

[www.hkplexon.com](http://www.hkplexon.com)

纳米级高密度同步神经记录  
*SIMAPS*  
CMOS-APS电极

## SiNAPS (Simultaneous Neural Active Pixel Sensor)

是由 Plexon 公司和 Corticale 公司合作推出的一款植入式有源像素传感器 CMOS 电极 (CMOS-probe)，用于大规模神经元电活动的同步记录。SiNAPS 作为一款小面积、超低功耗的植入式电极可以实现分辨率的大脑电活动的记录。由于采用了有源像素传感器 (Active Pixel Sensor, APS) 架构，可以用更少的布线实现更高的电极阵列密度，从而实现高通量、高密度的电极记录。并且用户无需选择记录的通道，可实现 256-1024 通道所有通道的同时采集。配合 Plexon 公司强大成熟的 OmniPlex 系统，可以在 SiNAPS 上实现参考 (reference)、阈值检测 (threshold)、剔除 (culling) 和分类 (spike sorting) 等功能，让高通量记录摆脱纯数据流式的采集。

### SiNAPS 电极优势

#### 模块化电路架构：

通用模块化架构，可根据任何客户和应用的需求提供量身定制的快速解决方案。

#### 灵活的制造流程：

可对 CMOS-probes 进行低成本原型设计。

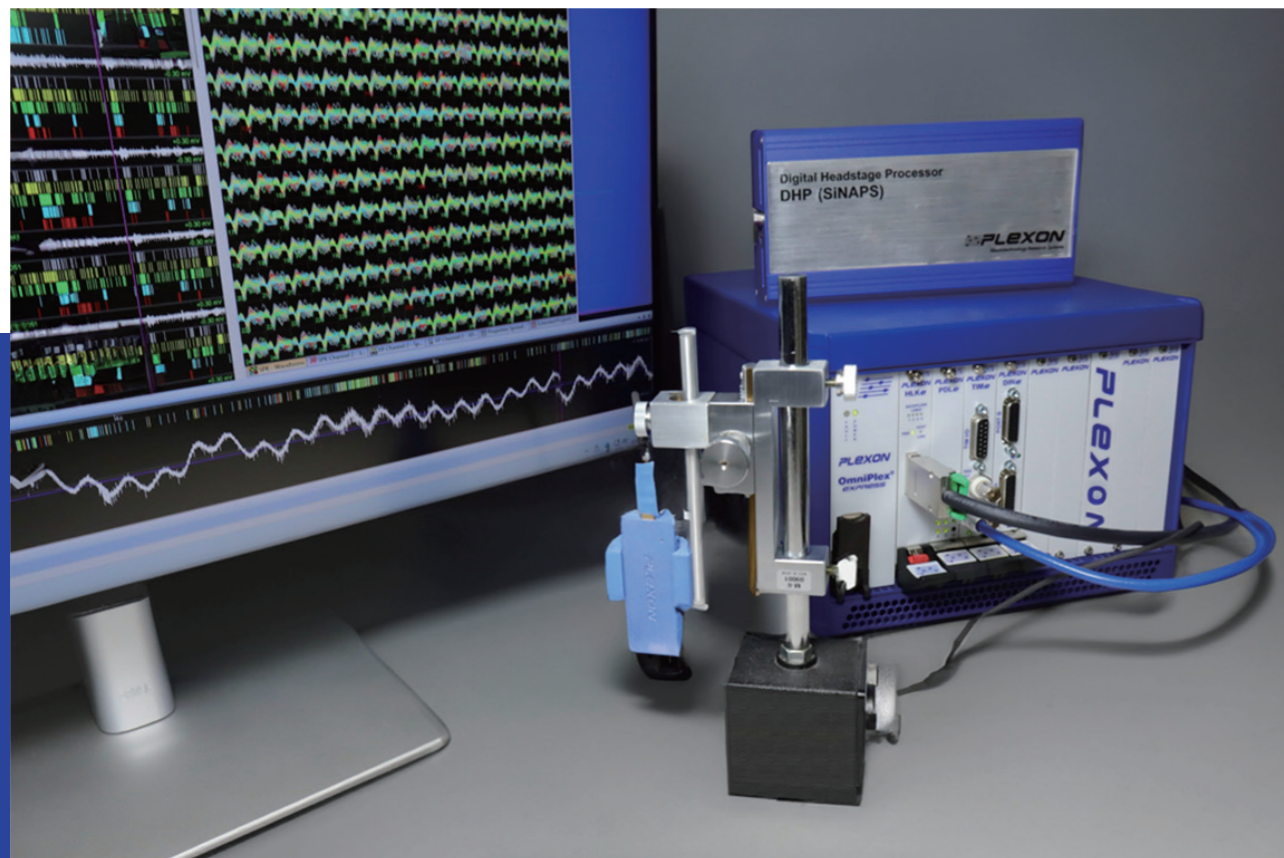
#### 紧凑且可扩展的设备：

电极点的排列非常紧凑，并且具有局部前端放大电路，使其能够实现更高密度的电极阵列，并且可以各个电极点同时记录。



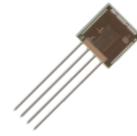
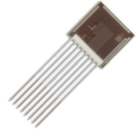


## SiNAPS 硬件设备

- ◆ Chassis (采集主机)
- ◆ DHP-S processor (处理器)
- ◆ Adapter (数模转换)
- ◆ SiNAPS probe
- ◆ PDL (连接 PC 和 Chassis)
- ◆ Blue cable (连接 DHP-S 和 Chassis)
- ◆ Probe Tester Unit (电极测试模块)
- ◆ System Tester Unit (系统测试模块)
- ◆ 工作站

