

THE

# GRAPHENE SENSORS FOR HUMAN HEALTH MONITORING

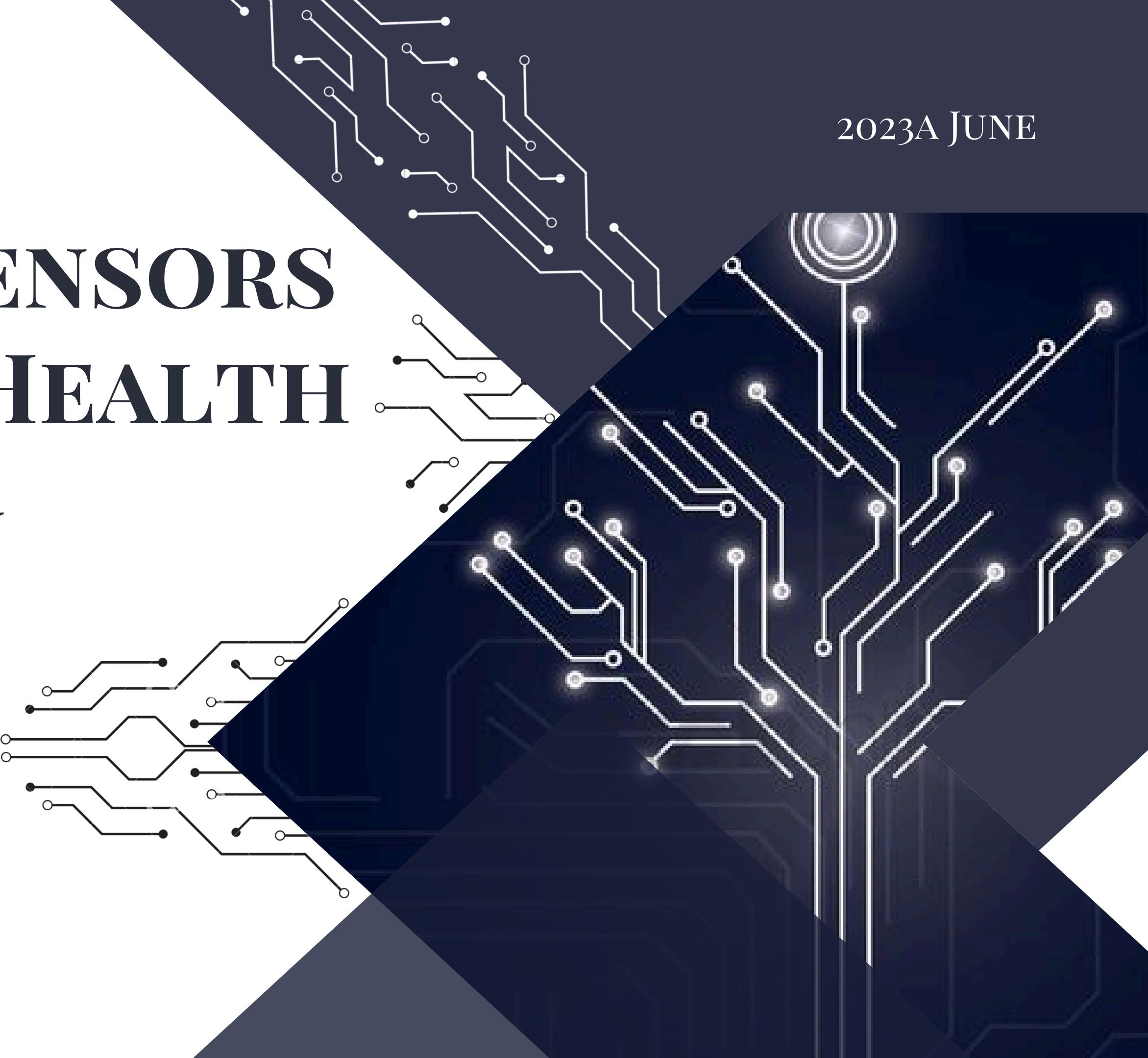
Supervisor

Dr.Somaye Gholami

Provider

HADI-QASEMIAN

2023A JUNE



# GRAPHENE SENSORS INTRODUCTION:

در سال‌های اخیر، فناوری پوشیدنی به سرعت محبوبیت پیدا کرده است زیرا صنایع مختلف راههای نوآورانه‌ای را برای ادغام فناوری در زندگی روزمره ما جستجو می‌کنند. یکی از پیشرفت‌های شگفت‌انگیز در این زمینه، ظهور خالکوبی‌های الکترونیکی گرافن است. این خالکوبی‌ها که از یک لایه اتم کربن که در ساختار شبکه‌ای لانه زنبوری چیده شده‌اند، ساخته شده‌اند، این پتانسیل را دارند که دنیای پوشیدنی‌ها را متحول کنند.



# GRAPHENE SENSORS INTRODUCTION:

به عنوان یک ماده دو بعدی جدید، گرافن به دلیل مزایایی که در خواص مکانیکی، حرارتی و الکتریکی دارد، رونقی در زمینه تحقیقات حسگر در سراسر جهان ایجاد کرده است.

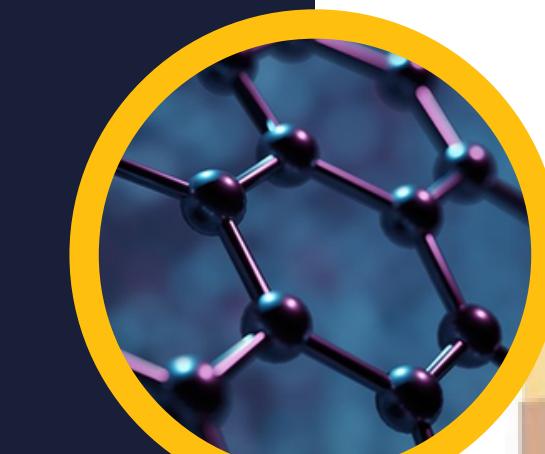
حسگرهای مبتنی بر گرافن متعددی که برای پایش سلامت انسان استفاده منشوند گزارش شده‌اند، از جمله حسگرهای پوشیدنی، و همچنین دستگاه‌های کاشتنی که می‌توانند اندازه‌گیری لحظه‌ای دمای بدن، ضربان قلب، اکسیژن‌رسانی نیض، تعداد تنفس، فشار خون، گلوکز خون را درک کنند.



## GRAPHENE SENSORS

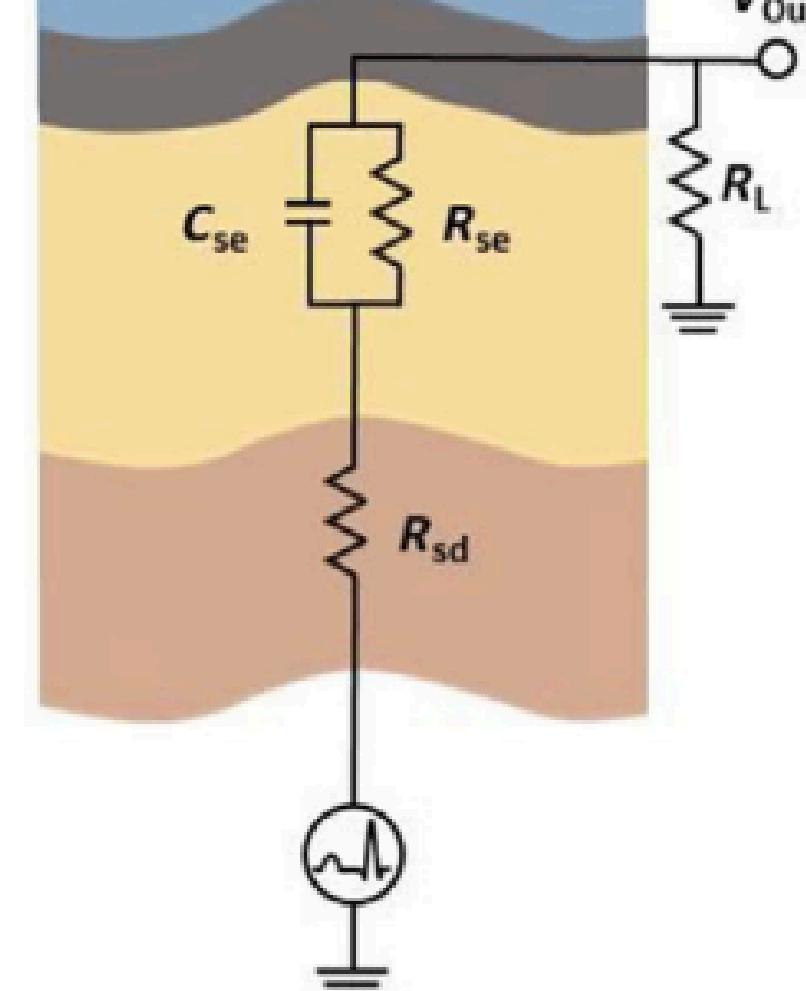
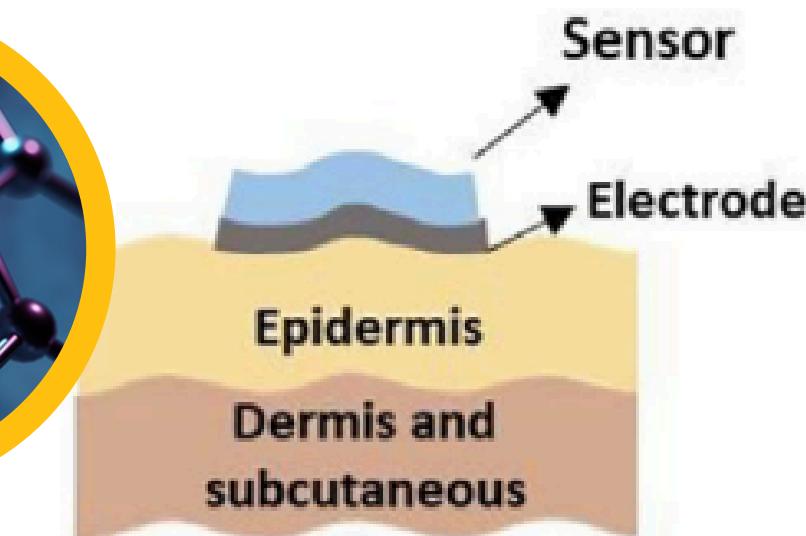
# FABRICATION OF GRAPHENE ELECTRONIC TATTOO SENSORS

مدل های مدار حسگرهای خشک منسجم و غیر منطبق با پوست. شماتیک ها (A) مدل های مدار الکترودهای خشک کاملاً مطابق با پوست و (B) مدل های مدار الکترود خشک غیر منطبق با پوست را نشان می دهند. در مدل مدار الکترود خشک کاملاً منسجم، فقط مقاومت درم ( $R_S$ )، مقاومت اپیدرم ( $R_{se}$ ) و ظرفیت ( $C_{se}$ ) باید در نظر گرفته شود. در مدل مدار الکترود خشک غیر منطبق، شکاف هوا به درپوش اضافی کمک می کند و نتیجه شبیه سازی ( $R_{gap}$ ) شبیه سازی کوپلینگ سیگنال افزایش می یابد. در شبیه سازی فاصله بین الکترود و پوست 50 میکرومتر در نظر گرفته شده است.



