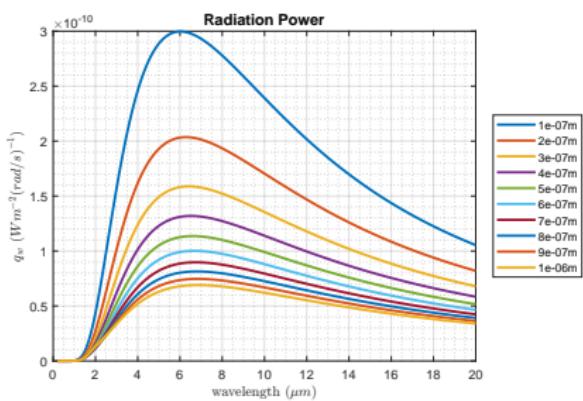


Módelo analítico

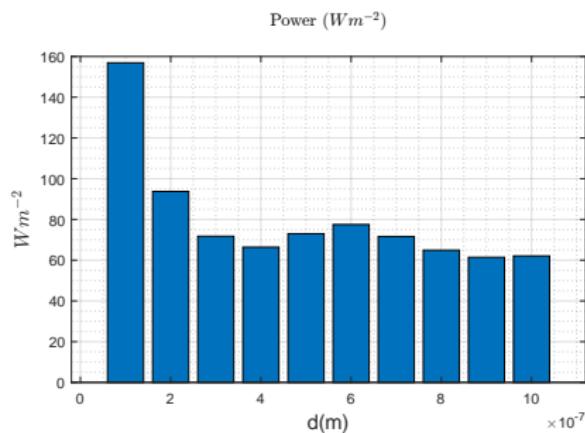
$$P(d, \rho) = -\frac{16,47 \cdot \rho - 11,03}{d - 106,80 \cdot \rho + 74,68}$$

Radiación

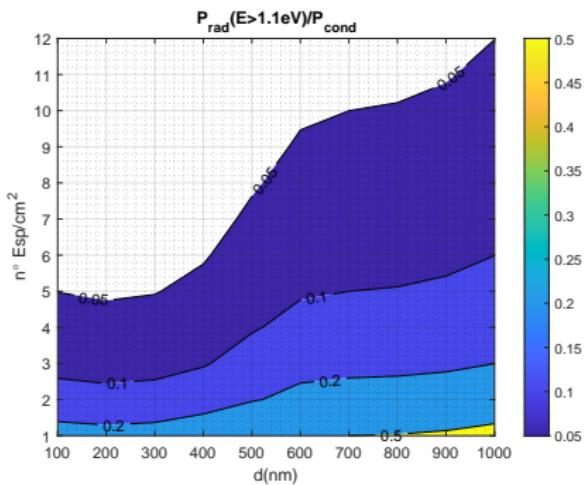
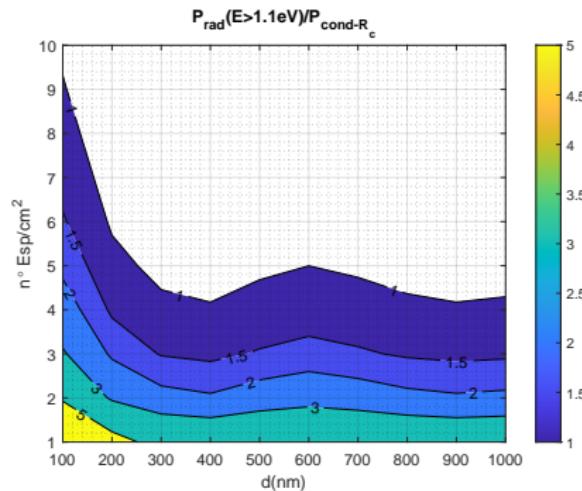
Por longitud de onda