## SiNAPS 硬件连接图

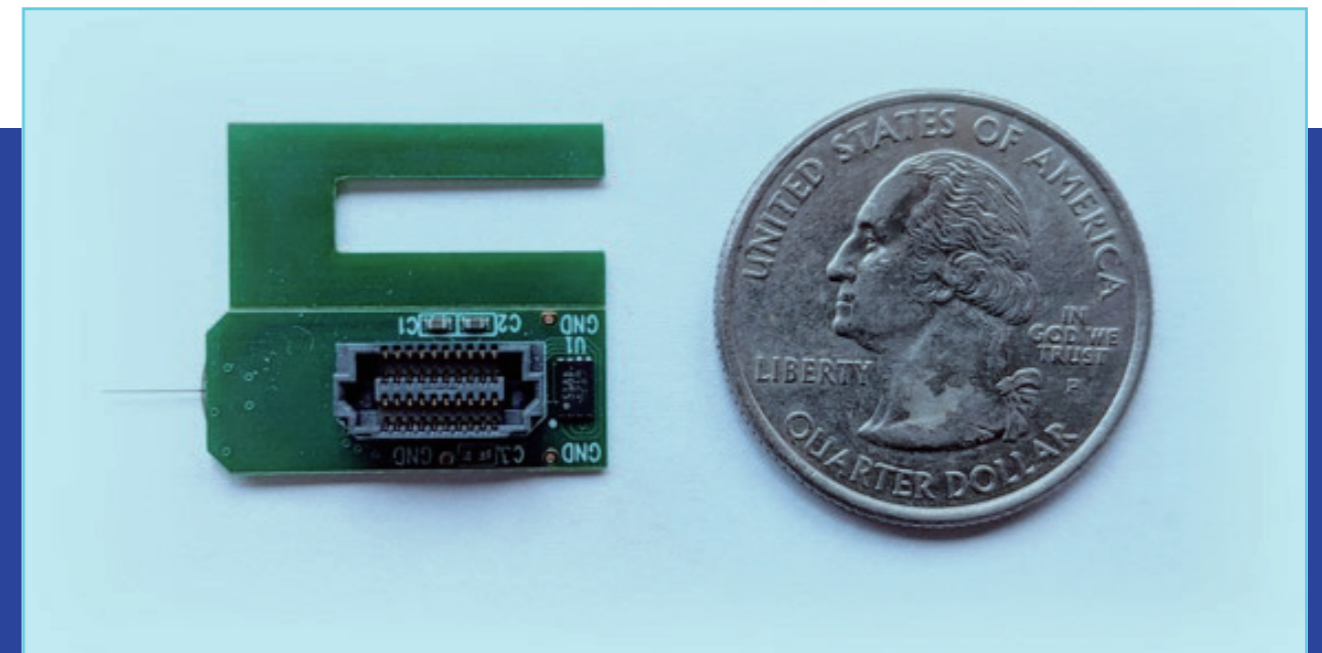