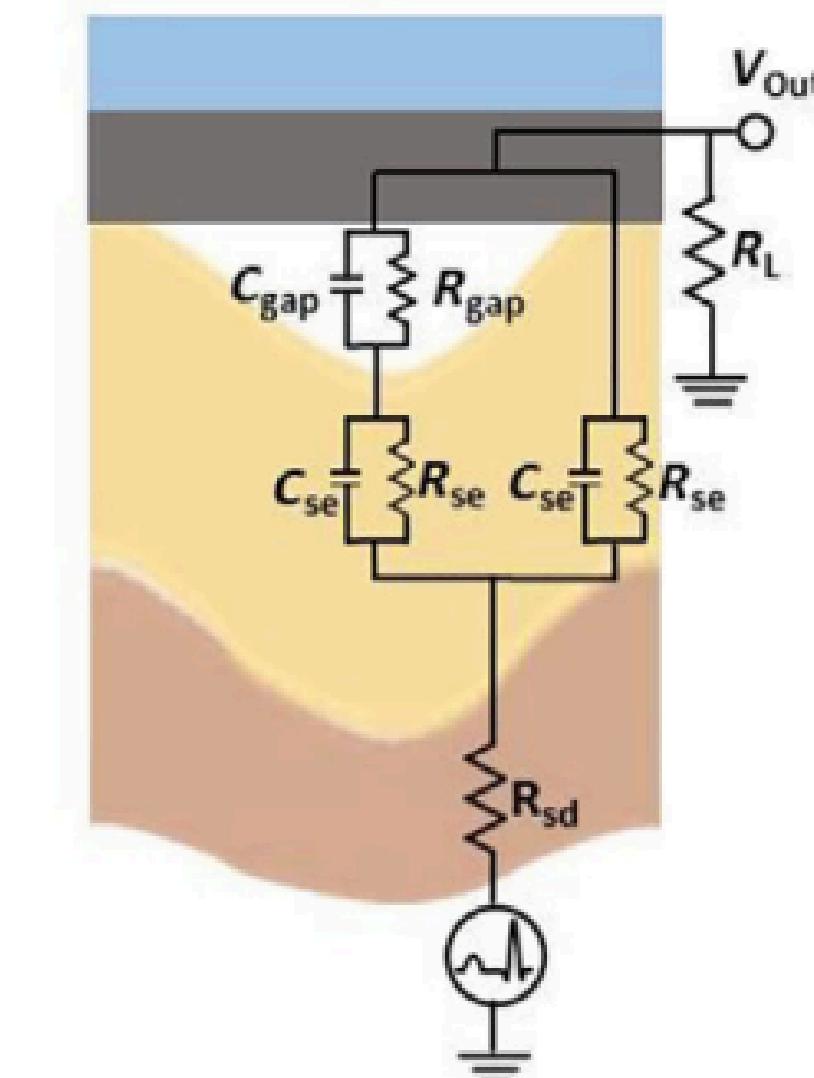
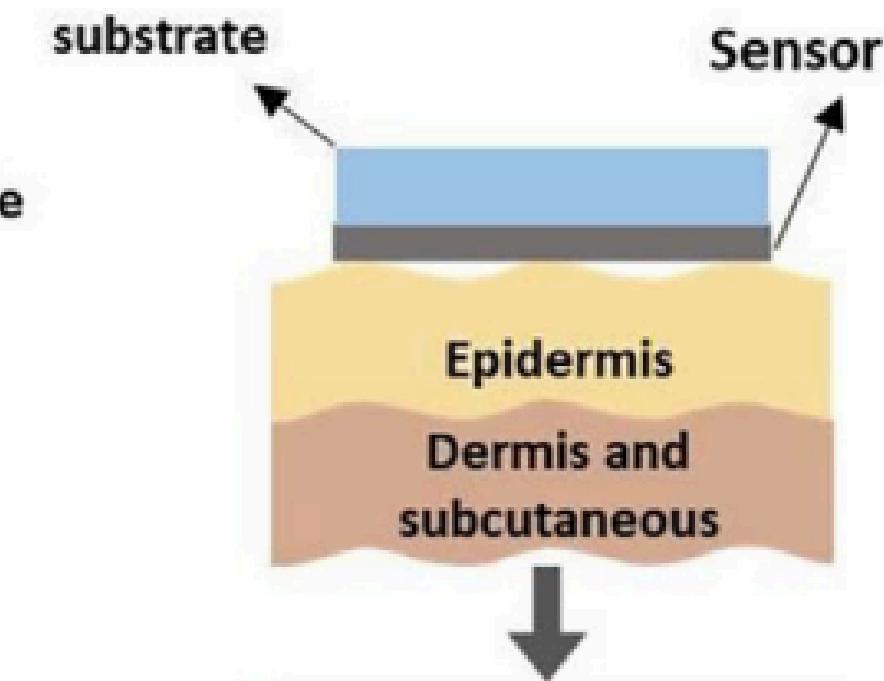
(A)

Conformal sensor



(B)

Nonconformal sensor



Graphene Sensors

# FABRICATION OF GRAPHENE ELECTRONIC TATTOO SENSORS

Medical engineering

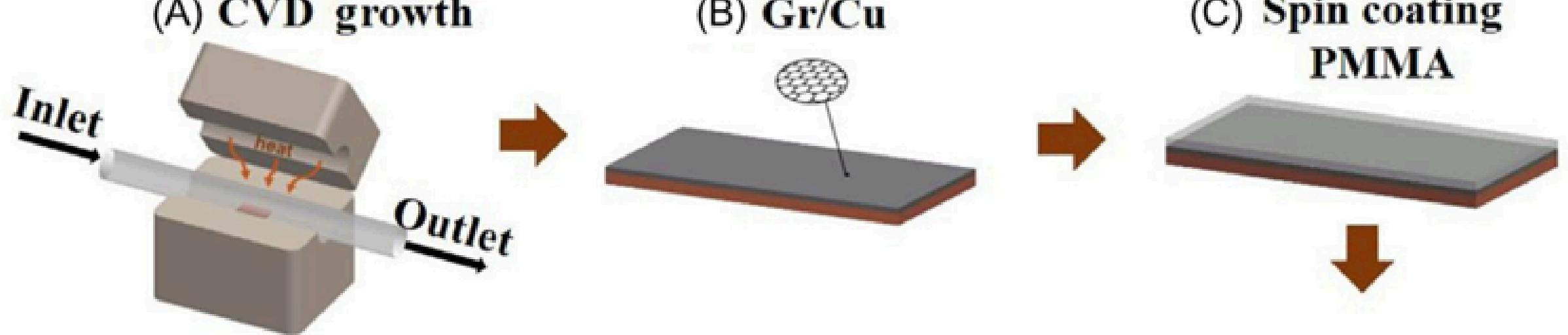
در حالی که به دلیل ضخامت بسیار کم تا توهاي الکترونیکی، استفاده مجدد از این گونه وسایل و سنسورها گزینه ای نیست و بنابراین یکبار مصرف هستند. برای کاهش هزینه ساخت خالکوبی های الکترونیکی، چندین فرآیند ساخت کم هزینه مانند

روش برش و چسباندن، قابل استفاده برای ساخت خالکوبی های الکترونیکی ساخته شده از مواد معمولی مانند فیلم های فلزی، و الگوی خشک انتقال مرطوب برای ساخت GET. فرآیند ساخت با پوشش پیش ماده پلی متیل متاکریلات (PMMA) و پخت آن برای تشکیل فیلمی با ضخامت نانومتر آغاز می شود .

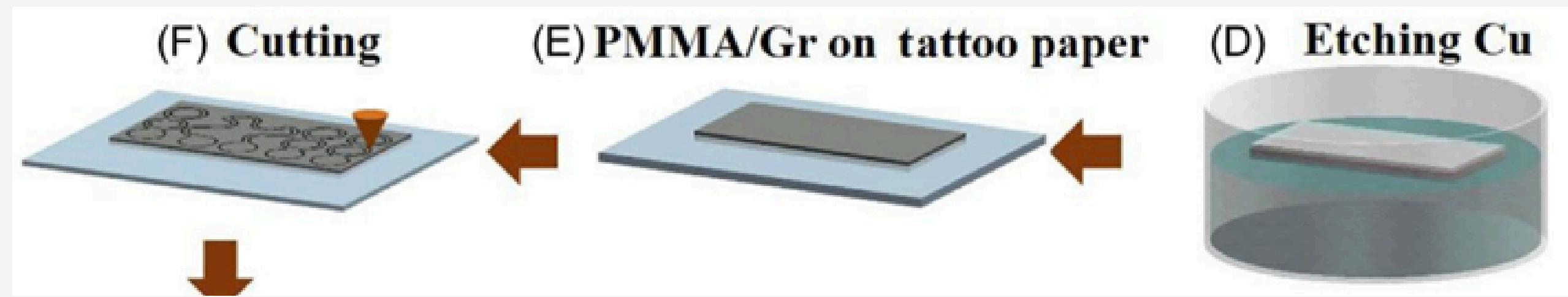


# FABRICATION OF GRAPHENE ELECTRONIC TATTOO SENSORS

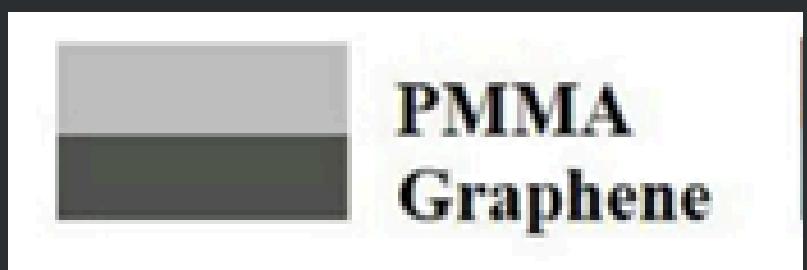
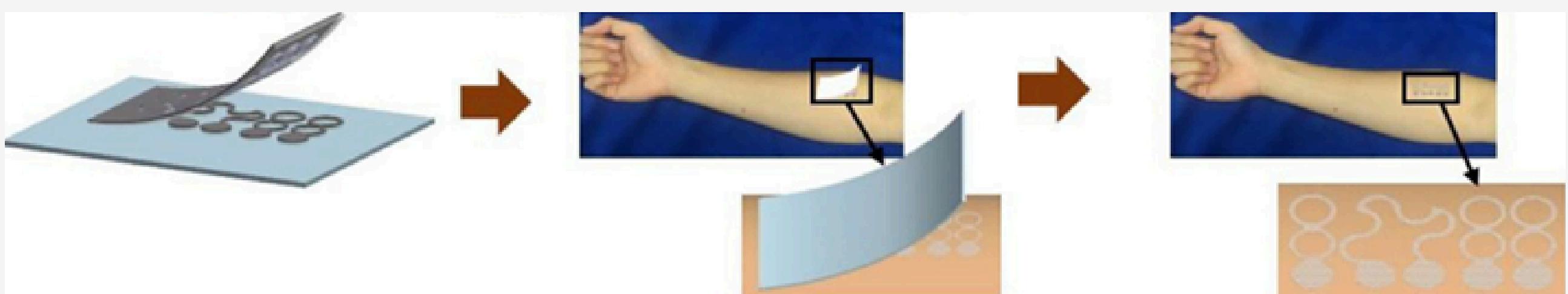
Medical engineering