En el rango de $E > 1,1\text{eV}$



Densidades de nano-espaciadores (n° esp/cm²) y $E > 1,1\text{eV}$

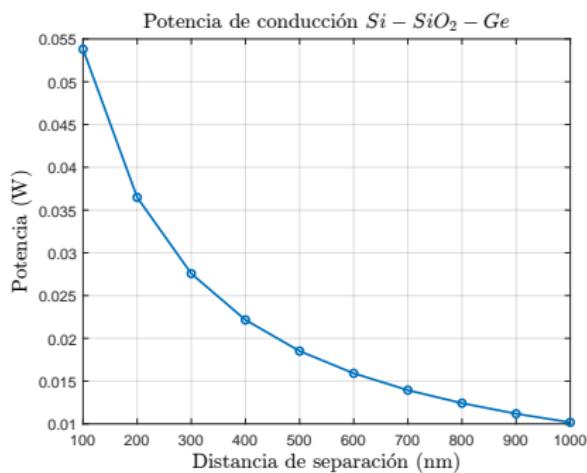
Sin R_cCon R_c

nTPV Si-SiO₂-Ge

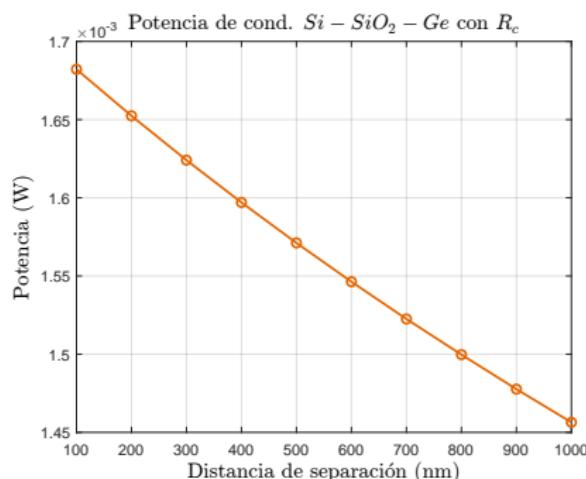
- nTPV Si-SiO₂-Si
- nTPV Si-SiO₂-Ge
- nTPV SS-SiO₂-Ge
- nTPV SiC-SiO₂-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadores de Si

Conducción

Sin R_c

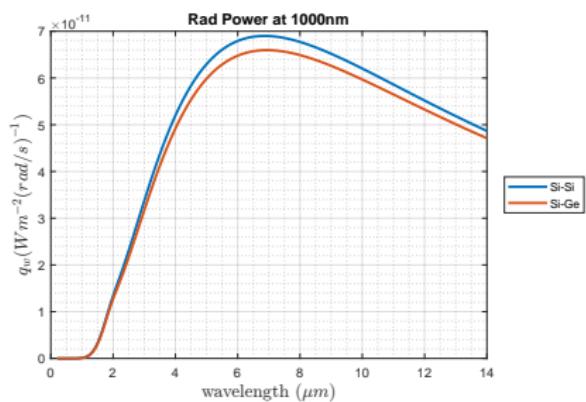


En el rango de $E > 0,7\text{eV}$

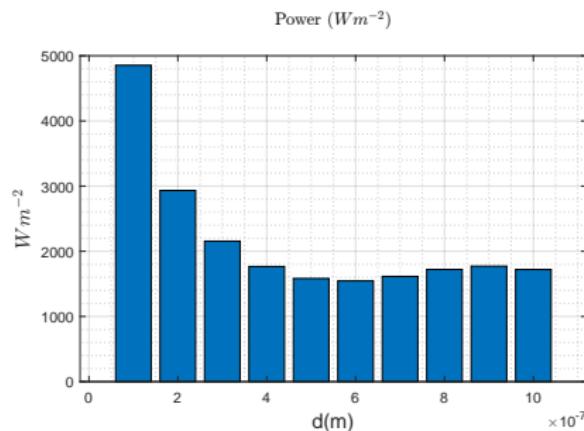


Radiación

Por longitud de onda

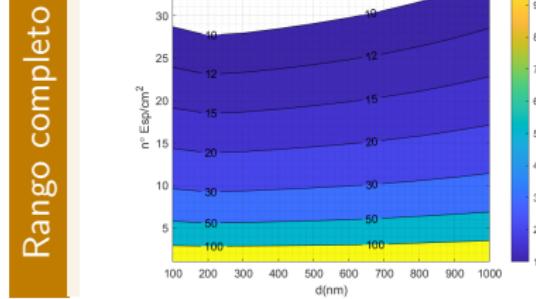
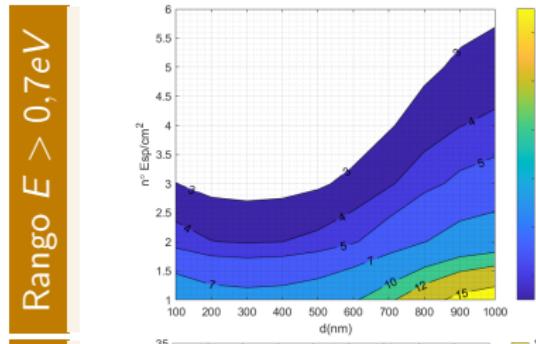


