

# レーザーテラヘルツ放射顕微鏡による 太陽電池の評価技術の開発

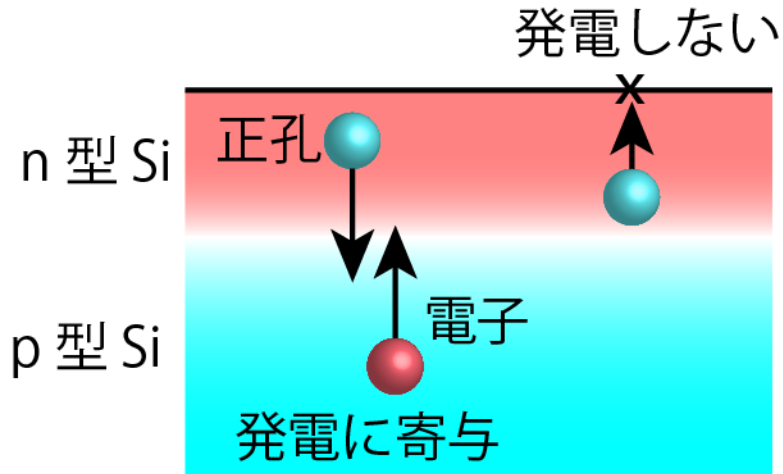
望月敏光, 伊藤 明<sup>\*1</sup>, 棚橋 克人, 森谷 正昭,  
中西 英俊<sup>\*1</sup>, 川山 巖<sup>\*2</sup>, 斗内 政吉<sup>\*2</sup>, 白澤 勝彦, 高遠 秀尚

産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム

<sup>\*1</sup>SCREENホールディングス

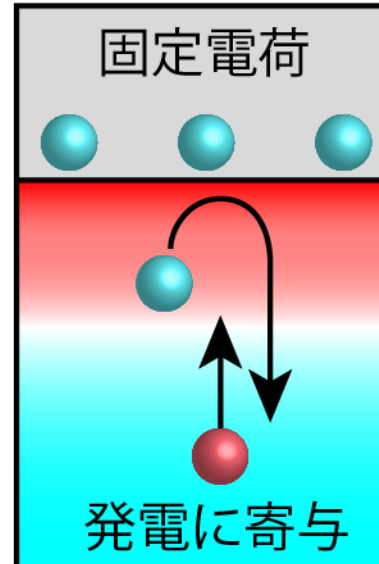
<sup>\*2</sup>大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター