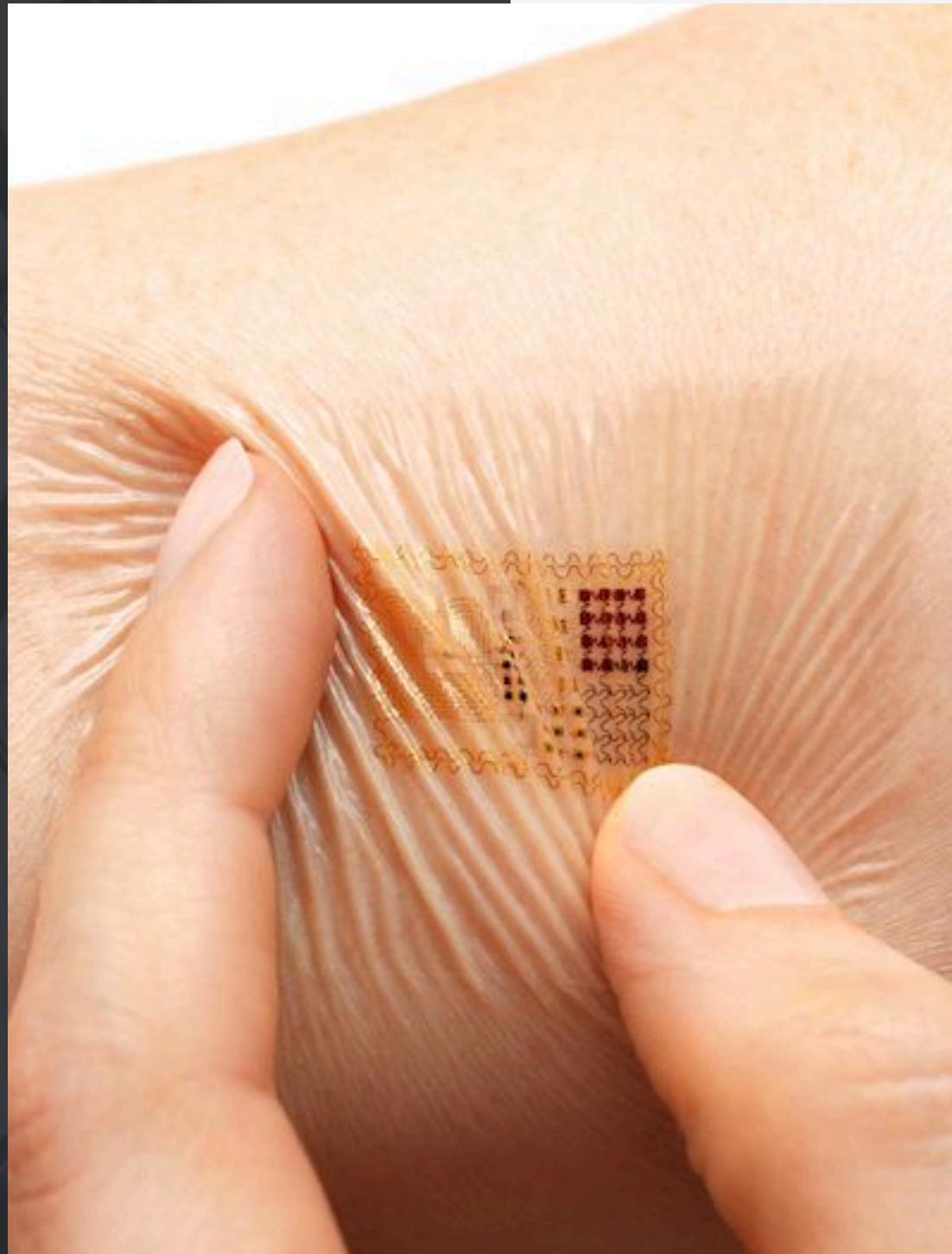


(A-B) گرافن روی فویل مسی با استفاده از سیستم رسب بخار شیمیایی فشار اتمسفر (APCVD) رشد می کند.  
 (C) گرافن روی چرخشی پوشیده شده است.



(D) مس حکاکی شده است.  
 (E) گرافن/PMMA (Gr/PMMA) روی کاغذ خالکوبی با PMMA که کاغذ و گرافن را لمس می کند، منتقل می شود.  
 (F) برای برش طبق الگوی طراحی شده حسگرهای GET با استفاده از پلاتر کاتر مکانیکی استفاده می شود.





Graphene Sensors

# SKIN-LIKE SENSING CAPABILITIES:

Medical engineering

---

قابلیت های حسی شبیه به پوست :  
خالکوبی های الکترونیکی گرافن توانایی قابل توجهی در تشخیص سیگنال های مختلف بیولوژیکی به طور مستقیم از سطح پوست دارند. آنها می توانند علائم حیاتی مانند ضربان قلب، دمای بدن، سطح هیدراتاسیون را کنترل کنند. این رویکرد غیر تهاجمی بینش داده های بلاذرنگ را بدون نیاز به حسگرها یا دستگاه های خارجی حجیم ارائه می کند.

# GRAPHENE SENSORS BIOMEDICAL APPLICATIONS :

ادغام تا توهای گرافن در زمینه پزشکی پتانسیل بسیار زیادی دارد. محققان تصور می‌کنند که از این خالکوبی‌ها برای نظارت مداوم بر سلامت بیماران، ثبت داده‌های ضروری برای تشخیص زودهنگام بیماری‌ها یا ناجواری‌ها استفاده می‌شود. به عنوان مثال، آنها می‌توانند سطح گلوکز را در بیماران دیابتی ردیابی کنند یا بی‌نظمی در ریتم قلب را تشخیص دهند و در موقع اضطراری به MEDICAL ENGINEERING افراد و ارائه دهندگان مراقبت‌های



## Temporary Tattoo Offers Needle-Free Way to Monitor Glucose Levels

Nanoengineers at the University of California, San Diego have tested a temporary tattoo that both extracts and measures the level of glucose in the fluid in between skin cells.



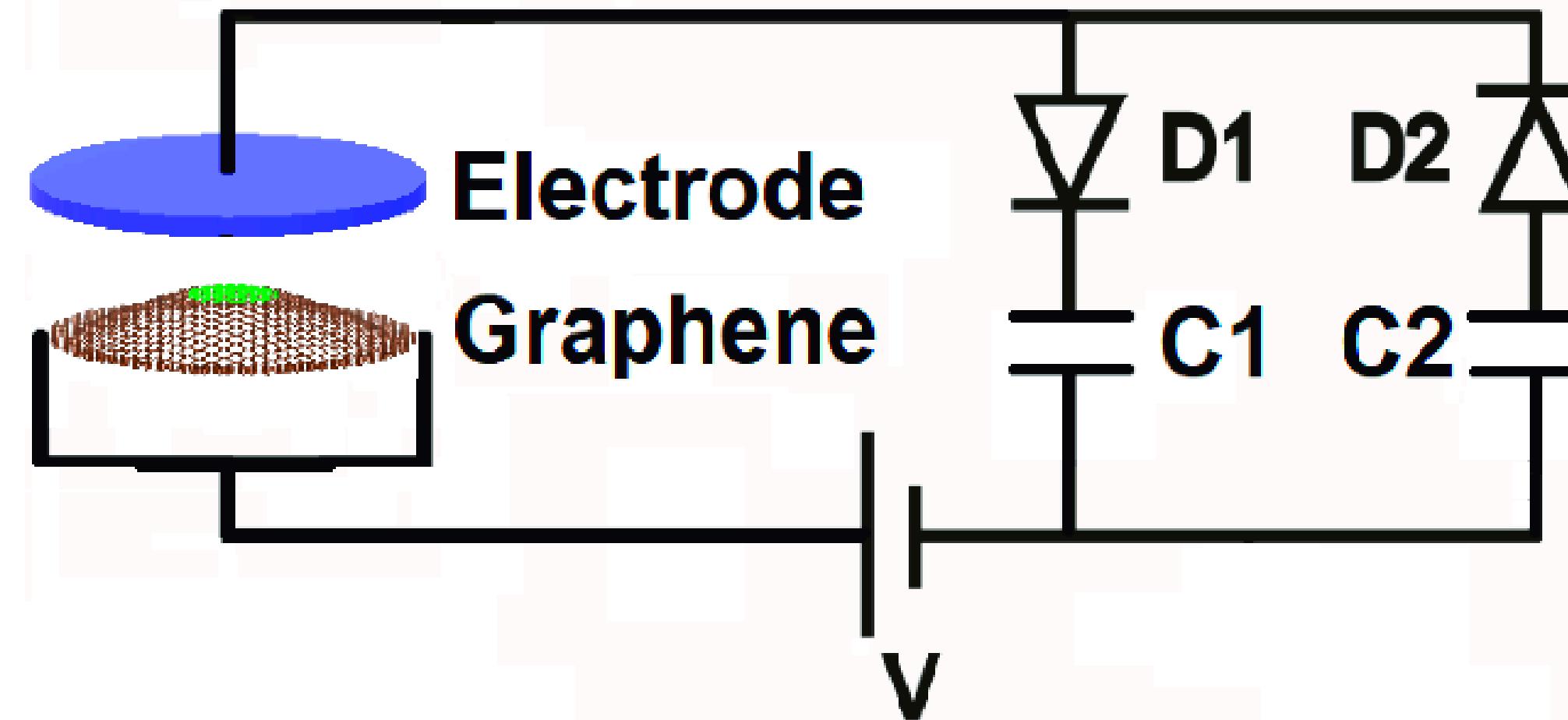
# GRAPHENE SENSORS ENHANCED USER EXPERIENCE:

در مقایسه با دستگاه‌های پوشیدنی معمولی، تا توهای الکترونیکی گرافن راحتی بیشتری را ارائه می‌دهند. ماهیت انعطاف پذیر آنها امکان حرکت نامحدود را فراهم می‌کند و آنها را برای ورزشکاران و افرادی که در فعالیت‌های بدنساز مشغول هستند مناسب می‌کند. علاوه بر این، ماهیت محبوب این خالکوبی‌ها ناراحتی ناشی از پوشیدن دستگاه‌های حجیم را از بین می‌برد و باعث افزایش انتظا