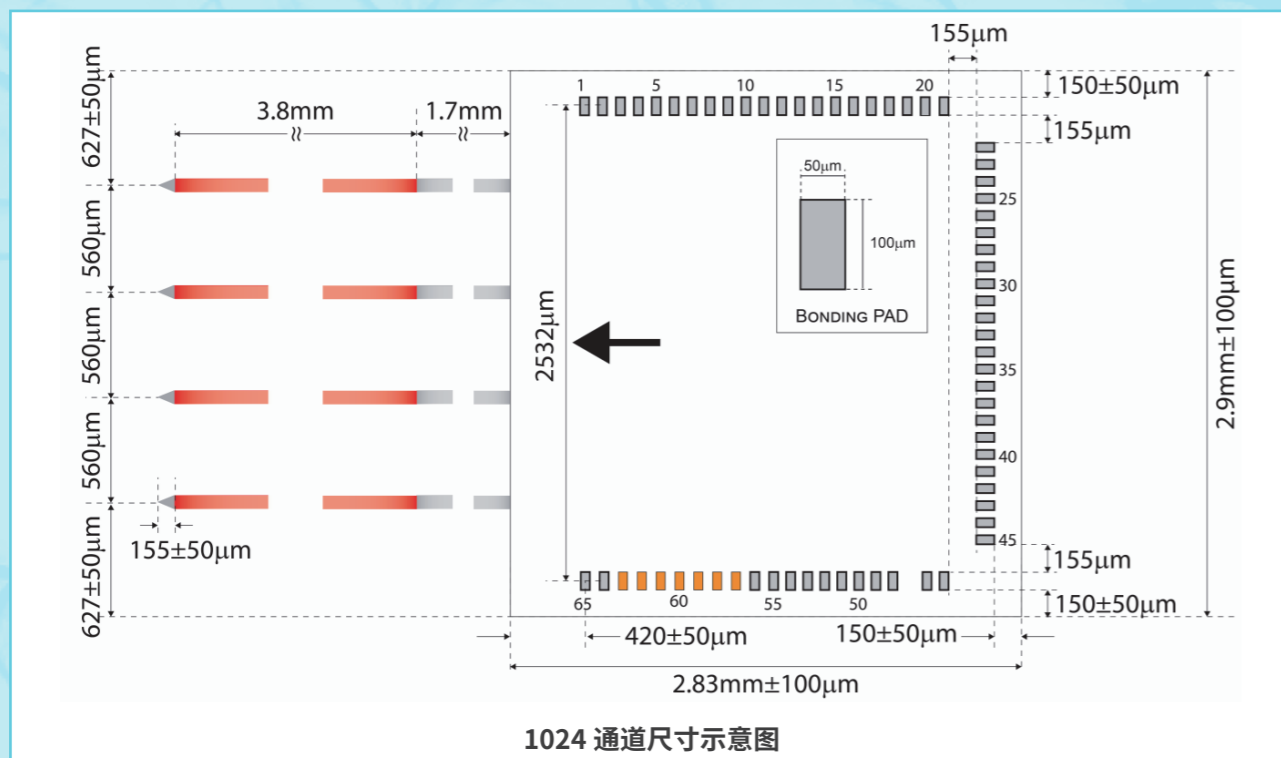
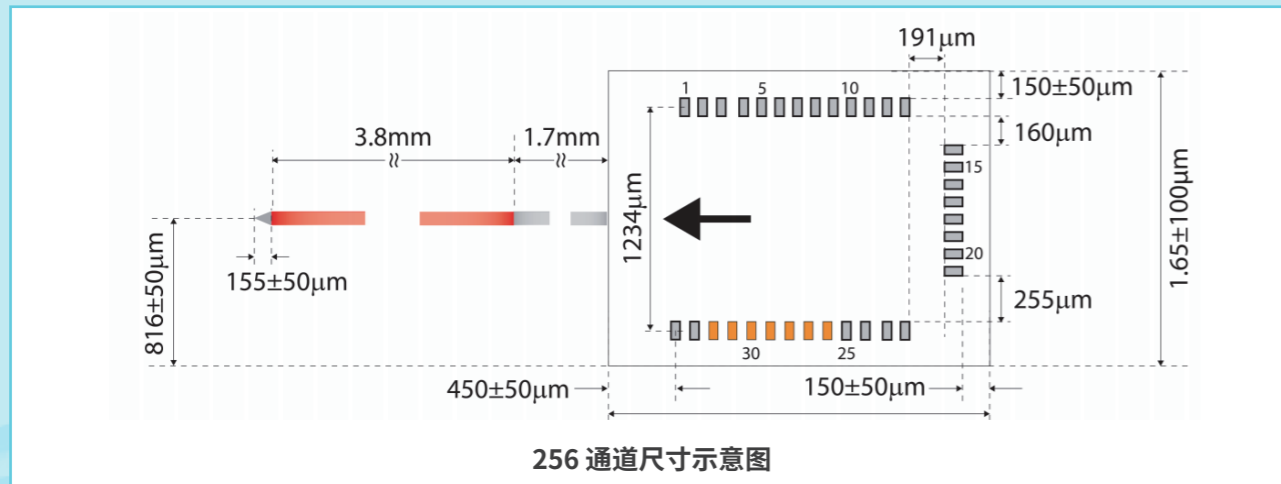
## SiNAPS 电极规格

