

Tarea de Iniciación a la Investigación: Resumen
del artículo de Wang et al. sobre electrónica
flexible multilámina

Estela Manso García

Diciembre 2025

Índice

1	Introducción	3
1.1	Definición	3
1.2	Ventajas y límites técnicos	3
2	Procesos de fabricación	4
2.1	Microfabricación directa capa a capa	4
2.2	<i>Transfer printing</i> secuencial	4
3	Aplicaciones	4
3.1	Optoelectrónica	4
3.2	Robótica	5
3.3	Biomedicina	5
3.4	Energía y sistemas autónomos	5
4	Líneas futuras	6

Índice de cuadros

1	Resumen general del artículo de Wang et al. sobre electrónica flexible multilámina.	3
---	---	---

Índice de ecuaciones

1	Potencia eléctrica instantánea de un generador triboeléctrico.	5
---	--	---

1. Introducción

Título	Multilayer flexible electronics: Manufacturing approaches and applications
Autores	Y. Wang, C. Xu, X. Yu, H. Zhang, M. Han
Revista	Materials Today Physics
Año	2022
Volumen / Artículo	23 / 100647
DOI	10.1016/j.mtphys.2022.100647
Palabras clave	Flexible electronics; Optoelectronics; Biomedicine; Robotics; Energy devices
Tema principal	Revisión de esquemas de fabricación (microfabricación directa, transfer printing, screen printing, FPCB, etc.) y aplicaciones de la electrónica flexible multilámina en optoelectrónica, robótica, biomedicina y dispositivos de energía.

Cuadro 1: Resumen general del artículo de Wang et al. sobre electrónica flexible multilámina.

1.1. Definición

Las electrónicas flexibles integran sensores, actuadores y circuitos sobre susstratos poliméricos flexibles o elásticos, logrando portabilidad, biocompatibilidad y estabilidad mecánica para usos en sensores químicos/biológicos, HCI, e-skins y pantallas; el salto a arquitecturas multicapa supera límites de integración, resolución y personalización del formato monolayer al explotar el eje vertical. Estas pilas permiten combinar funciones, aumentar densidad de píxeles o electrodos, y trazar cableados por vías (VIAs) entre capas, a costa de nuevos desafíos de alineación, adhesión y robustez de interconexiones.

1.2. Ventajas y límites técnicos

- **Ventajas demostradas:** multimodalidad simultánea, densidad espacial alta, lazos cerrados sensor-actuador, y configuraciones personalizables con indicación visual del estado (p. ej., electrocrómico).
- **Retos:** alineación intercapas precisa, adhesión y estabilidad frente a flexión/estiramiento, VIAs flexibles, elección de materiales con alta sensibilidad/eficiencia y bajo módulo en películas delgadas, y diseño de circuitos que minimice área de interconexión aprovechando el eje Z.

2. Procesos de fabricación

2.1. Microfabricación directa capa a capa

Deposición/patronado secuencial (p. ej., parylene-C y Ti/Pt) sobre polímeros, con tratamientos de plasma y promotores de adhesión para evitar delaminación; limita el uso de materiales que requieran alta temperatura, pero ofrece integración estrecha y procesado cruzado.

2.2. *Transfer printing* secuencial

Se microfabrica en sustratos rígidos tolerantes a temperatura y se transfiere repetidamente a sustratos flexibles (también sobre elastómeros preestirados), alcanzando apilados 3D y geometrías *buckled* con ajuste de propiedades electromagnéticas.

3. Aplicaciones

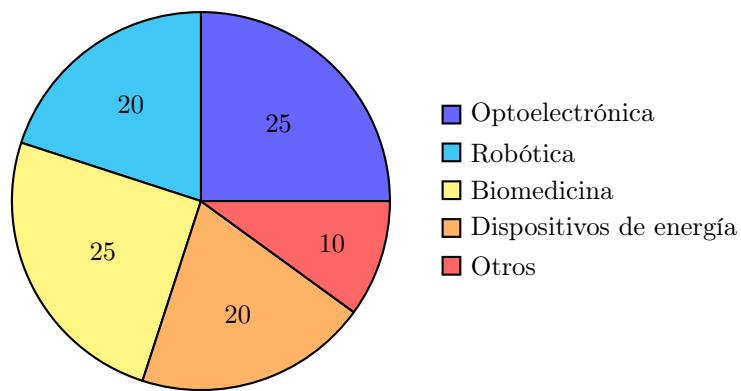


Figura 1: Campos de aplicación de la electrónica flexible multilámina en porcentajes.