何もない表面



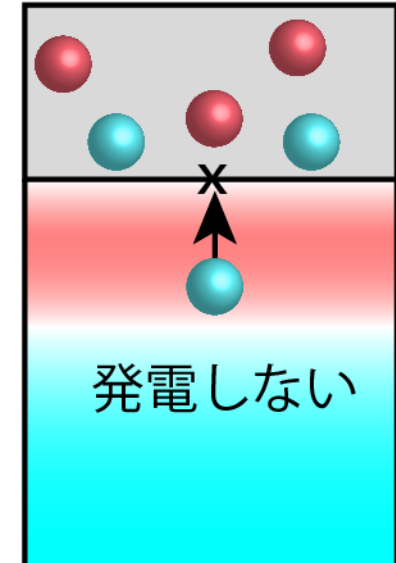
電流も電圧も低く  
低効率に

絶縁膜



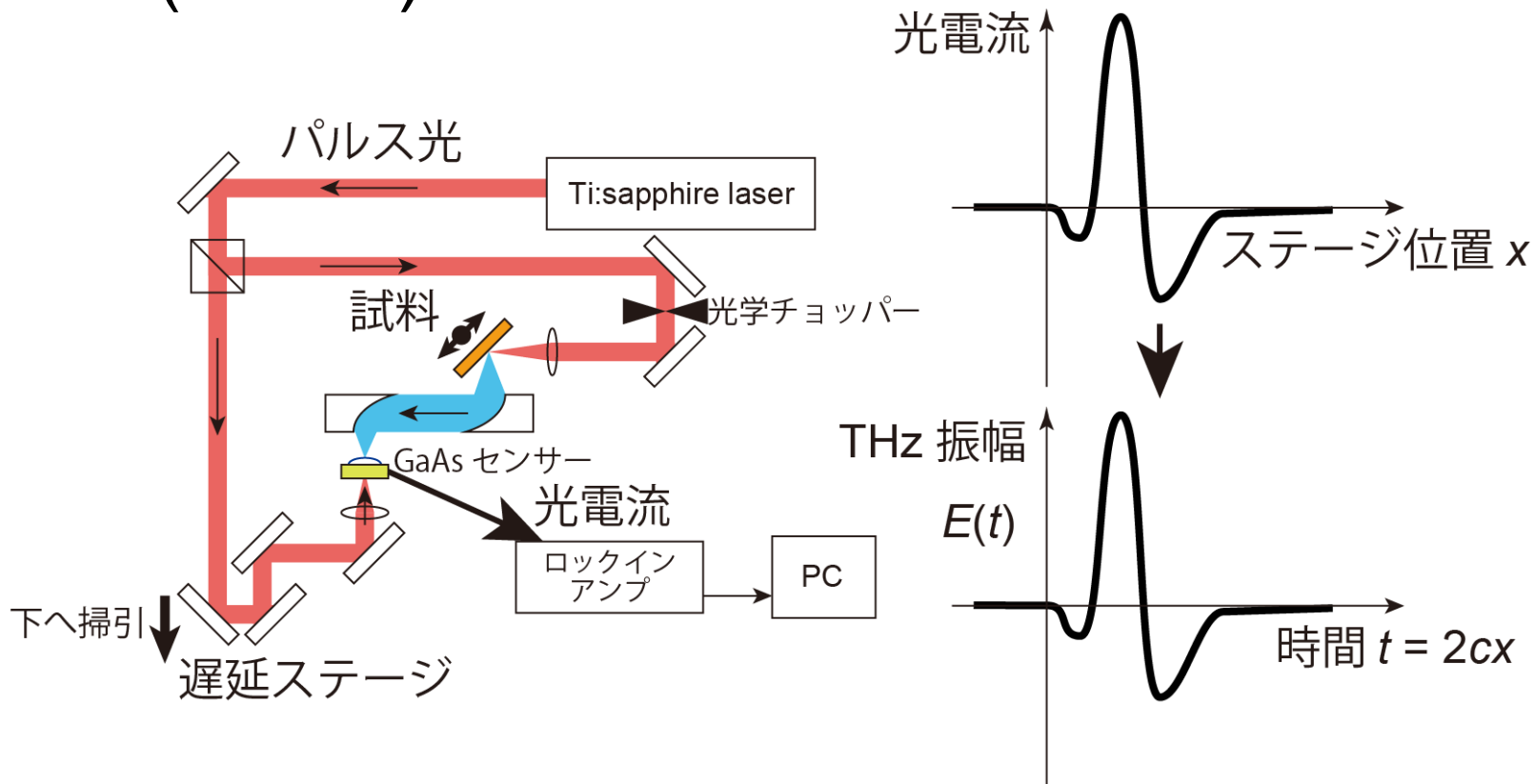
電流も電圧も高く  
高効率に

絶縁膜の不良



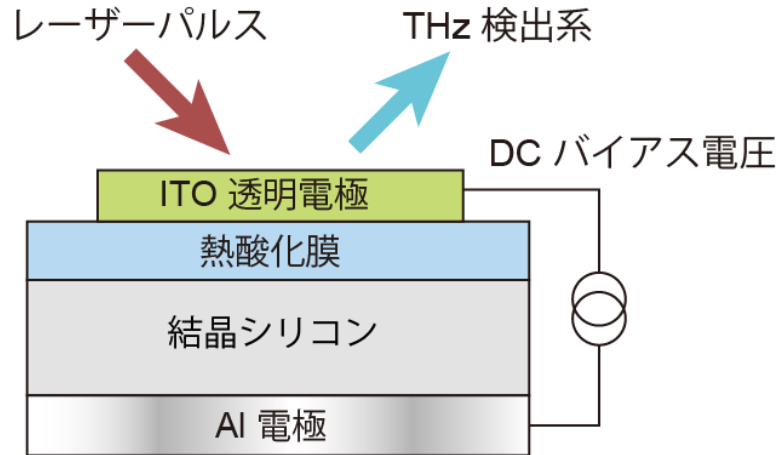
電流も電圧も低く  