En el rango de $E > 0,7 eV$

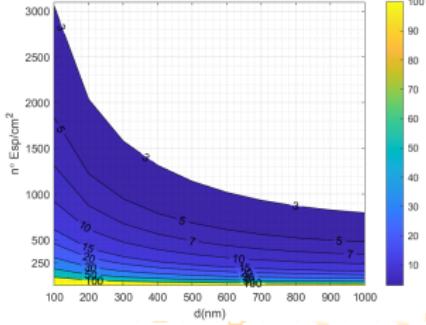
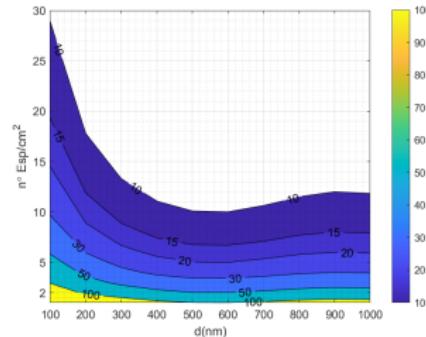


Densidades de nano-espaciadores (n° esp/cm²)

Sin Rc



Con Rc



Rango $E > 0,7\text{ eV}$

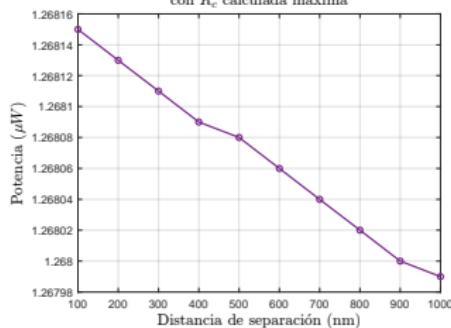
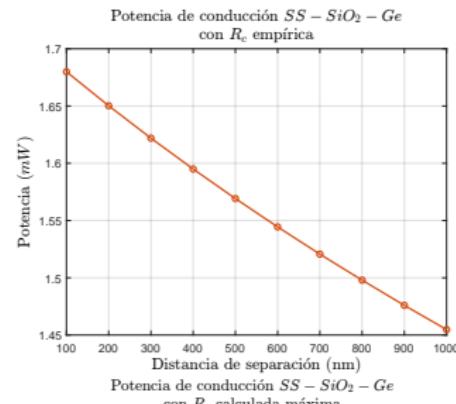
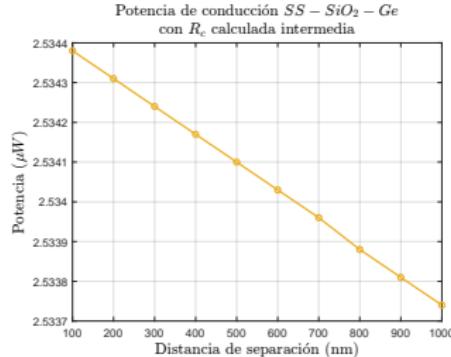
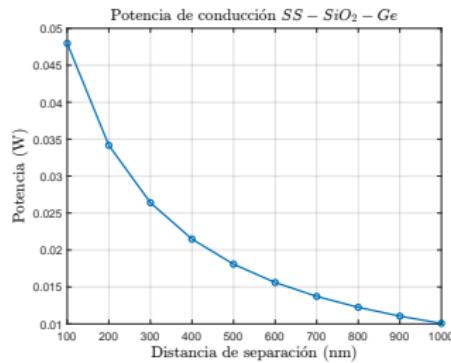
Rango completo