						
#recording channels		256	1024	1024	512	512
#shanks		1(2 cols)	4(2 cols)	8(2 cols)	1(2 cols)	1(4 cols)
Recording area		3.8mm	3.8 x 1.7mm <sup>2</sup>	1.9 x 2.1mm <sup>2</sup>	7.7mm	3.8mm
Device Size [LxWxT] (implantable part)		6 x 0.09 x 0.05mm <sup>3</sup>	6 x 0.09 x 0.05mm <sup>3</sup> (per shank)	5 x 0.09 x 0.05mm <sup>3</sup> (per shank)	10 x 0.09 x 0.05mm <sup>3</sup>	7 x 0.16 x 0.05mm <sup>3</sup>

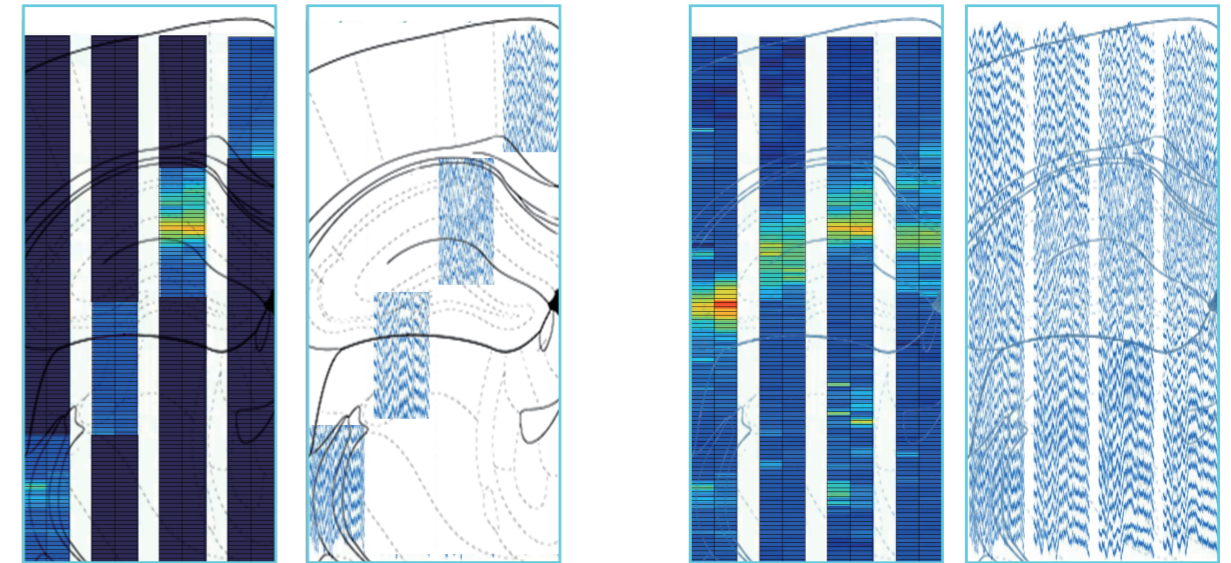
SiNAPS 搭配的 probes 利用有源像素传感器 (APS) CMOS 技术来实现高通道、高密度配置，这些配置现已完全集成到 OmniPlex 硬件和软件包中。借助 SiNAPS 和 OmniPlex，Plexon 用户可以在高密度封装的 CMOS 电极中记录数百到数千个通道，并使用 OmniPlex 所有复杂的在线处理功能（在线 sorting、参考、可视化等）。

