

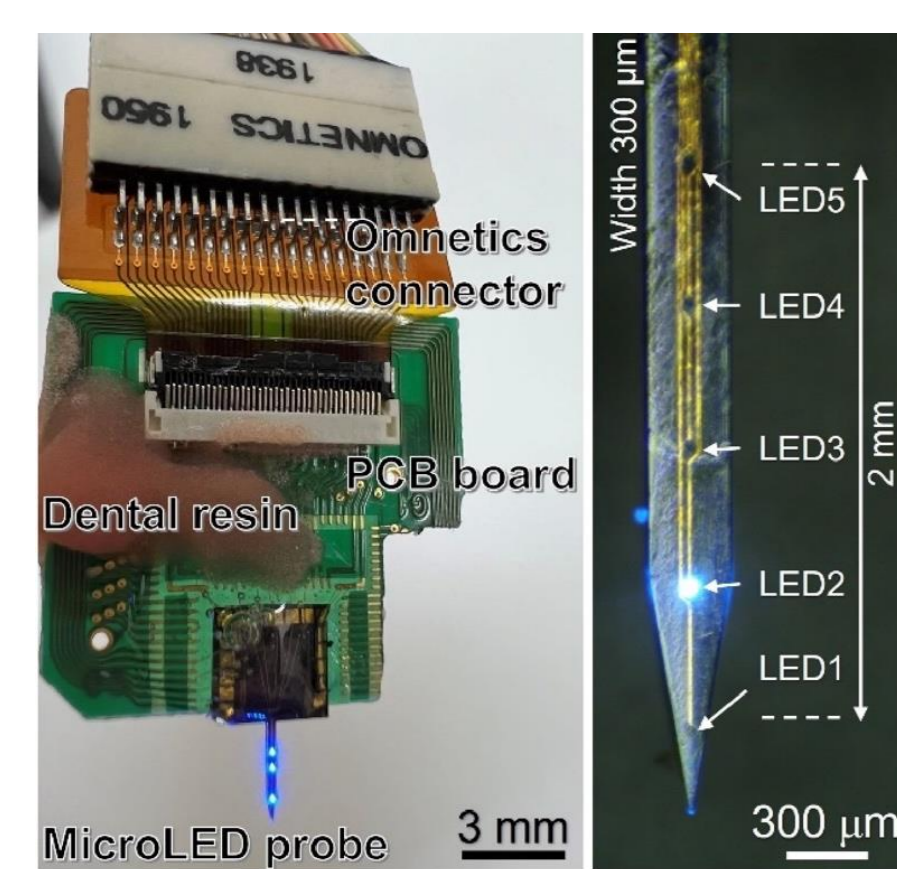


# 神経科学研究への応用を目指した神経プローブのハイブリッド集積技術

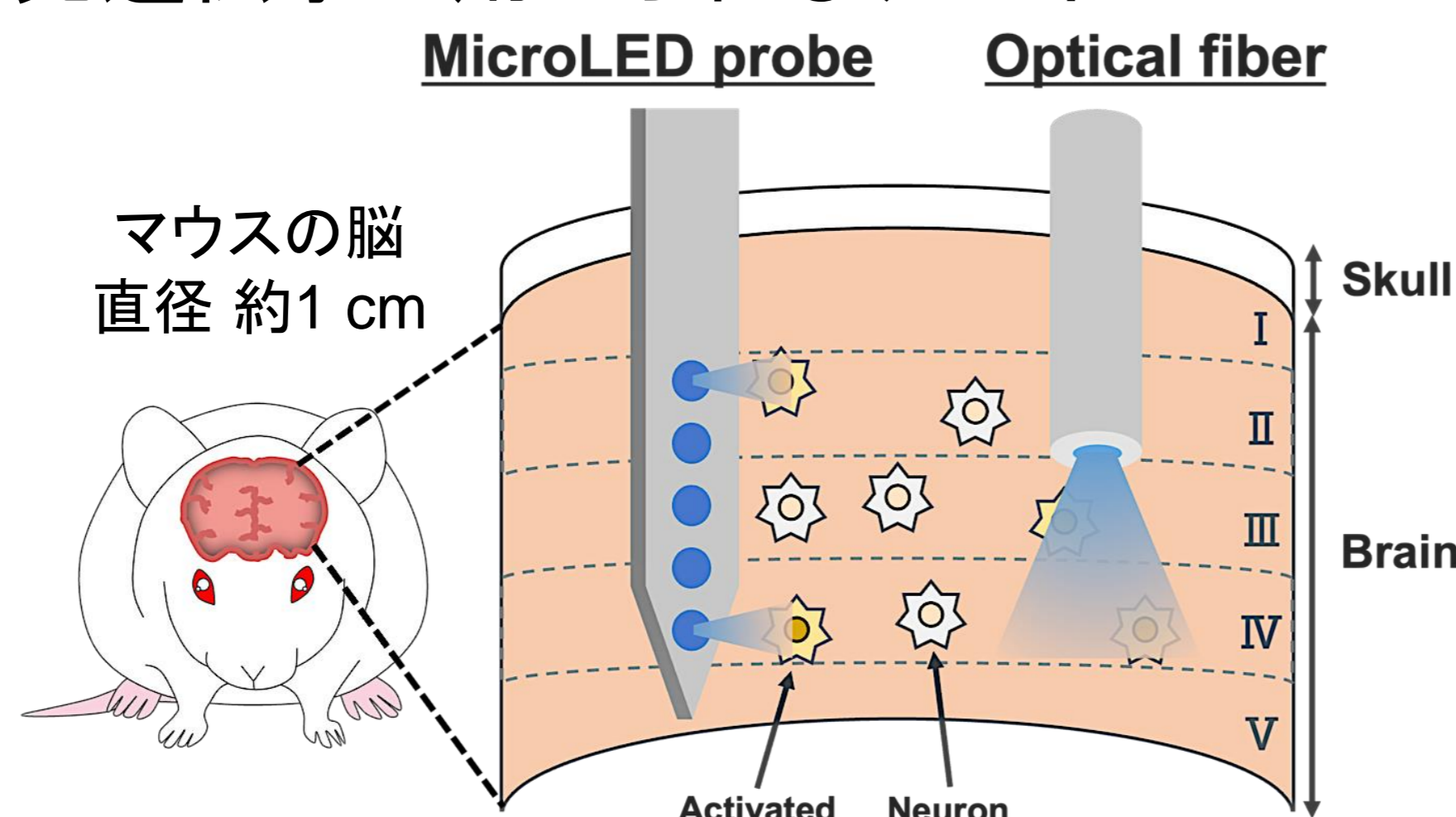
## Hybrid integration technology of neural probes for neuroscience research

篠原豪太<sup>1</sup>, 小田航<sup>1</sup>, 西川敦<sup>2</sup>, A. Loesing<sup>2</sup>, 安永弘樹<sup>1</sup>, 関口寛人<sup>1</sup>  
豊橋技術科学大学<sup>1</sup>, ALLOS Semiconductors GmbH<sup>2</sup>