MEDICAL ENGINEERING

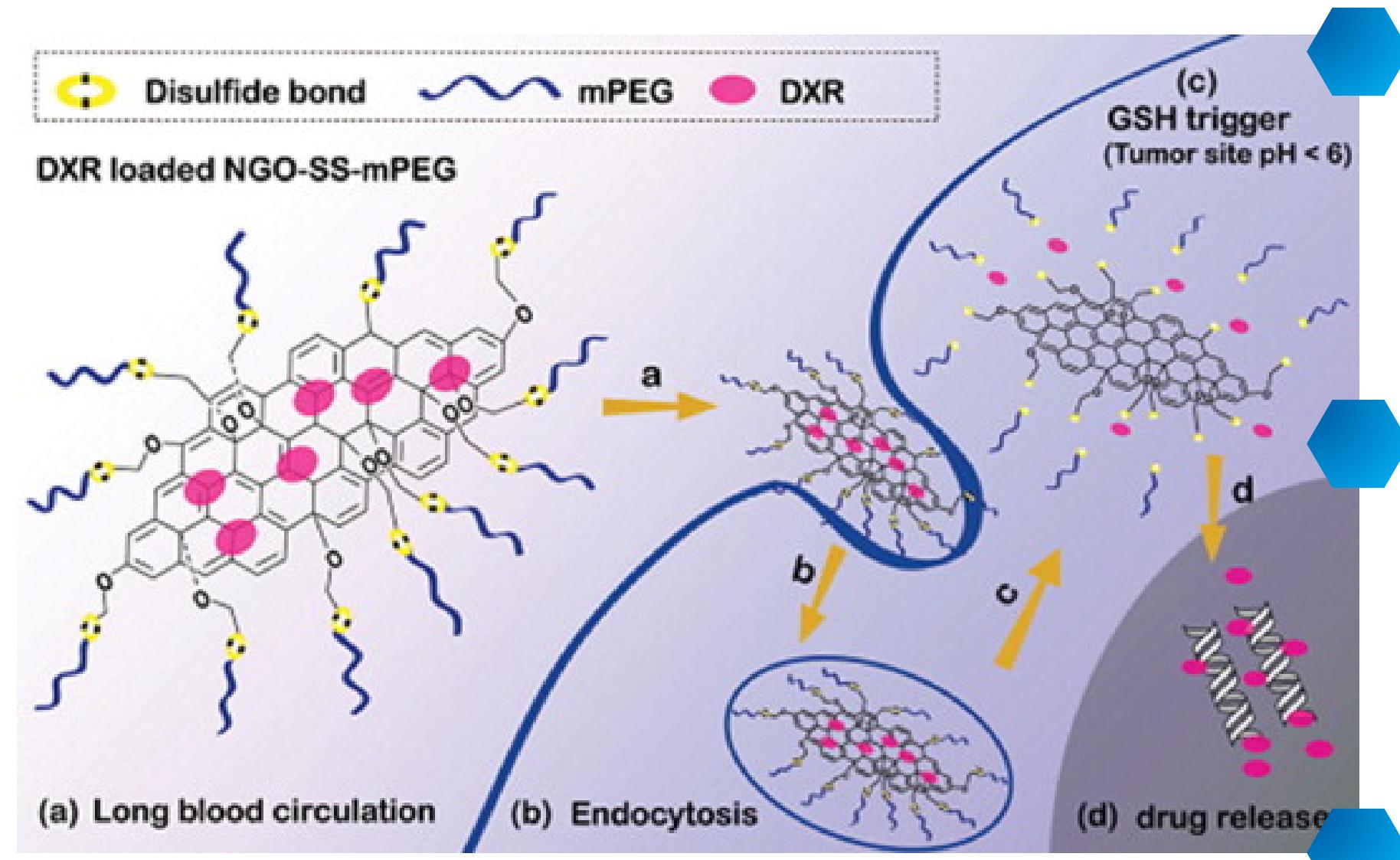


## ENERGY HARVESTING AND STORAGE:



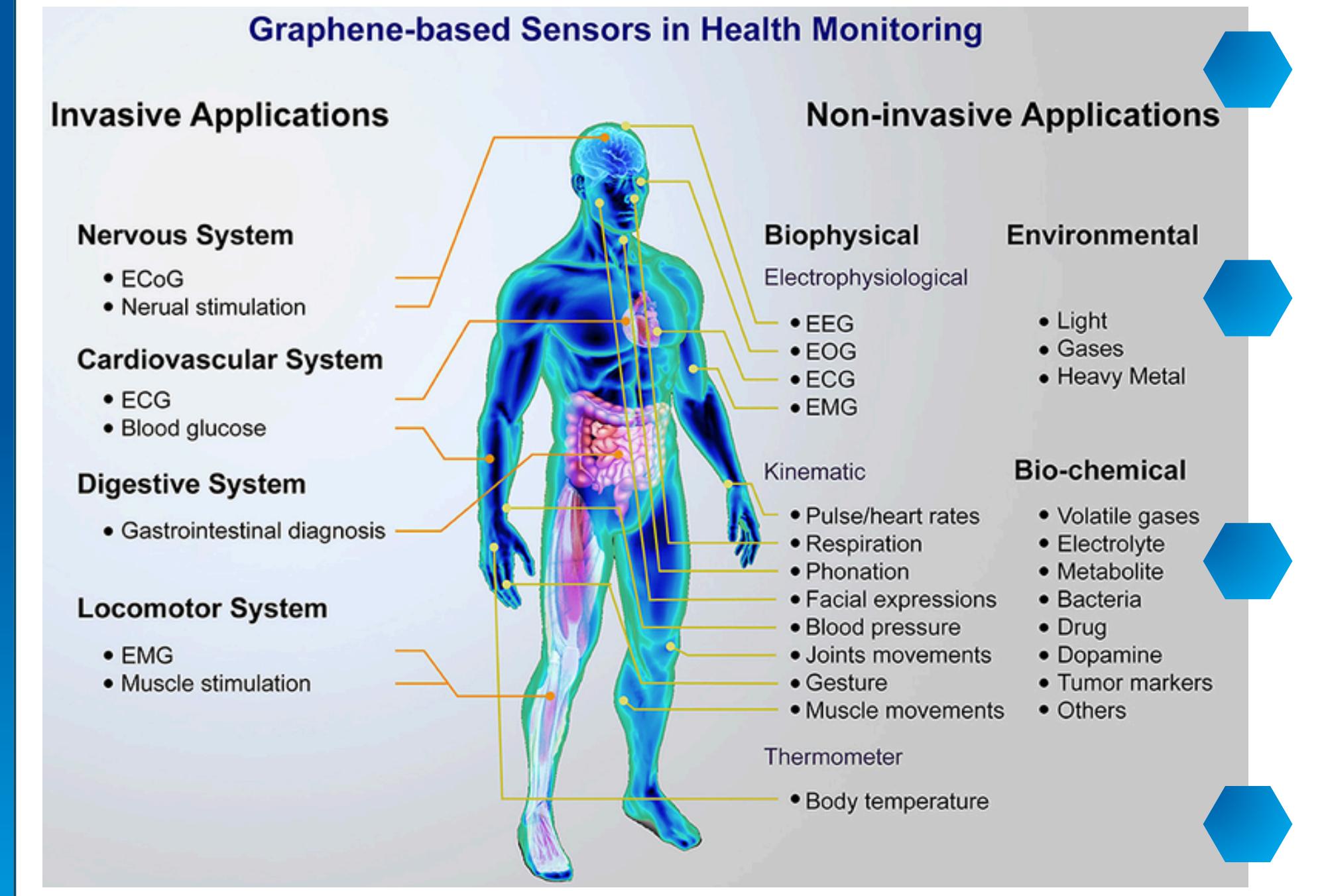
هدایت الکتریکی عالی گرافن را می توان در خالکوبی های الکترونیکی برای جذب و ذخیره انرژی از حرکات طبیعی بدن یا منابع محیطی مانند نور و گرما استفاده کرد. این نوآوری نیاز به منابع انرژی خارجی یا شارژ مجدد مکرر را از بین می برد و باعث می شود این خالکوبی ها به صورت خودپایه و ماندگار شوند.

# DRUG DELIVERY SYSTEMS:



حالکوبی های الکترونیکی گرافن پتانسیل را به عنوان یک پلت فرم نوآورانه برای تحويل دارو دارند. با استفاده از ریز سوزن ها یا مخازن کوچک در طرح حالکوبی، داروها یا مواد درمانی را می توان مستقیماً از طریق پوست وارد کرد. این رویکرد کنترل دقیقی بر روی دوز و زمان ارائه می دهد و در اثربخشی درمان را افزایش می دهد و در عین حال عوارض جانبی را به حداقل می رساند.

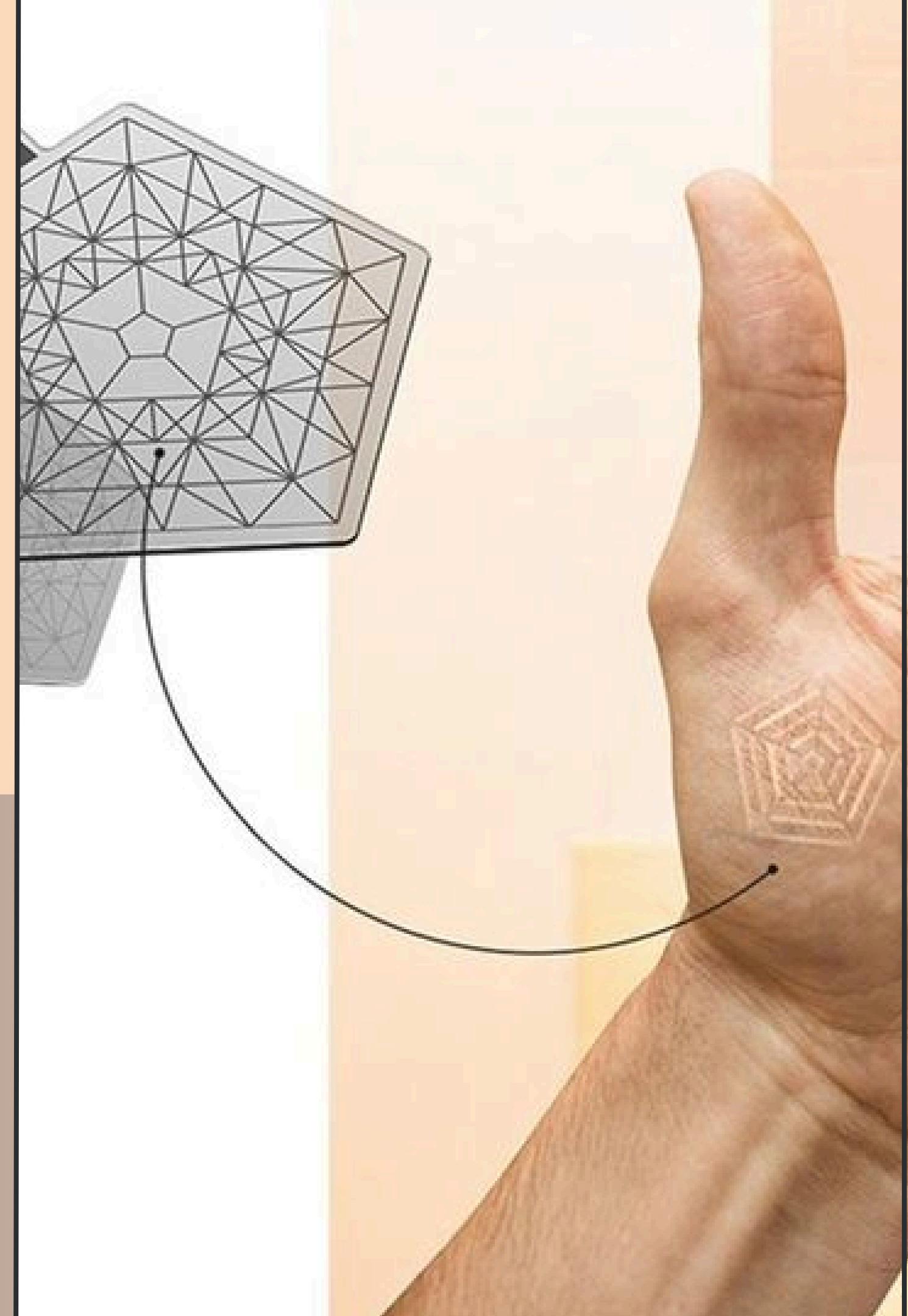
# ENVIRONMENTAL MONITORING:



ماهیت نازک و انعطاف پذیر خالکوبی های گرافن آنها را برای برنامه های نظارت بر محیط زیست مناسب می کند. آنها می توانند برای شناسایی و اندازه گیری عوامل محیطی مختلف مانند کیفیت هوا، رطوبت، دما و سطوح آلودگی طراحی شوند. استقرار این خالکوبی های الکترونیکی بر روی افراد می تواند شبکه ای متراکم از نقاط داده در زمان واقعی ایجاد کند و بینش های ارزشمندی را در مورد شرایط محیطی ارائه دهد و مداخلات هدفمند را امکان پذیر کند.