## SiNAPS 电极尺寸





### SiNAPS 电极突出优势



#### OTHER PROBES

- ◆ 需要预选通道
- ◆ 需要多次连续采集来记录神经环路

#### SiNAPS PROBES

- ◆ 整个阵列同时读出
- ◆ 单次采集即可记录整个神经环路

SiNAPS 电极是高通道数的有源电极，类似于目前流行的其他硅基有源电极。然而，SiNAPS 电极的独特之处在于能够同时记录所有电极位点，而不仅仅是一个子集。这意味着用户可以从 256 通道 SiNAPS 电极的所有 256 个通道进行记录。512 通道和 1,024 通道电极也是如此。

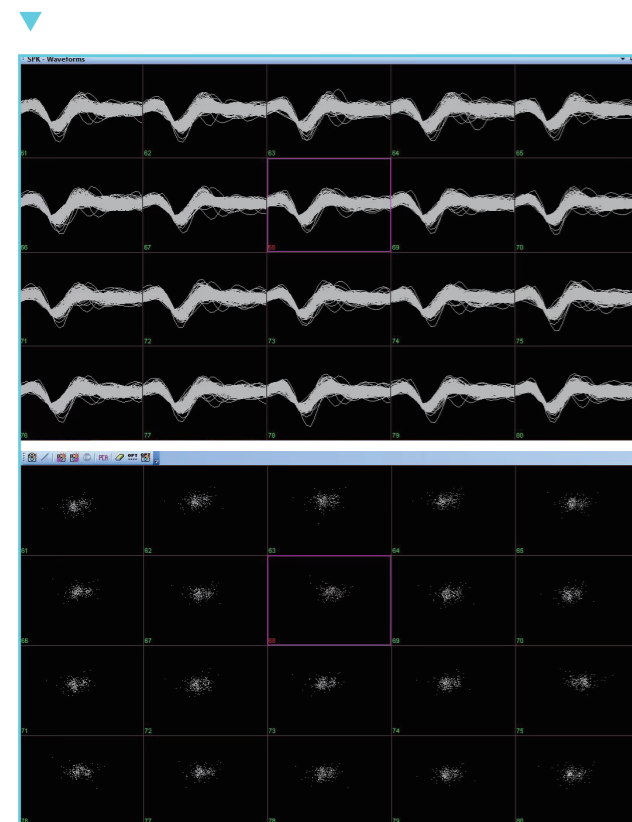
### SiNAPS技术参数

Amplifier	In-pixel (DC-input)
Electrode Size	15 x 15 µm <sup>2</sup>
Electrode Pitch	29 µm
Sampling Frequency	40 kHz/channel effective sampling rate
Electrode/Channels	256, 512, 1024
Shank Separation	560 µm (only for multi-shank probe)
RMS noise	6.5 µV (in action potential band)
Electrode Material	Pt
Power Consumption	<6 µW/electrode-pixel