低効率に

特に新しいプロセスでは  
表面の評価と試作のサイクルが重要となる

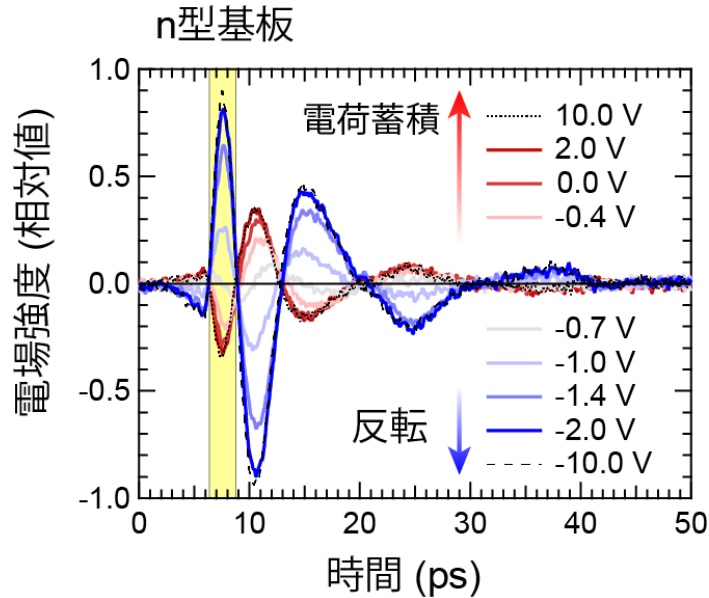


試作実証機

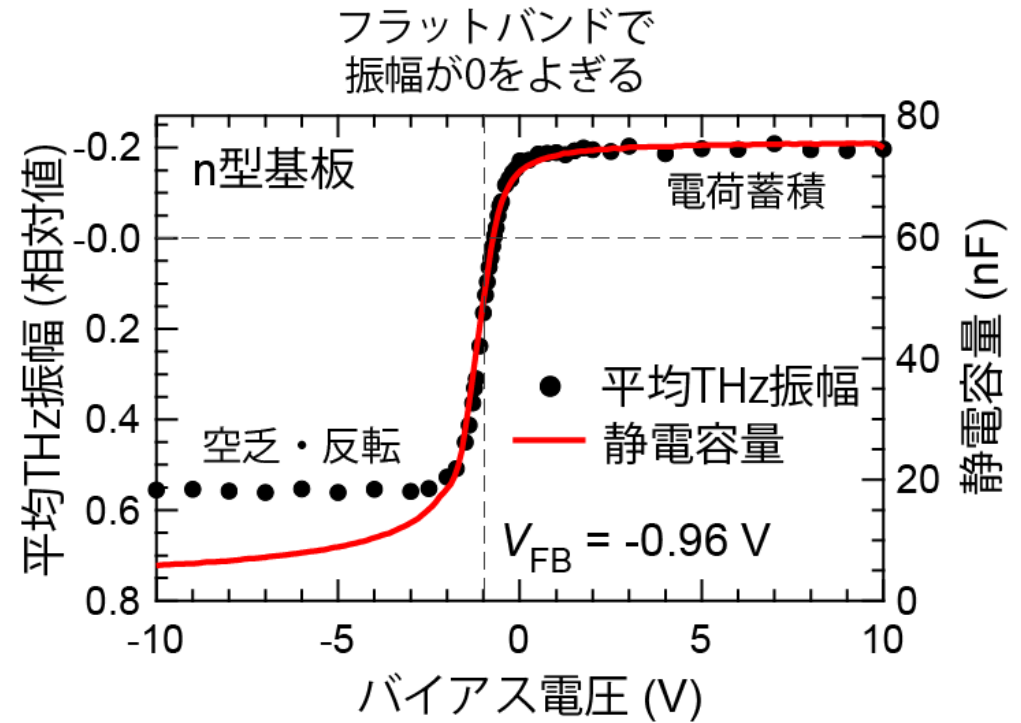
- 半導体からのTHz波形を計測
- 試料位置を動かしてTHz波形をマッピング可能



LTEMとC-Vを比較[1]