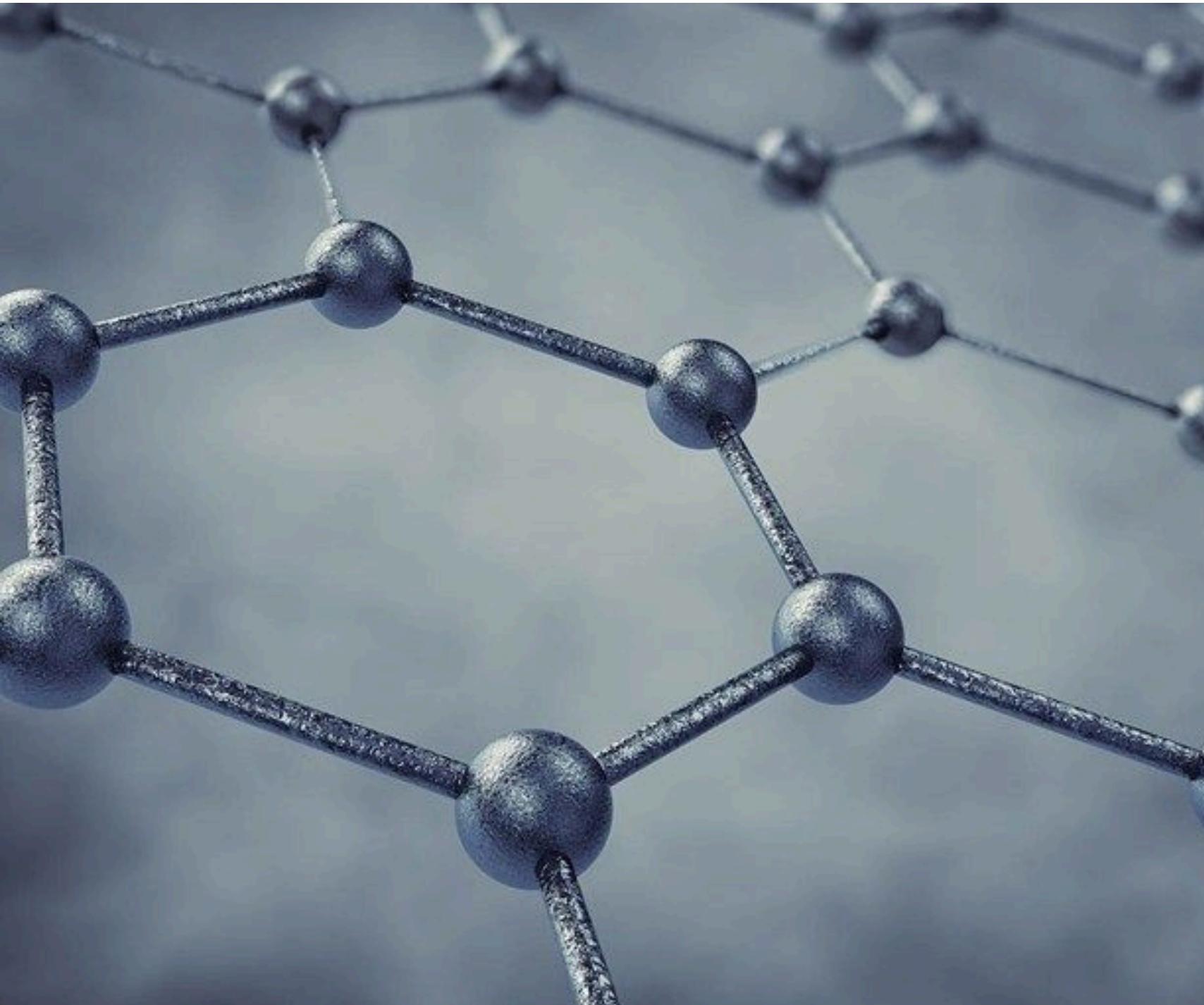
# PERSONALIZED BIOMETRICS AND AUTHENTICATION:

خالکوبی های الکترونیکی گرافن پتانسیل ایجاد انقلابی در سیستم های شناسایی و احراز هویت بیومتریک را دارند. با ادغام الگوها یا نشانگرهای منحصر به فرد در طراحی خالکوبی، آنها می توانند به عنوان شناسه های شخصی سازی شده ای عمل کنند که تکرار آنها دشوار است. این می تواند اقدامات امنیتی را افزایش دهد، از سرقت هویت جلوگیری کند و فرآیندهای کنترل دسترسی را ساده کند.



## GRAPHENE SENSORS

---

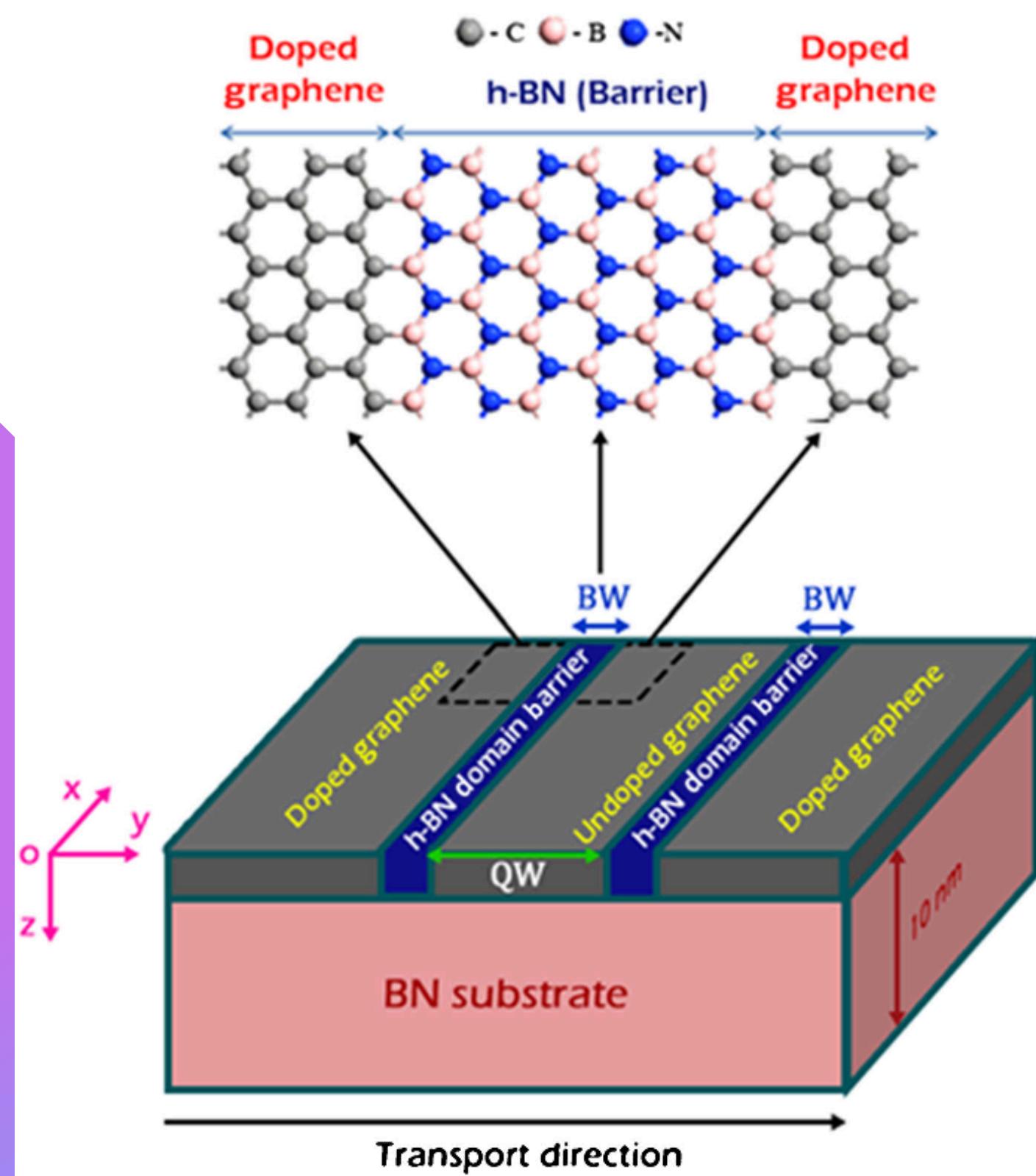


## SKIN TEMPERATURE SENSING:

---

خواص گرمایی گرافن، مانند هدایت حرارتی، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. در مقایسه با فلزات و نانولوله‌های کربنی، گرافن رسانایی حرارتی بالاتری دارد که در کاربردهای حرارتی و زمینه‌های ذخیره‌سازی انرژی امیدوارکننده است. با تکنیک‌های ساخت ساختارهای پیچیده گرافن در مقیاس‌های ریز و نانو، گرافن به دلیل خواص الکترونیکی عالی، استحکام مکانیکی قابل‌توجه و رسانایی حرارتی بالا، به یک کاندید عالی برای سنسورهای دما تبدیل می‌شود.

## GRAPHENE SENSORS



## SKIN TEMPERATURE SENSING:

روش های مختلفی برای سنجش دما وجود دارد که شامل ترمیستور ضریب دمای منفی، ترموکوپل و آشکارسازهای دمای مقاومتی (RTD) می شود. ساخت RTD ها با استفاده از مواد فلزی و نیمه فلزی مانند فلزات و گرافن ساده است. RTD ها از رشته های نازک و بلندی ساخته شده اند که مانند مقاومت عمل می کنند. مقاومت الکتریکی RTD به دلیل تغییر دما تغییر می کند که با معادله زیر بیان می شود:

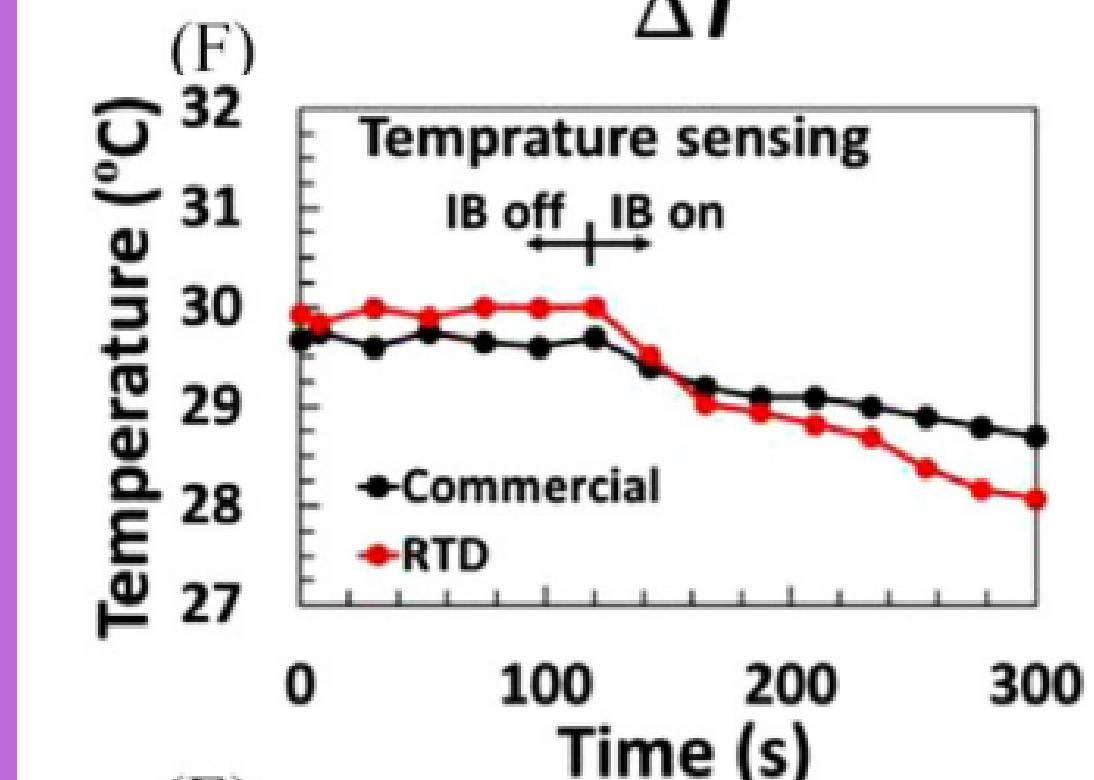
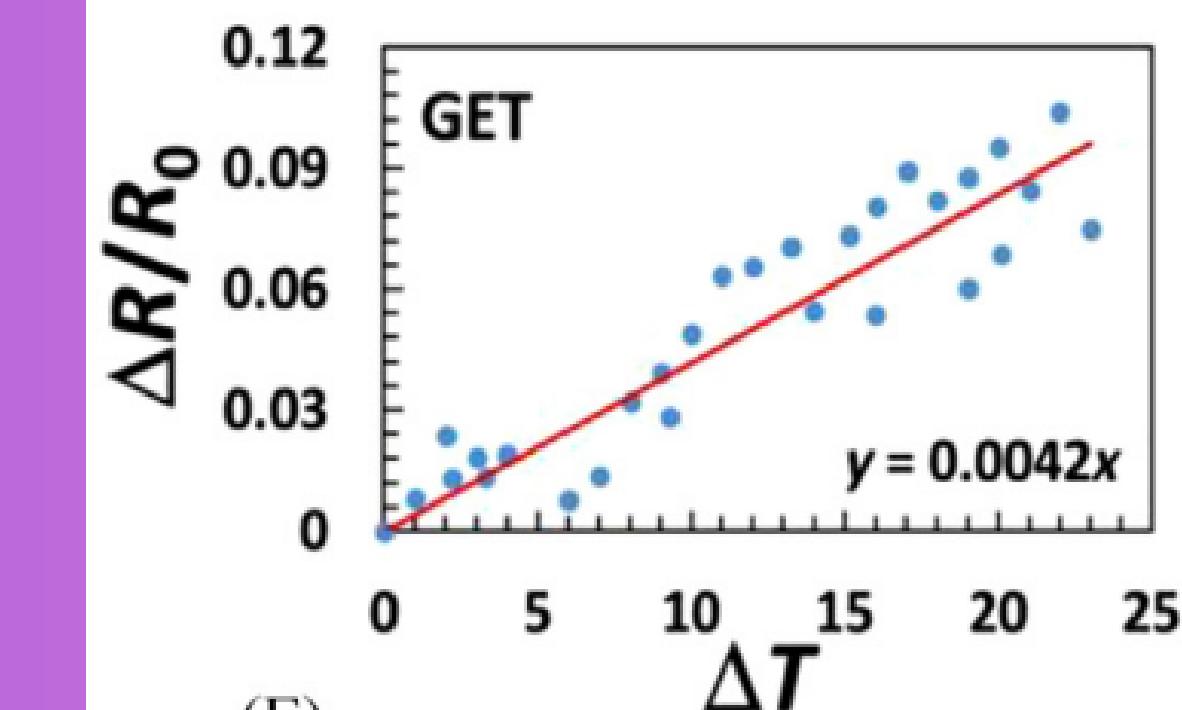
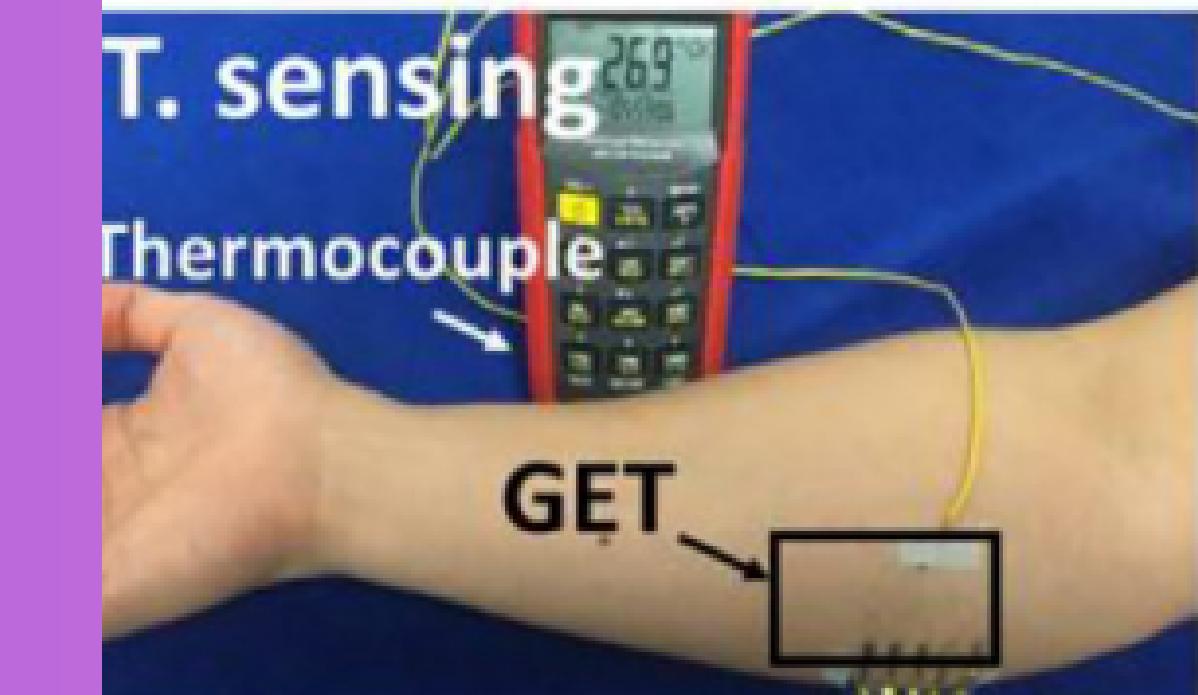
$$\frac{\Delta R}{R_0} = \alpha \Delta T$$