nTPV SS-SiO₂-Ge

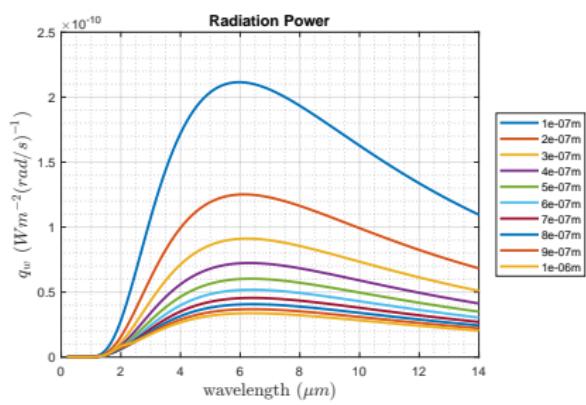
- nTPV Si-SiO₂-Si
- nTPV Si-SiO₂-Ge
- nTPV SS-SiO₂-Ge**
- nTPV SiC-SiO₂-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadores de Si

Conducción

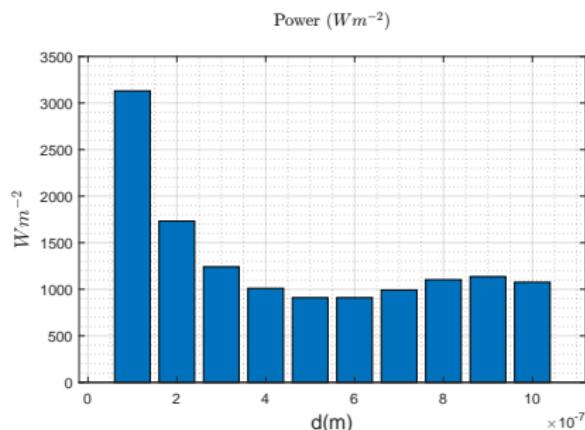


Radiación

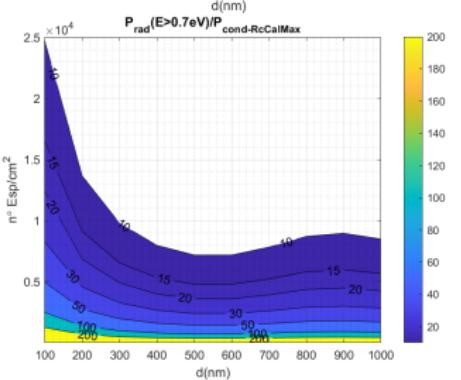
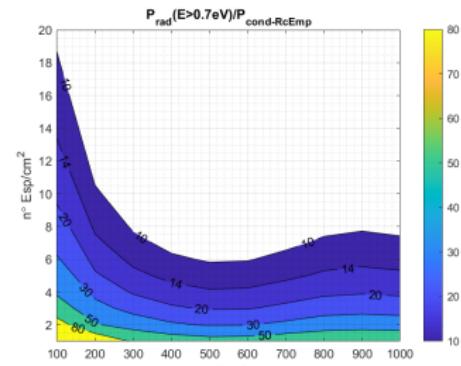
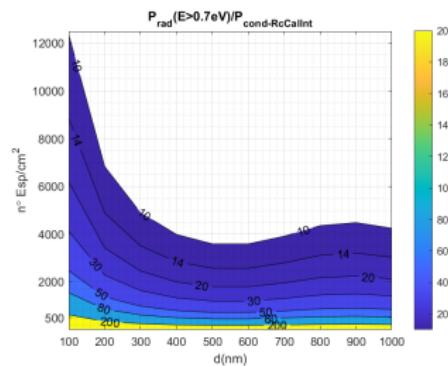
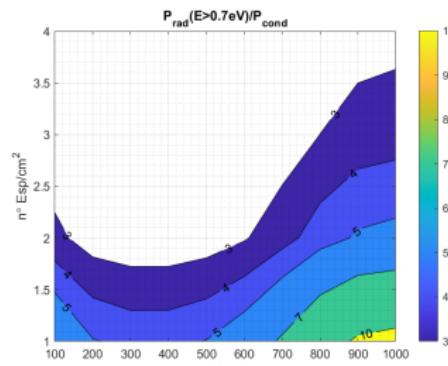
Por longitud de onda