## OmniPlex系统结合SiNAPS的功能优化

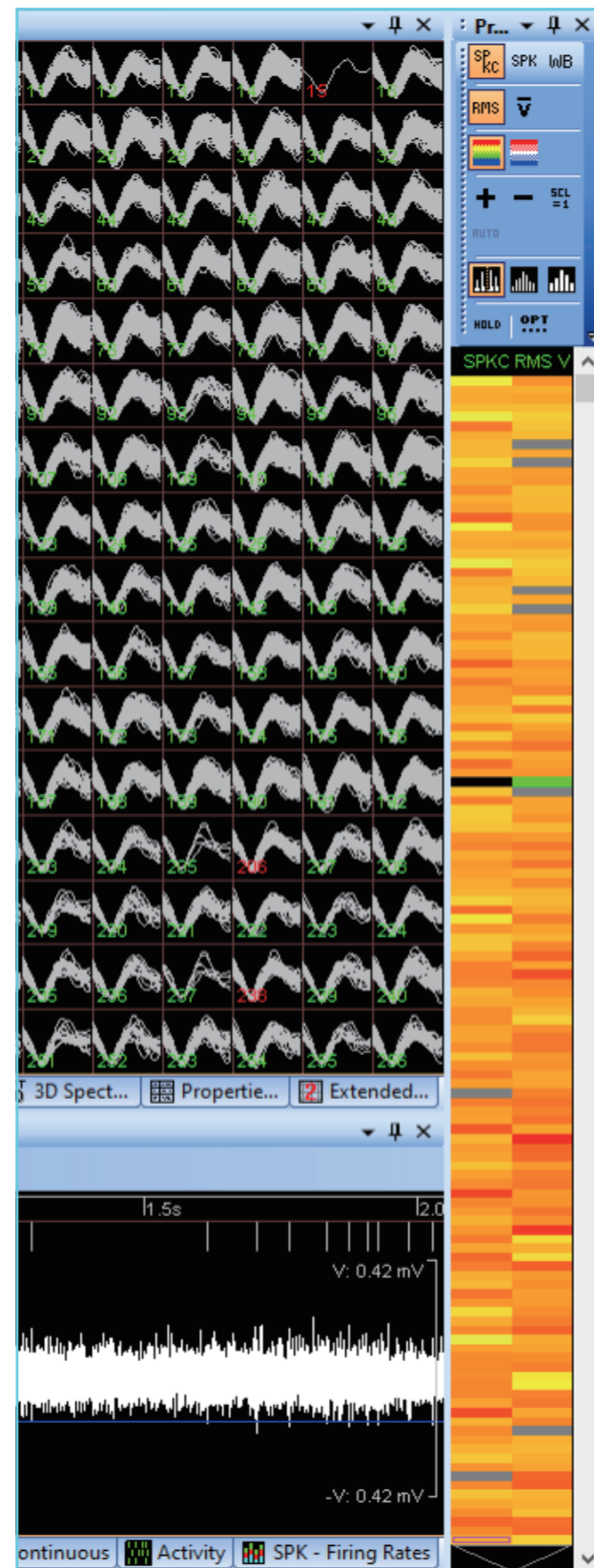
### SiNAPS 自动校准

自动校准是一种自动优化 SiNAPS 电极的功能，以获取每个通道最高的信号质量和动态范围。SiNAPS 电极支持手动和自动校准。系统会将超出量程的通道在 PlexControl 系统中用红色标识，并可将所有异常通道一键关闭。