### 1. 脳機能解明のための半導体デバイス



**マイクロLEDプローブ**  
針上に複数のマイクロLEDを集積した  
光遺伝学に用いられるデバイス

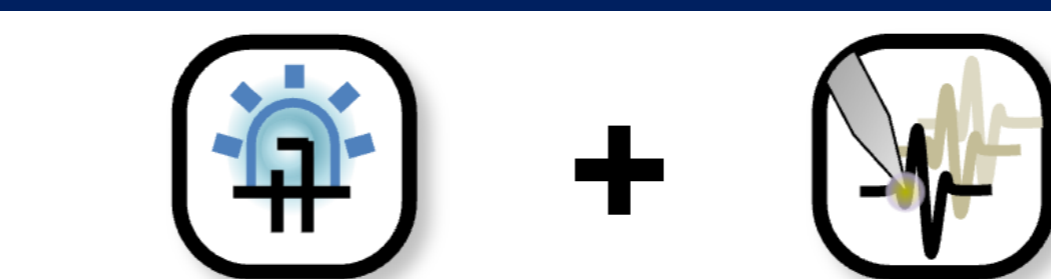


- ✓ 深さ方向に対する多点刺激
- ✓ 領域内での局所刺激
- ✓ 高い時間及び空間分解能

**複雑な脳神経ネットワークの解明に貢献**

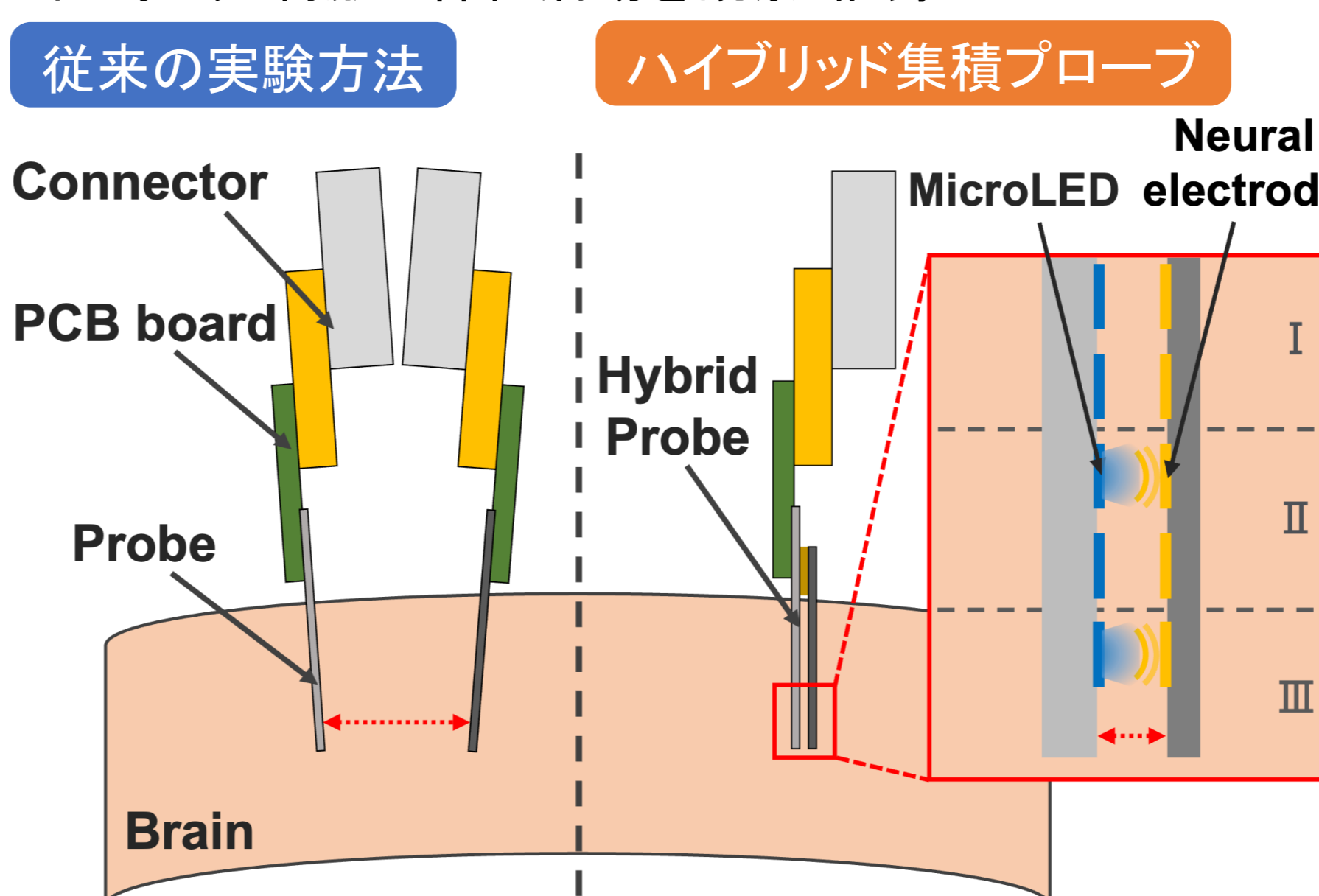
[1] H. Yasunaga, et al., *Opt. Express*, **30**, 40292-40305 (2022). [2] Scharf, R., et al., *Sci. Rep.* **6**, 28381 (2016).