En el rango de $E > 0,7eV$



Densidades de nano-espaciadores para $E > 0,7\text{eV}$

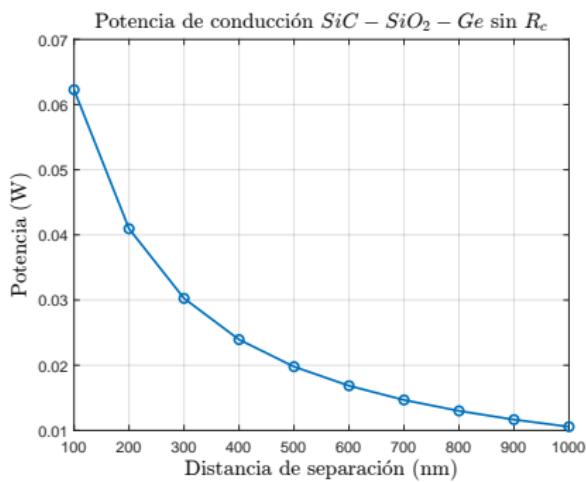


nTPV SiC-SiO₂-Ge

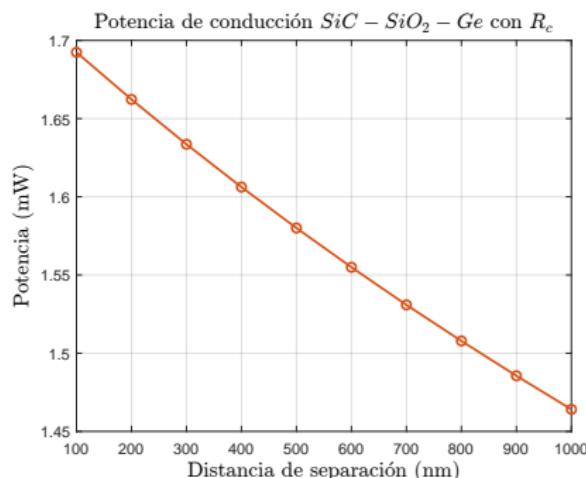
- nTPV Si-SiO₂-Si
- nTPV Si-SiO₂-Ge
- nTPV SS-SiO₂-Ge
- nTPV SiC-SiO₂-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadores de Si