که در آن  $\Delta R$  تغییر مقاومت ناشی از تغییر دما ( $\Delta T$ ) است،  $R_0$  مقاومت اولیه کل RTD و  $\alpha$  ضریب دمایی مقاومت است.

# SKIN TEMPERATURE SENSING :

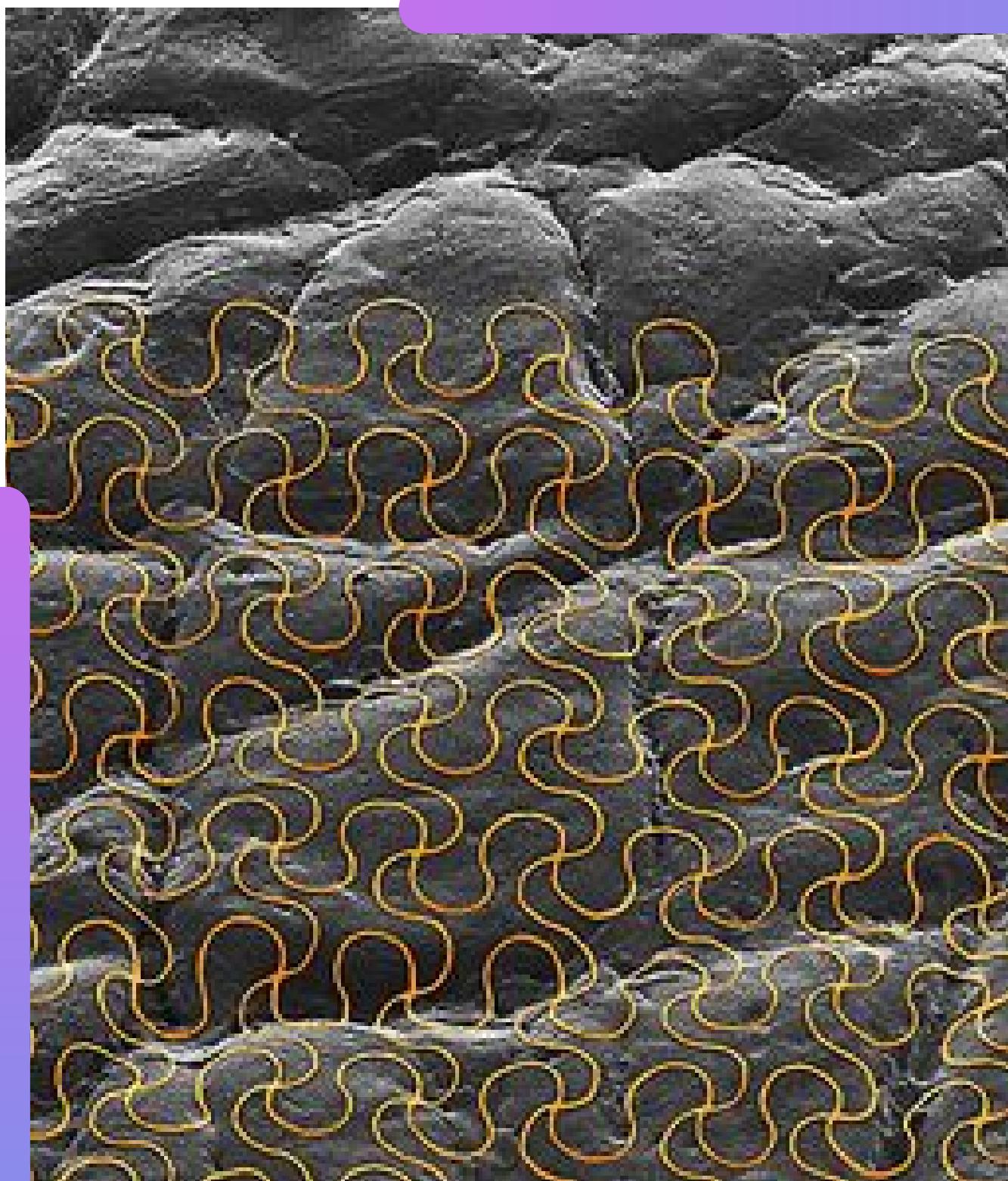
در RTD GET، مقاومت بالاتر ورق گرافن از نظر کوچک کردن سنسور دما مفید است.

RTD مبتنی بر گرافن (GRTD) به شکل نوار مارپیچی اجرا شده است که کشش پذیری را به حسگر اضافه می کند همانطور که در شکل ۳.۹A نشان داده شده است. GRTD با قرار دادن آن بر روی صفحه داغ در کنار ترموموکوپل و اندازه گیری تغییر مقاومت آن با افزایش دمای صفحه گرم کالیبره می شود.  $\Delta R/R_0$  GRTD به عنوان تابعی از  $\Delta T$  برای کالیبراسیون همانطور که در شکل ۳.۹C نشان داده شده است رسم شده است.

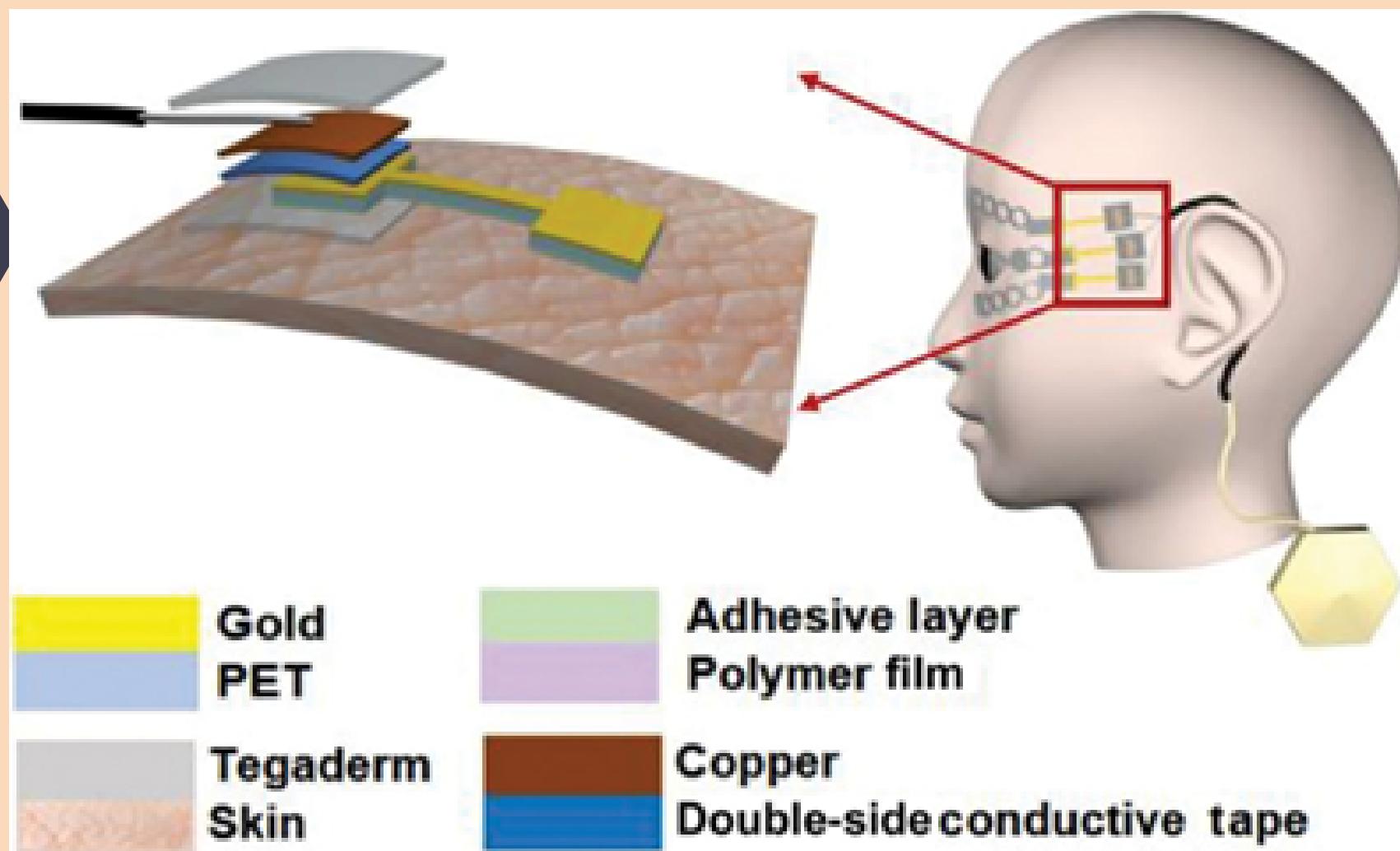


# SKIN HYDRATION SENSING :

سطح هیدراتاسیون پوست با امپدانس پوست در ارتباط است . بنابراین تغییر در امپدانس پوست را می توان در تغییرات سطح هیدراتاسیون پوست ترجمه کرد. با کاهش سطح هیدراتاسیون پوست، میزان امپدانس افزایش می یابد. امپدانس وابسته به فرکانس است و بنابراین واضح است که امپدانس های بالاتر در فرکانس های پایین تر برای همان سطح هیدراتاسیون پوست به دست می آیند. بنابراین، اندازه‌گیری امپدانس در فرکانس‌های پایین‌تر ممکن است منجر به حساسیت بالاتر شود، اما ممکن است بر سرعت اندازه‌گیری تأثیر بگذارد.