3.1. Optoelectrónica

Las pilas multicapa amplían color y densidad sin penalizar eficiencia: OLEDs con múltiples capas emisoras permiten dispositivos color-tunable con conmutación por voltaje, y mLEDs en tandem RGB apilan chips con filtros intermedios alcanzando resoluciones equivalentes con celdas más grandes y amplia gama cromática. También se integran sensores y visualización en “pieles fotónicas” multicapa que traducen deformación en color y combinan canales piezoresistivos para lectura dual (color y resistencia) con captura por cámara.

3.2. Robótica

Inspiradas en la estratigrafía cutánea, las e-skins multicapa distribuyen modalidades (temperatura, presión, vibración, campos magnéticos, UV, humedad, deformación) en capas funcionales con redes extensibles, habilitando reconocimiento de objetos y expansión de área sin perder resolución. Sistemas FPCB multicapa, con chips encapsulados y VIAs soldadas, se conforman sobre piel humana para adquirir EMG, aceleraciones y deformaciones y controlar prótesis o manipuladores de forma inalámbrica, manteniendo detección simultánea de señales fisiológicas.

3.3. Biomedicina

- **Herramientas quirúrgicas instrumentadas:** catéteres balón con arrays multicapa de electrodos, sensores térmicos y de presión (<1 mm total) permiten mapeo espaciotemporal, estimulación y ablación RF en un único dispositivo durante cirugía cardíaca.
- **Liberación de fármacos:** parches biodegradables por inducción RF con capas separadas (antena, calentador, reservorio) posibilitan liberación controlada y menor daño tisular, extensibles a tumores profundos; “vendajes inteligentes” integran sensores, módulo inalámbrico y microcanales de dosificación bajo demanda.
- **Monitorización continua:** “tatuajes electrónicos” modulares y reconfigurables apilan capas reutilizables para personalizar señales y simplificar cableado, integrables con alimentación y radio.

3.4. Energía y sistemas autónomos

Los nanogeneradores triboeléctricos (TENG) en pila suman potencia sin crecer en planta, manteniendo flexibilidad para uso in-/on-body; apilar TENG con PENG en híbridos eleva la capacidad de carga (p. ej., cargar 1 μ F a 4.7 V en 80 s [1]). La integración multicapa de cosecha, almacenamiento (micro-supercap electrocrómico) y gestión crea “all-in-one” autoalimentados, incluso con diseño plegado y redes serpentinas que curvan baterías y células solares de micrométricas centésimas sobre dedos sin perder funcionalidad. La potencia eléctrica instantánea de un generador triboeléctrico se puede escribir como:

$$P(t) = V(t) I(t) \quad (1)$$

Donde $P(t)$ es la potencia instantánea, $V(t)$ la tensión generada e $I(t)$ la corriente producida por el generador triboeléctrico en función del tiempo.

4. Líneas futuras

El campo prioriza métodos de alineación y adhesión robustos para apilados delgados y estables; materiales funcionales con respuestas selectivas y mecánica compatible con multicapas; y arquitecturas que combinen sensores, actuadores y suministros energéticos para sistemas verdaderamente autónomos y de alta densidad, reduciendo la dependencia de alimentación externa. Estas mejoras expandirán el rendimiento y el alcance en optoelectrónica, robótica, biomedicina y energía.

Referencias

- [1] Wang, Y., Xu, C., Yu, X., Zhang, H., & Han, M., *Multilayer flexible electronics: Manufacturing approaches and applications*, Materials Today Physics, 23, 100647, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.mtphys.2022.100647>