Conducción

Sin R_c

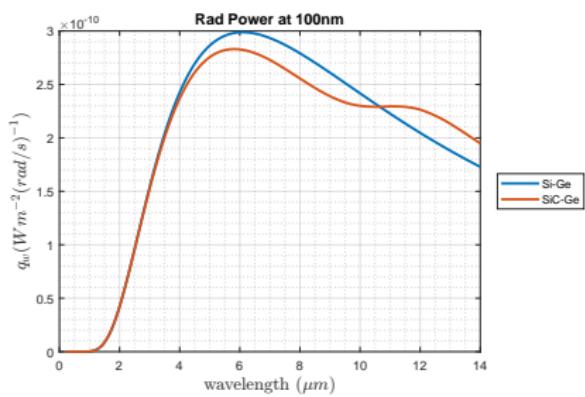


Con R_c

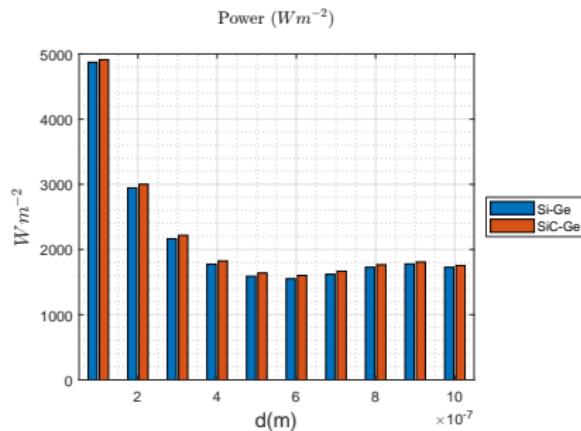


Radiación

Por longitud de onda

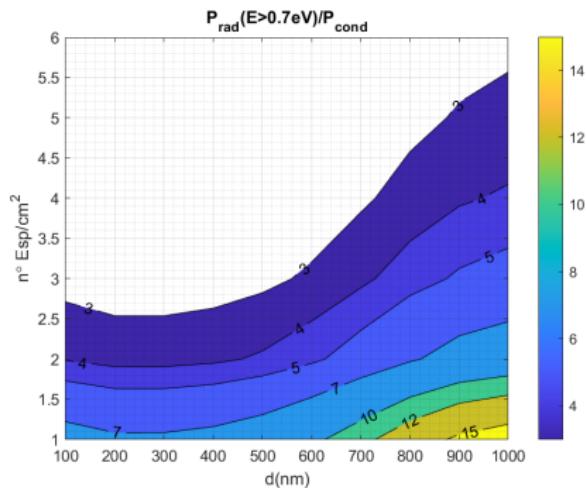


En el rango de $E > 0,7\text{eV}$

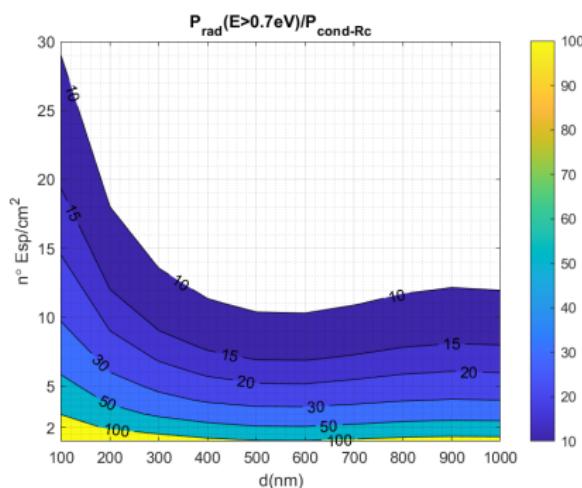


Densidades de nano-espaciadores (n° esp/cm²) y $E > 0,7\text{eV}$

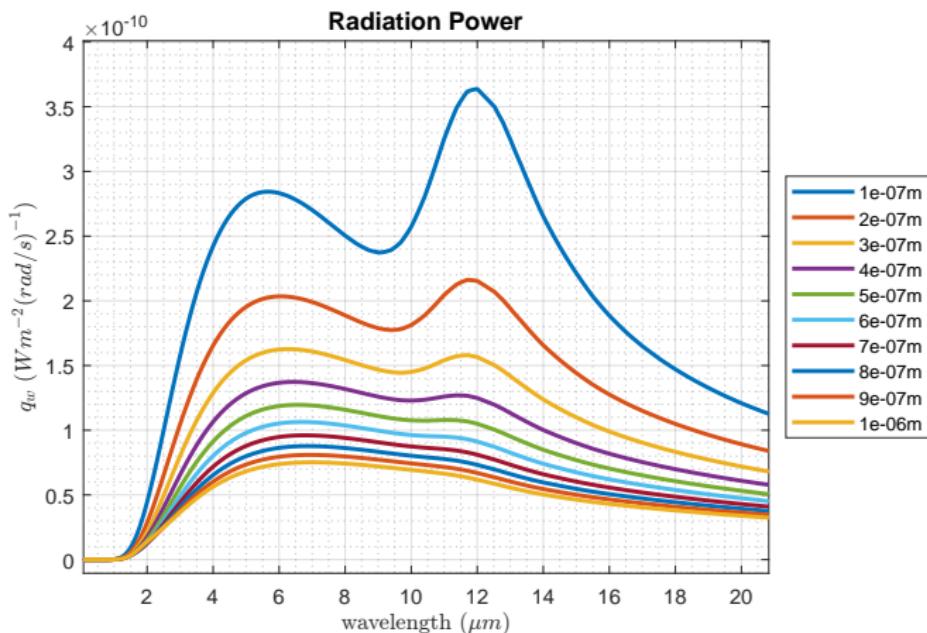
Sin Rc



Con Rc



Frecuencia de resonancia (ω_{res})



Densidad de carga

Densidad de carga

- nTPV Si-SiO₂-Si
- nTPV Si-SiO₂-Ge
- nTPV SS-SiO₂-Ge
- nTPV SiC-SiO₂-Ge
- **Densidad de carga**
- Nano-espaciadores de Si

Densidad de carga

Densidad de nano-espaciadores ($n^{\circ} esp/cm^2$) para soportar cargas aplicadas sobre los nano-espaciadores. Se consideran viables si para la densidad obtenida la relación de potencias es mayor a un orden de magnitud.