### 2. 新たな神経科学ツール作製技術の開発



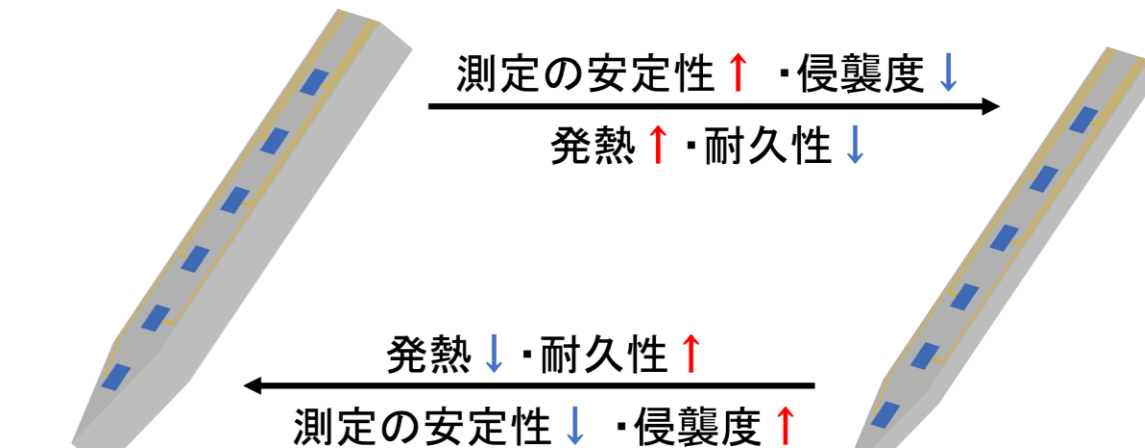
**発光領域に神経電極を設置することで  
層構造への理解が大幅に進歩**

Light stimulation: 複数の脳細胞を同時に光刺激  
Recording: 複数の脳細胞の神経活動を観察・記録



#### ■ プロブデバイスの課題

➢ 厚みによる発熱や測定への影響



➢ 脳組織への影響が少ない  
薄型プロブデバイスの作製

➢ 設置スペースが限定的  
➢ 同一細胞の制御・計測が困難

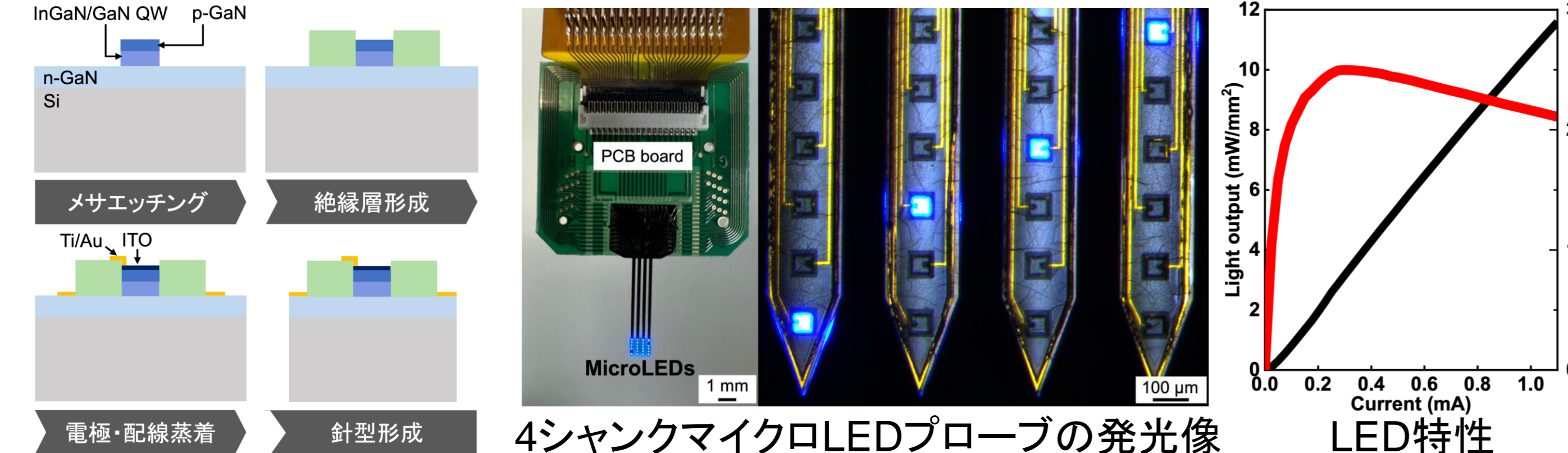
➢ LEDと神経電極を対向させた積層実装技術の開発

【本研究の目的】