# ELECTRO OCULOGRAPHY:



EGO رمزگذاری مجدد اختلاف پتانسیل الکتریکی بین قرنیه و شبکیه چشم در طی حرکات کره چشم است. EOG در تشخیص اختلالات چشمی و روانی، ردیابی حرکت چشم، مطالعه خواب، فناوری های کمکی و HMI کاربرد دارد.

همچنین EOG همراه با EEG و EMG برای تشخیص اختلالات سیستم عصبی مانند بیماری های پیش رونده دژنراتیو عصبی حرکتی استفاده می شود.

اتصال سنسورهای GET EOG با ضخامت 350 نانومتر به طور مستقیم به سیستم جمع آوری داده صلب، در حالی که چندین مرتبه تفاوت بین مدول الاستیک آنها وجود دارد، منجر به خرابی مکانیکی سنسورها در آن رابط می شود. برای اتصال چنین سنسورهای نرم و نازکی به الکترونیک سخت یک راه افزایش تدریجی ضخامت و سفتی سیستم است که در شکل نشان داده شده است.

استفاده از چنین رویکردی می تواند توسعه سیستم های حسگر قابل حمل را برای ضبط و انتقال بی سیم داده ها به دستگاه های شخصی مانند گوشی های هوشمند و تبلت ها با استفاده از حسگرهای نرم و نازک امکان پذیر کند.

# ELECTRO OCULOGRAPHY:

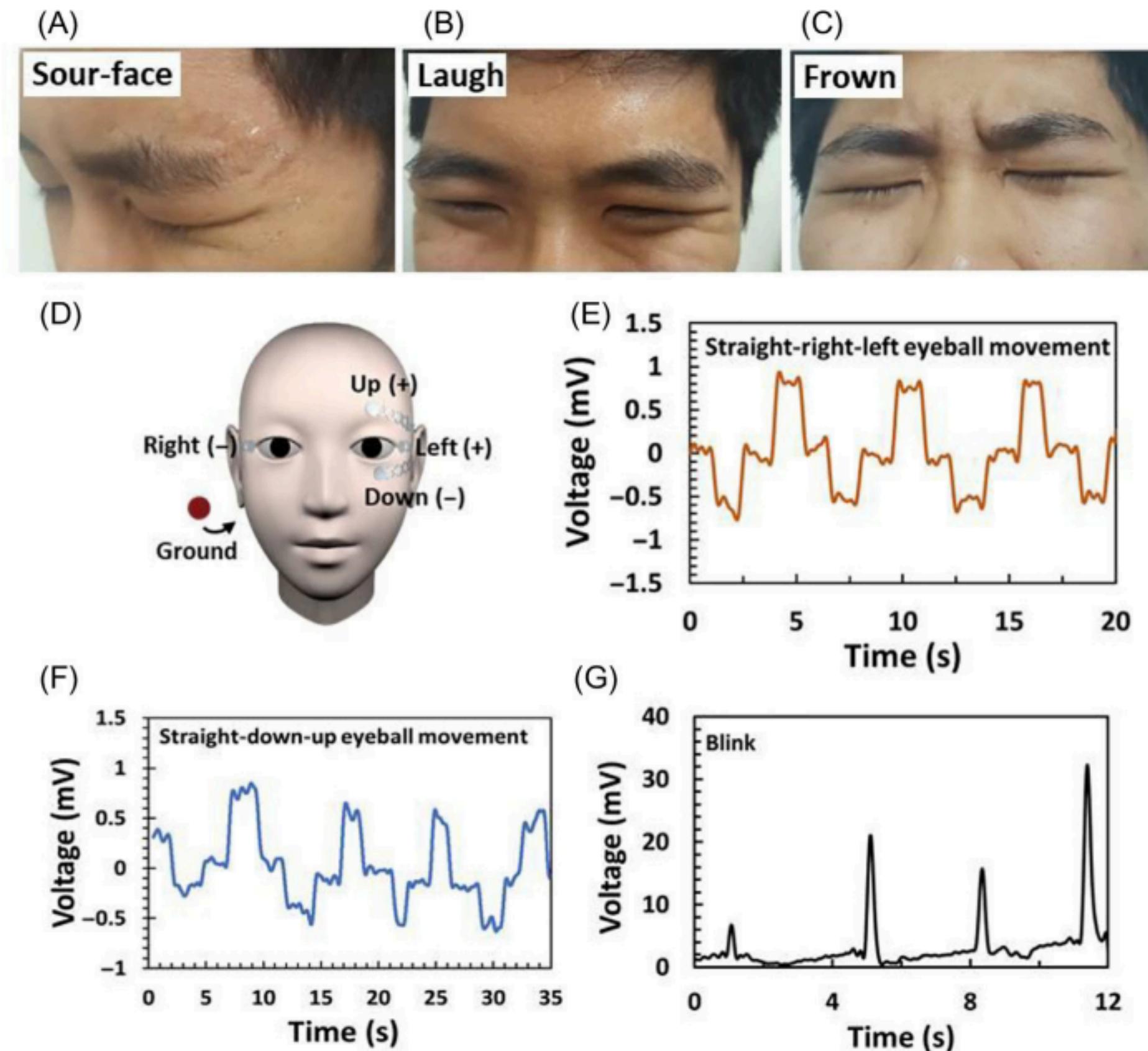
توسط سنسورهای نصب شده بر روی پوست اطراف چشم ثبت می شود. به طور معمول، الکترودهای ژل Ag/AgCl خشک و مرطوب برای اندازه گیری EOG استفاده می شود.

چنین الکترودهایی کم هزینه هستند اما ضخیم، سفت و ناخوشایند هستند که روی پوست ظریف اطراف چشم پوشیده شوند. این

سیگنال های EOG می توانند دامنه بزرگی 20-50 میکروولت در هر درجه حرکت چشم و فرکانس 30-0-30 هرتز داشته باشند.

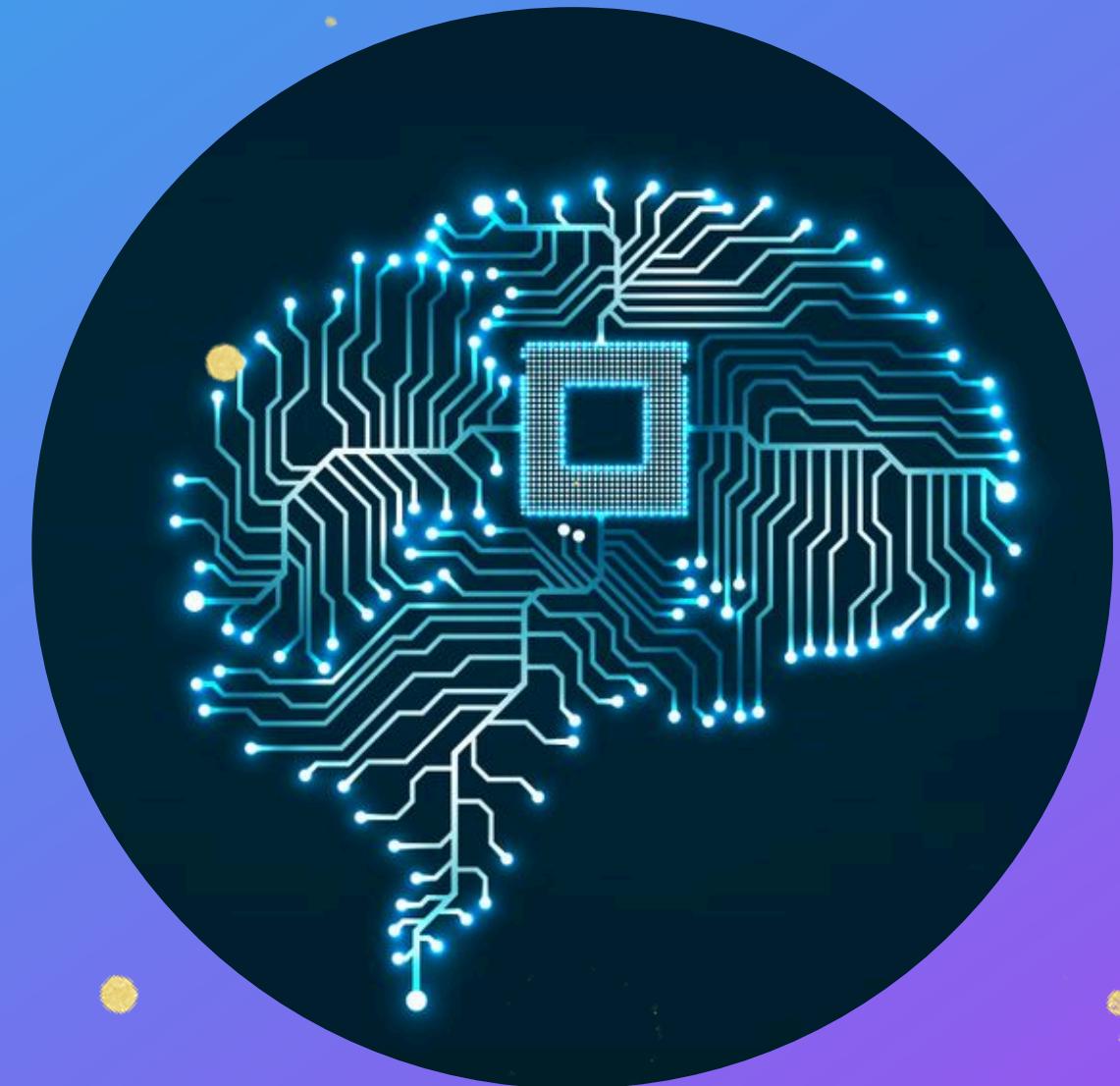
حسگر GET EOG دارای ضخامت 350 نانومتر و قابلیت کشش تا 50 درصد است. از نظر مکانیکی و نوری نامحسوس است،

آن را به یک حسگر عالی برای ضبط طولانی مدت از صورت در طول فعالیت های روزانه تبدیل می کند.