Carga de acero inoxidable ($\rho = 8 gr/cm^3$) de $0,5 cm^3$

Para una carga de $\sim 0,04 N \implies 3 n^{\circ} esp/cm^2$.

Viable para nTPVs con $R_c Emp.$

Carga de acero inoxidable de $0,5 cm^3$ y una atmósfera de presión

La carga se dispara a $10,17 N \implies 673 n^{\circ} esp/cm^2$.

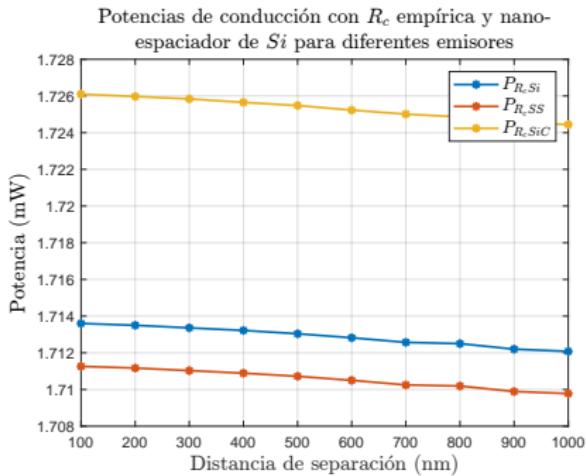
Viable para nTPVs con $R_c Cal.$

Nano-espaciadores de Si

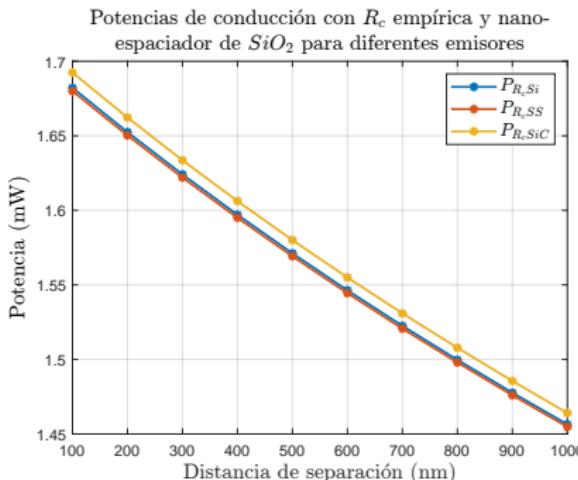
- nTPV Si-SiO₂-Si
- nTPV Si-SiO₂-Ge
- nTPV SS-SiO₂-Ge
- nTPV SiC-SiO₂-Ge
- Densidad de carga
- Nano-espaciadores de Si