**マイクロLEDと神経電極のハイブリッド集積デバイスの開発**

### 3. プロブデバイスの薄型化技術

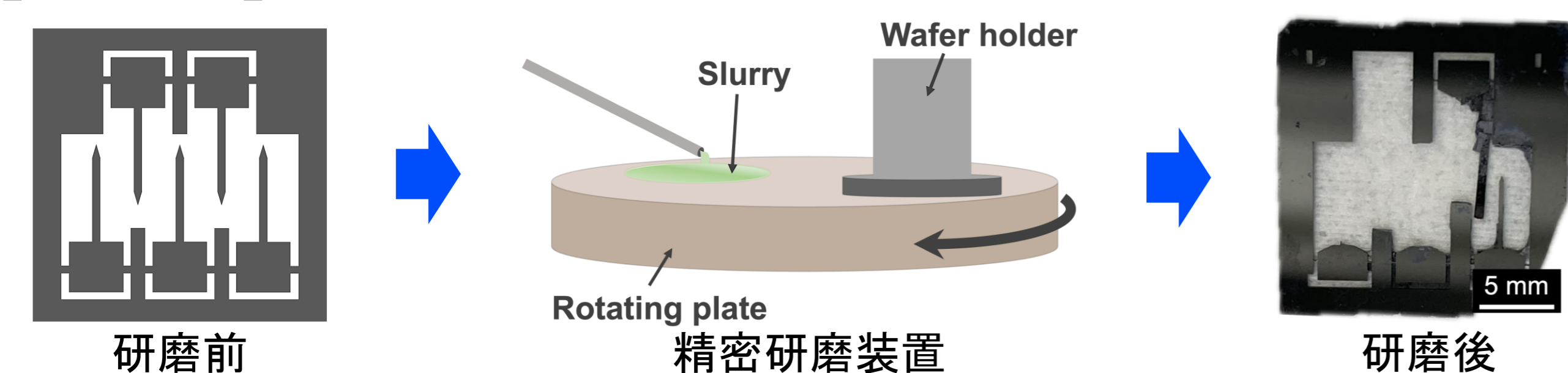
#### □ マイクロLEDプローブの作製方法



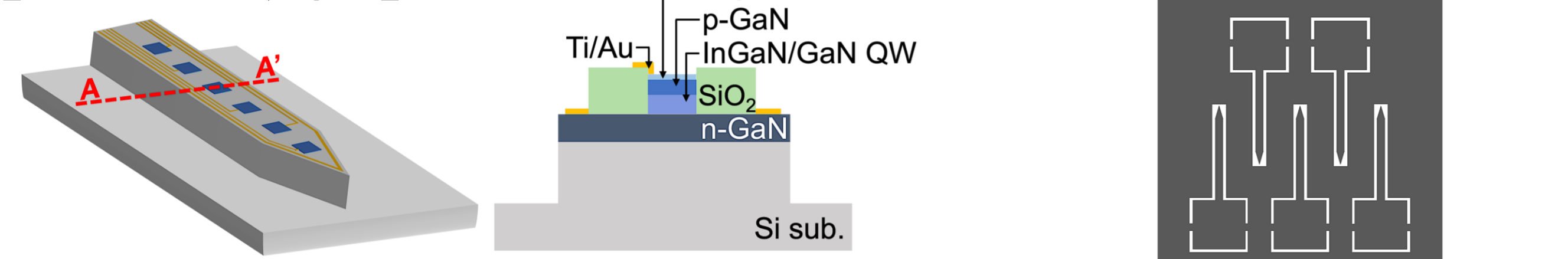
#### □ 薄型マイクロLEDプローブの作製

精密研磨装置を用いた裏面研磨を検討

【問題点】 プロブの落下や折れ・欠け



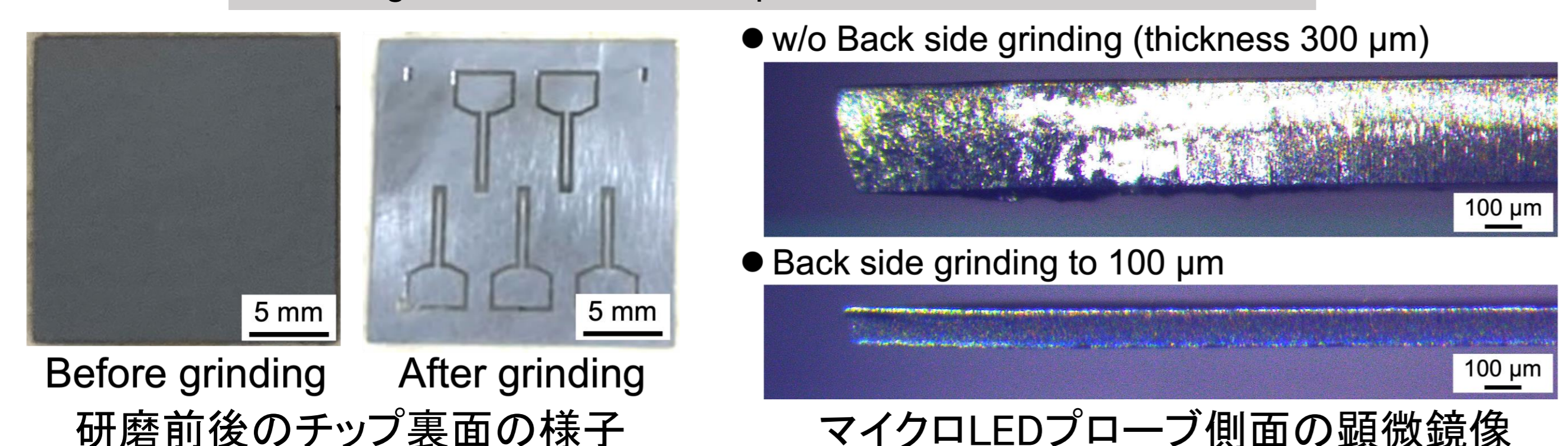
【プロセス改善】



- ① 目的のプロブ厚さまでエッチング
- ② エッチング幅の変更

【結果】

【研磨条件】 スラリー(粒子径): 緑色SiC(<13 μm), コロイダルシリカ(<250 nm)  