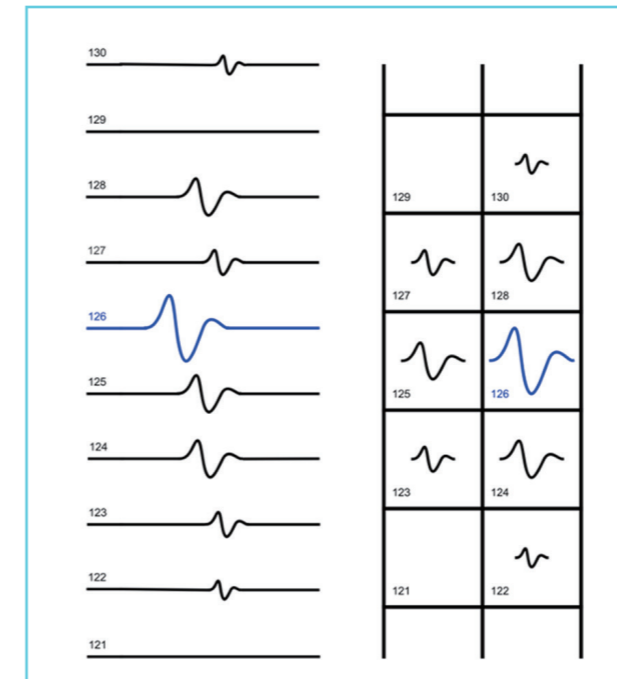


### SiNAPS 电极视图

针对 SiNAPS 电极高密度的特点，OmniPlex 系统增加了电极视图，以热图的形式显示所有通道中连续信号能量的分布或检测到的 spike 活动，以及显示对应的分布直方图。便于用户直观的查看记录信号的时空分布。

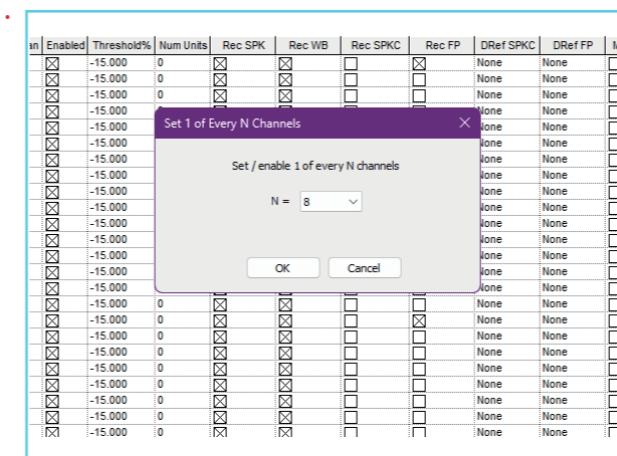


## SiNAPS 在线剔除 (culling) 和分类 (spike sorting)

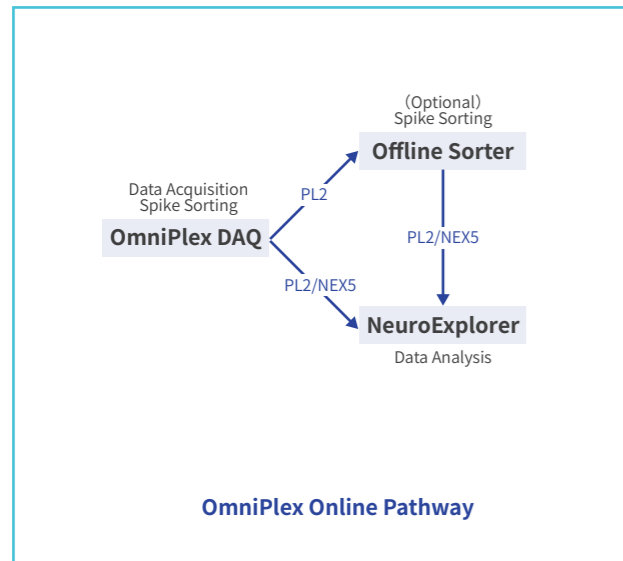


SiNAPS 这类 CMOS 电极因为极高的电极密度会导致一个细胞的动作电位被多个相邻的电极所捕获。这提供了关于每个 spike 的额外时空信息，比如获得 spike 的相对振幅和时间偏移。但这会导致以往检测 spike 的方法会检测到大量且重复的 spike，目前针对这种高通量数据处理的方法都是离线采用 Kilosort 或 SpyKING 等工具进行处理。Plexon 提供了一种在线的分析方法，采用剔除 (Culling) 算法，在多个相邻电极点上检测到 spike 时，OmniPlex 会保留时空范围内幅度最大的 spike。如图所示，黑色的 spike 将被剔除，而蓝色的 spike 将被保留。