Conducción

Nano-espaciadores de Si

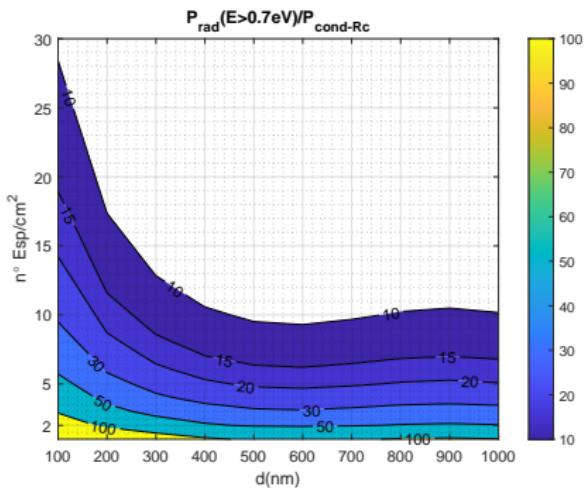


Nano-espaciadores de SiO₂

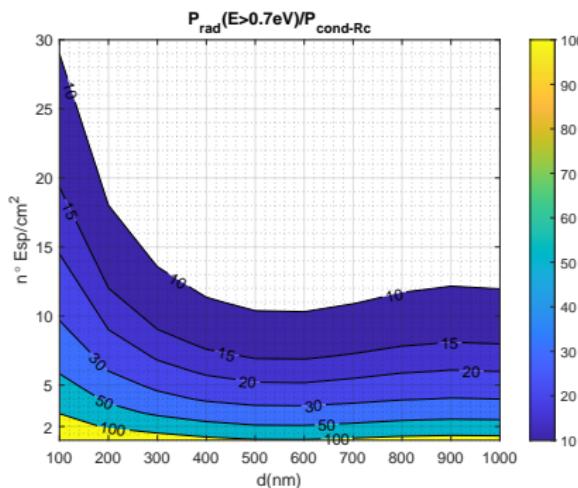


Densidad de nano-espaciadores para emisor de *SiC*

Nano-espaciadores de Si



Nano-espaciadores de SiO_2



Conclusiones

1 Introducción

2 Consideraciones previas

3 Resultados

4 Conclusiones

Conclusiones

- ▶ La porosidad de los nano-espaciadores no es tan importante.

Conclusiones

- ▶ La porosidad de los nano-espaciadores no es tan importante.
- ▶ El uso de células de menor banda energética es indispensable para obtener mayores potencias.

Conclusiones

- ▶ La porosidad de los nano-espaciadores no es tan importante.
- ▶ El uso de células de menor banda energética es indispensable para obtener mayores potencias.
- ▶ Las resistencias de contacto es el factor más importante, sí es el de mayor relevancia.

Conclusiones

Importancia de la resistencia de contacto

- Disminución de las pérdidas por conducción.

Conclusiones

Importancia de la resistencia de contacto

- Disminución de las pérdidas por conducción.
- Solo las nTPVs con R_c pueden soportar cargas (orden de los $10^{-3} m^2 K/W$).

Conclusiones

Importancia de la resistencia de contacto

- Disminución de las pérdidas por conducción.
- Solo las nTPVs con R_c pueden soportar cargas (orden de los $10^{-3} m^2 K/W$).
- Diferentes materiales de nano-espaciadores ($R_c > 4 \cdot 10^{-6} m^2 K/W$).

Conclusiones

Importancia de la resistencia de contacto

- Disminución de las pérdidas por conducción.
- Solo las nTPVs con R_c pueden soportar cargas (orden de los $10^{-3} m^2 K/W$).
- Diferentes materiales de nano-espaciadores ($R_c > 4 \cdot 10^{-6} m^2 K/W$).
- El material de emisor afecta principalmente a la radiación.

Desarrollos a futuro

- ▶ Estudiar en detalle la resistencia de contacto.

Desarrollos a futuro

- ▶ Estudiar en detalle la resistencia de contacto.
- ▶ Diferentes materiales de nano-espaciadores

Desarrollos a futuro

- ▶ Estudiar en detalle la resistencia de contacto.
- ▶ Diferentes materiales de nano-espaciadores
- ▶ Sistemas multi-capa en emisor y uso de células multi-uniones.

Desarrollos a futuro

- ▶ Estudiar en detalle la resistencia de contacto.
- ▶ Diferentes materiales de nano-espaciadores
- ▶ Sistemas multi-capa en emisor y uso de células multi-uniones.
- ▶ Diseñar una app para cálculos de rad. de campo cercano de sistemas multi-capa.

Bibliografía

-  Solar cell : Construction, working, series and parallel combinations.
-  Adalid, V. (2016).
A review on thermoelectric devices.
The Journal of Undergraduate Research at the University of Illinois at Chicago, 9.
-  Datas, A. and Vaillon, R. (2019).
Thermionic-enhanced near-field thermophotovoltaics.
Nano Energy, 61:10–17.
-  Francoeur, M., Pinar Mengüç, M., and Vaillon, R. (2009).
Solution of near-field thermal radiation in one-dimensional layered media using dyadic green's functions and the scattering matrix method.
Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 110(18):2002–2018.
-  LaPotin, A., Schulte, K. L., Steiner, M. A., Buznitsky, K., Kelsall, C. C., Friedman, D. J., Tervo, E. J., France, R. M., Young, M. R., Rohskopf, A., Verma, S., Wang, E. N., and Henry, A. (2022).
Thermophotovoltaic efficiency of 40 %.
Nature, 604(7905):287–291.

¡Gracias por su atención!