加重: 3 kg プレート回転数: 50 rpm 時間: 10 min



**針型構造への影響なくプローブの薄型化を実現**

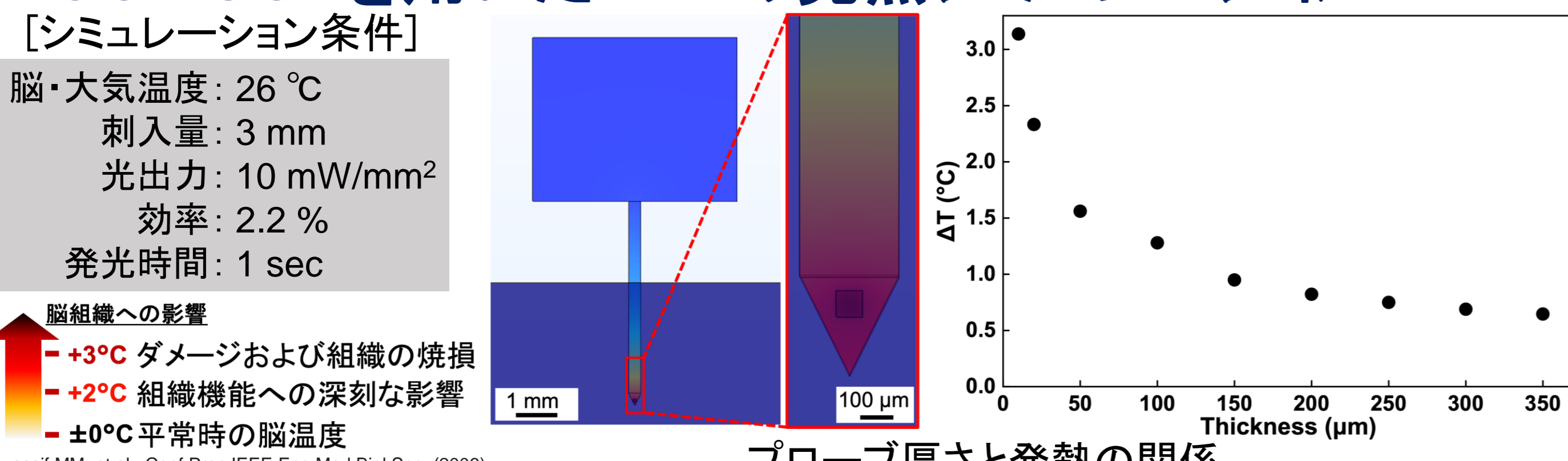
#### □ COMSOLを用いたLEDの発熱シミュレーション

【シミュレーション条件】

脳・大気温度: 26 °C  
刺入量: 3 mm  
光出力: 10 mW/mm<sup>2</sup>  
効率: 2.2 %  
発光時間: 1 sec

脳組織への影響  
+3°C: ダメージおよび組織の焼損  
+2°C: 組織機能への深刻な影響  
±0°C: 平常時の脳温度

Etwassif MM, et al., *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* (2006)