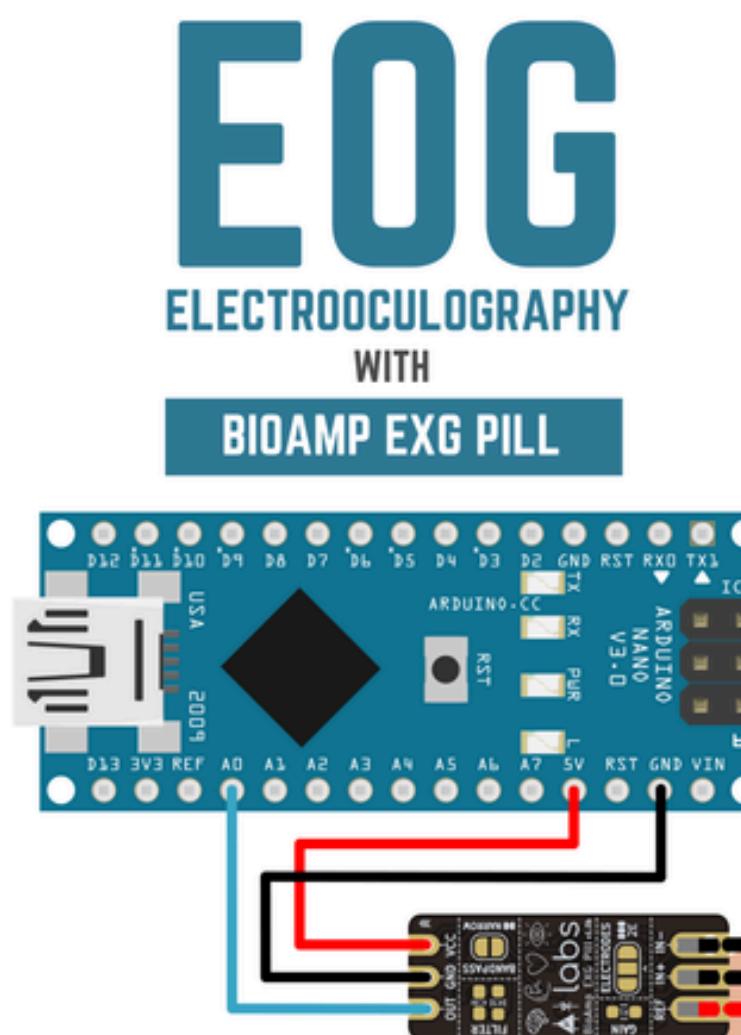
# HUMAN-MACHINE INTERFACE

حالکوبی گرافن پتانسیل بازتعریف رابط بین انسان و ماشین را با عمل به عنوان مجرای بین دنیای دیجیتال و فیزیکی دارد. با گنجاندن حسگرها و محرک ها در حالکوبی ها، کاربران می توانند به طور یکپارچه با اشیاء و محیط های مجازی تعامل داشته باشند. این امکان را برای تجارب واقعیت افزوده، بهبود کنترل پروتز و افزایش ارتباطات بین انسان و ماشین باز می کند. از کاربردهای HMI می توان به فناوری کمکی، اتوماسیون صنعتی، ساختمان های هوشمند و غیره اشاره کرد.



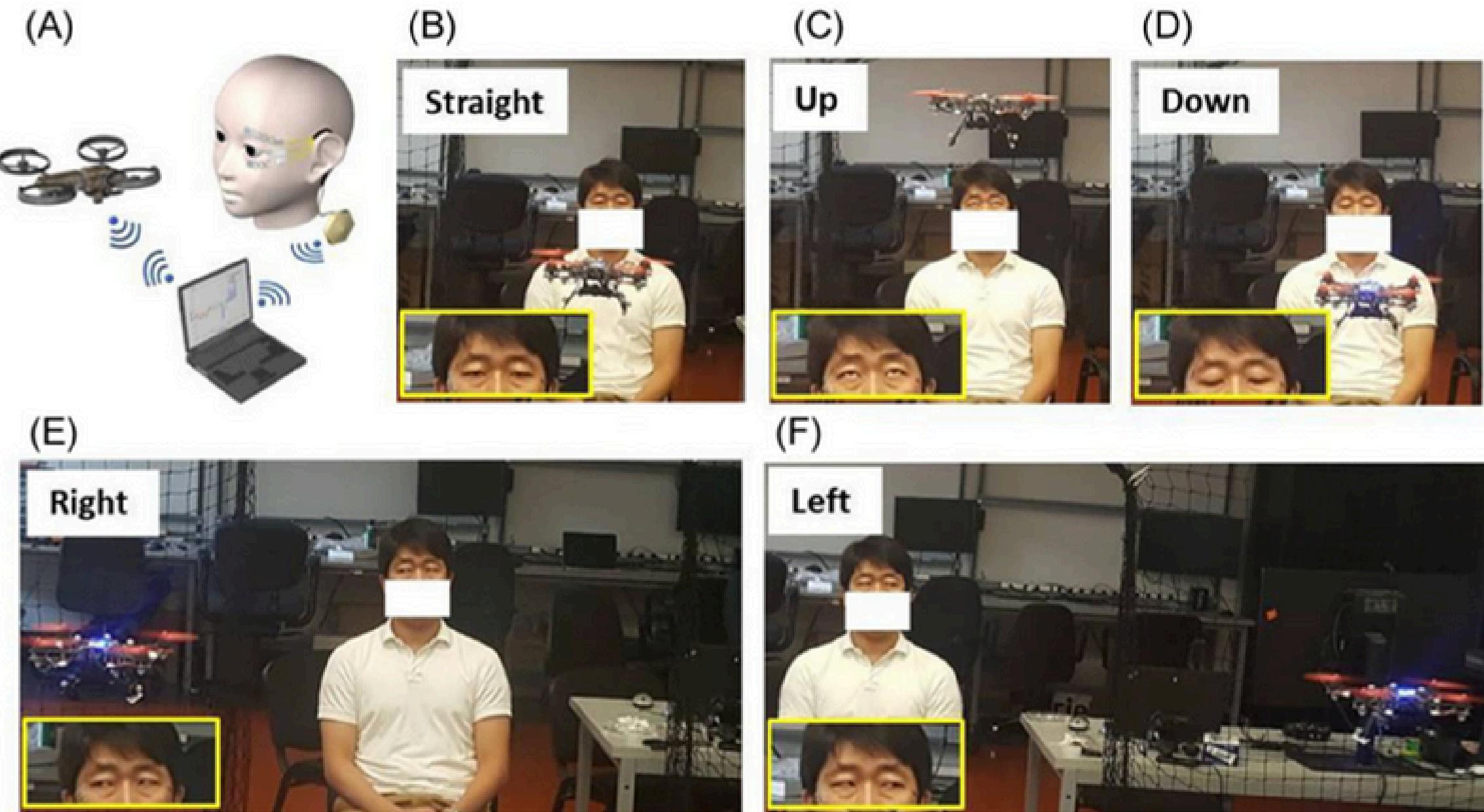


# HUMAN-MACHINE INTERFACE



سیگنال های EOG ثبت شده توسط حسگرهای GET EOG را می توان برای HMI استفاده کرد. کنترل یک کوادکوپتر توسط حرکات چشم، که با استفاده از سیگنال های EOG ثبت شده توسط حسگرهای GET نشان داده شده است، در این بخش مورد بحث قرار خواهد گرفت [23]. برخی از سیگنال های الکتروفیزیولوژیکی دیگر مانند EEG و EMG نیز می توانند برای کاربردهای HMI مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، سیگنال های EOG پیچیدگی کمتری دارند و دارای شکل موج ساده هستند.

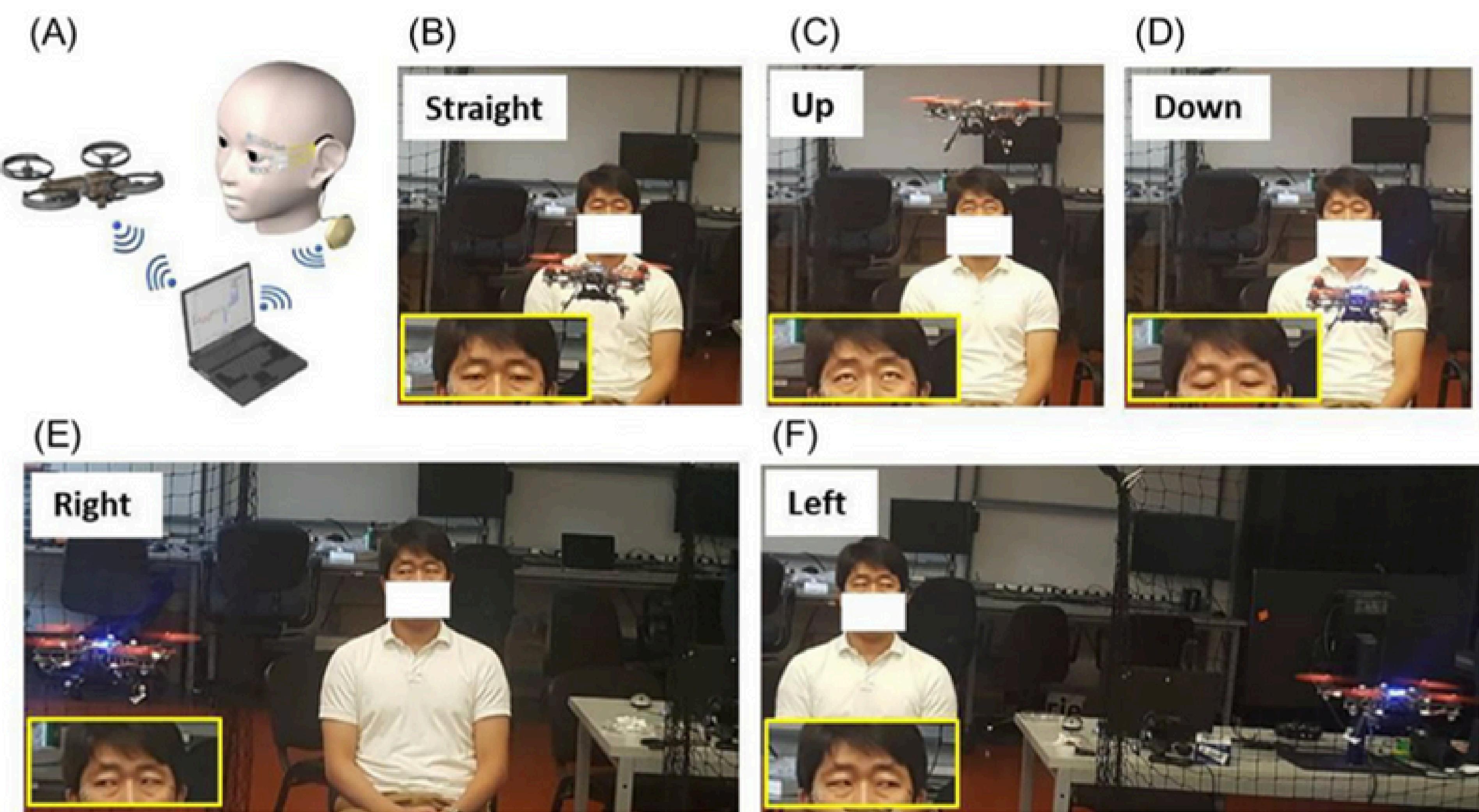
# HUMAN-MACHINE INTERFACE



حسگرهای لایه‌بندی شده در اطراف چشم به سیستم جمع‌آوری داده متصل می‌شوند. از آنجایی که حسگرها بسیار نازک و از نظر نوری شفاف هستند، به سختی روی پوست قابل مشاهده است. داده‌های EOG به دست آمده به صورت بی‌سیم به یک لپ‌تاپ ارسال می‌شوند که در آنجا پردازش داده‌های بیشتری برای کنترل کوادکوپتر اعمال می‌شود.

حرکات راست/چپ و بالا/پایین چشم با بالا و پایین رفتن پتانسیل الکتریکی تشخیص داده می‌شود.

ولتاژ آستانه به منظور تشخیص حرکات چشمک زدن ( $500\mu V$ ), راست ( $400\mu V$ ), چپ ( $2400\mu V$ ), بالا ( $400\mu V$ ) و پایین ( $2400\mu V$ ) تنظیم می‌شود.



# THANK YOU

GRAPHENE SENSORS FOR  
HUMAN HEALTH MONITORING

HADI-QASEMIAN