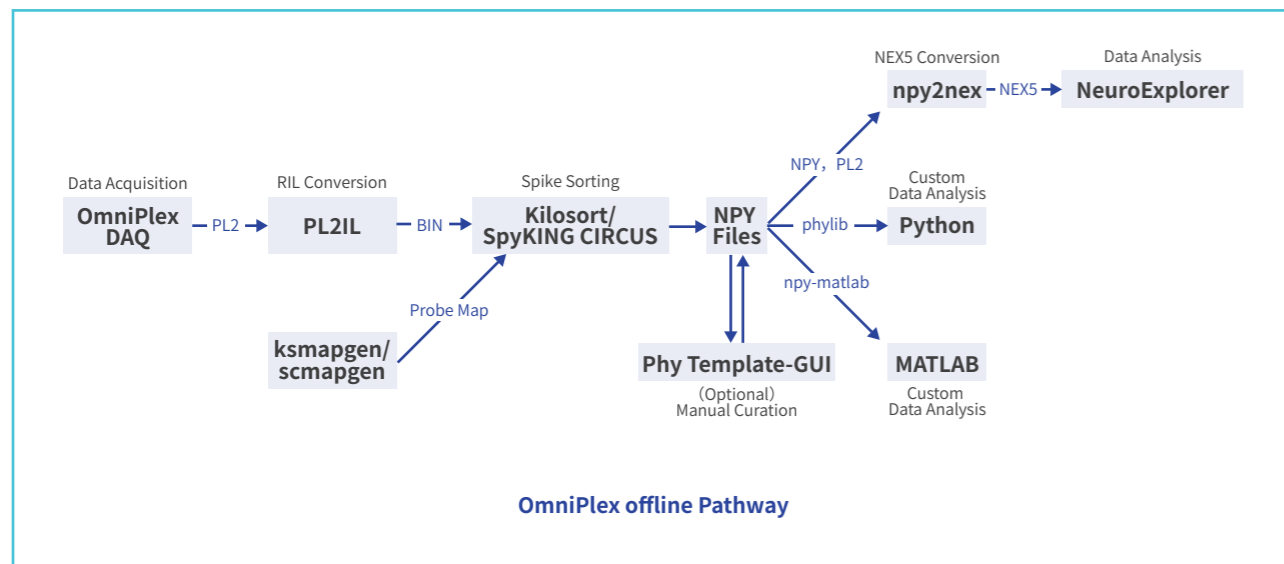
## SiNAPS 记录



SiNAPS 在线和离线数据分析



得益于 pl2 文件格式，与其他开源或商用格式相比，SiNAPS 和 OmniPlex 用户可以在离线数据处理时更快的进行数据读取。同时 Plexon 也提供了 Plexon SDK 和相应的软件使 pl2 文件格式可以与 Kilosort, SpyKING 等离线数据处理软件兼容。Plexon 为 SiNAPS 用户提供了两种不同精度的数据分析方法。一种是在线的数据经过剔除 (culling) 算法后的数据，用户可以像之前使用 OmniPlex 系统一样用 Offline Sorter 和 NEX 进行快速的数据分析处理。用户也可以将记录的原始数据转出到 Kilosort 或 SpyKING 软件进行精细的离线数据分析处理。



参考文献

Ribeiro, J. F. et al. (2022) Channels, layout and size scalability of implantable CMOS-based multielectrode array probes.

Boi, F. et al.(2021) Coupling sinaps high-density neural recording CMOS-probes with optogenetic light stimulation.

Ribeiro, J. F. et al. (2021) Bioelectrodes for high-channel count and small form factor CMOS neural probes .

Boi, F. et al. (2020) Multi-shanks SiNAPS Active Pixel Sensor CMOS probe: 1024 simultaneously recording channels for high-density intracortical brain mapping.

Angotzi, GN. et al. (2019) SiNAPS: An implantable active pixel sensor CMOS-probe for simultaneous large-scale neural recordings.