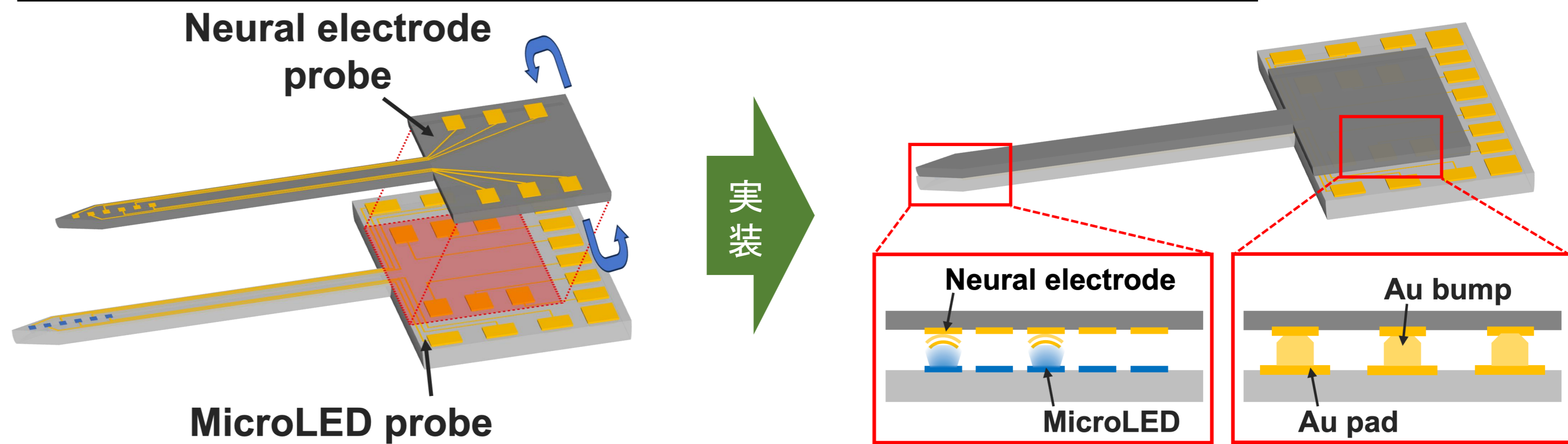


**薄型化による発熱が+2 °C未満であることを確認**

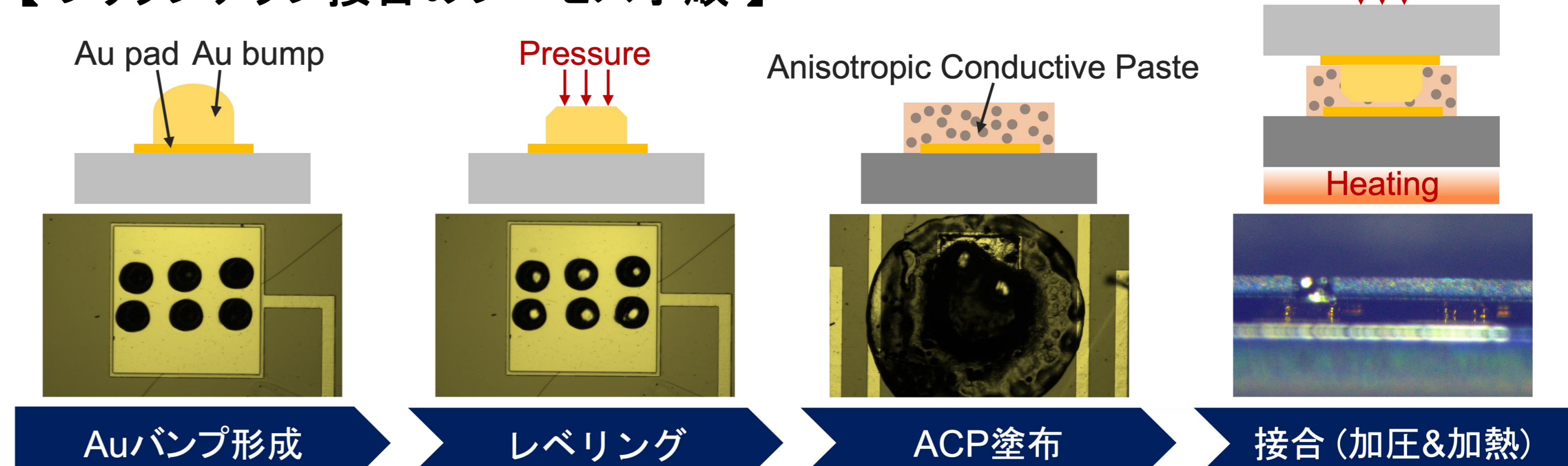
### 4. ハイブリッド集積技術

#### □ フリップチップ接合による一体化

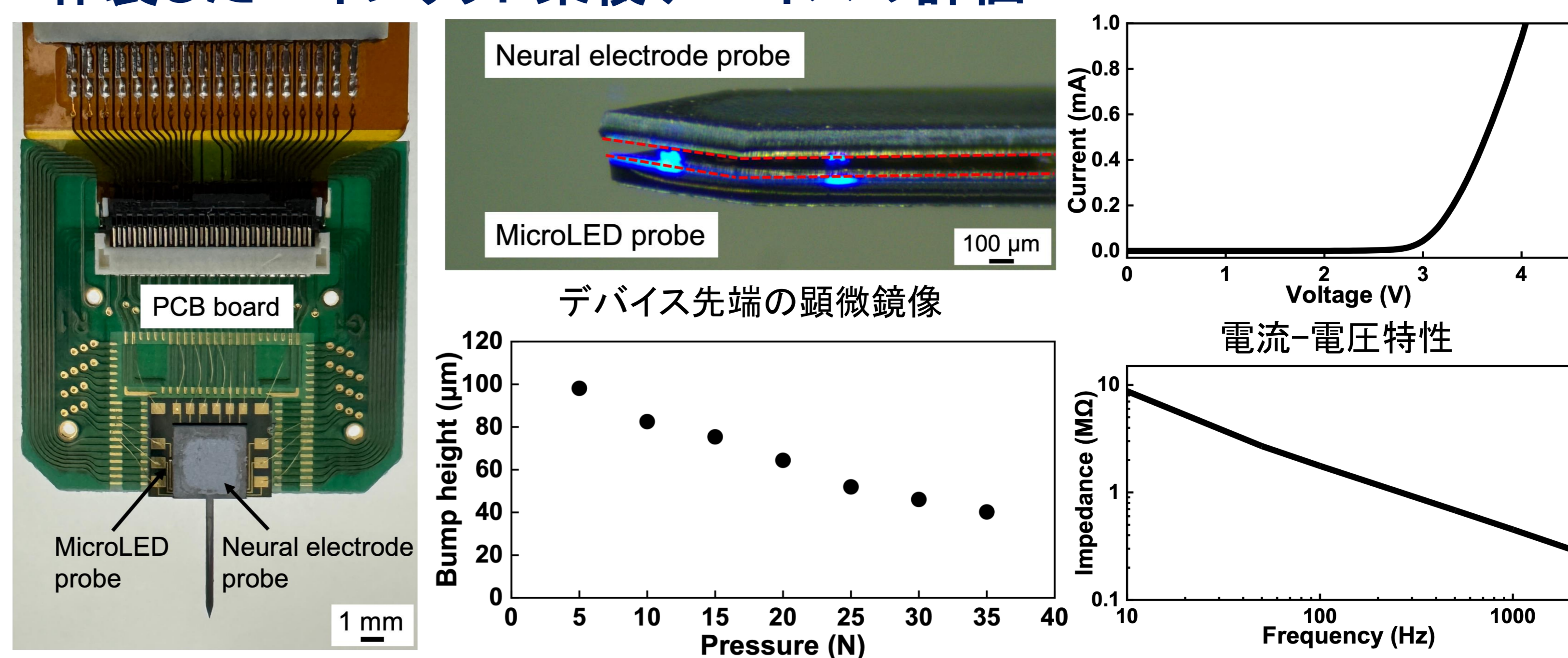
Auバンプの高さをデバイス間距離とする接合方法を検討



【フリップチップ接合のプロセス手順】



#### □ 作製したハイブリッド集積デバイスの評価



実装後のデバイス像 レベリング時圧力とAuバンプ高さの関係 インピーダンス-周波数特性

**マイクロLEDと神経電極のハイブリッド集積デバイスを実現**

### 5. 総括

- 目的**
  - 脳組織への影響が少ない薄型プロブデバイスの作製
  - LEDと神経電極を対向させた積層実装技術の開発
- 結果**
  - 裏面研磨によりプローブの薄型化を実現
  - フリップチップ接合によりハイブリッド集積デバイスを実現

**神経活動の制御と計測を可能にする神経プローブの実現に貢献**