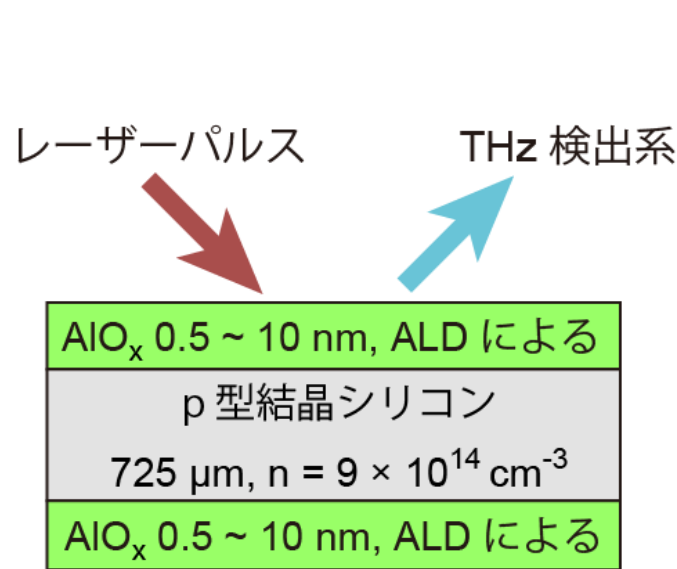
THz波形が電場により大きく変化



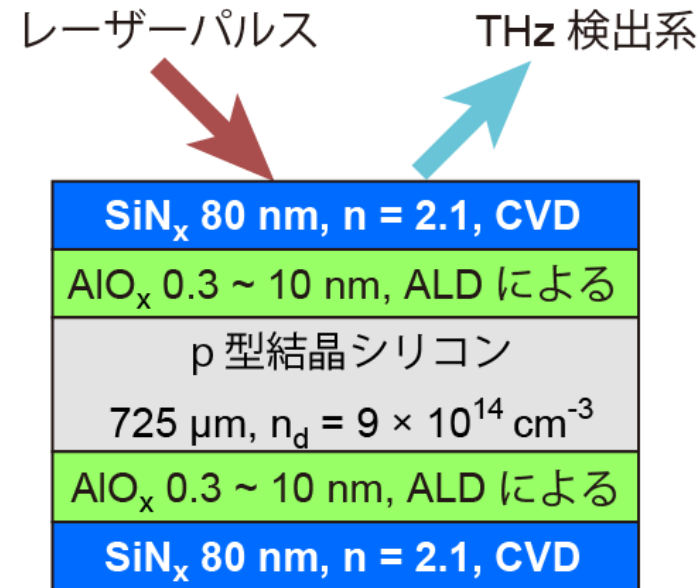
- ・ 符号から表面が電荷蓄積か反転か分かる
- ・ 振幅は表面電場が強い程大きい
- ・  $D_{it}$  (再結合中心の密度)の影響は殆ど受けない

**AIO膜の電界効果パッシベーションを  $D_{it}$  などから切り分けて評価**

[1] T. Mochizuki et al., Appl. Phys. Lett., **110**, 163502 (2017).



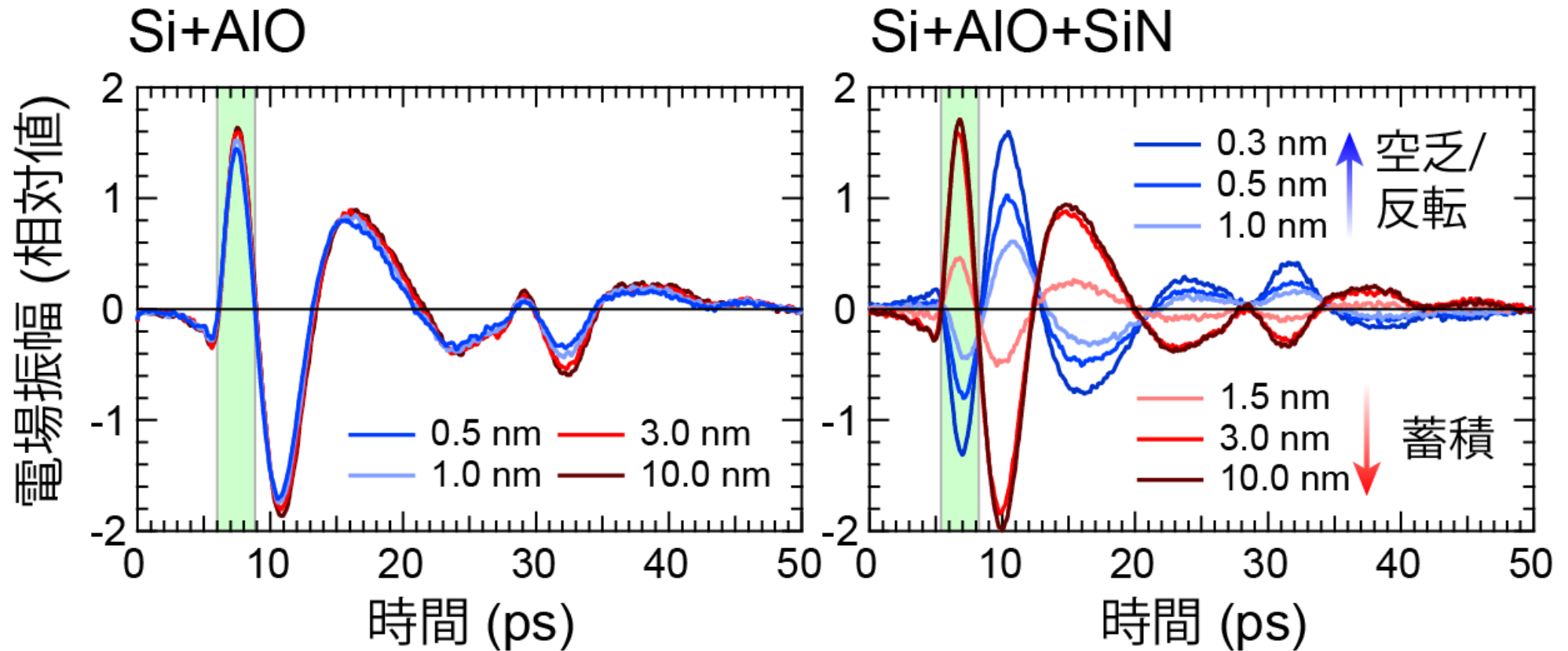
## Si+AlO



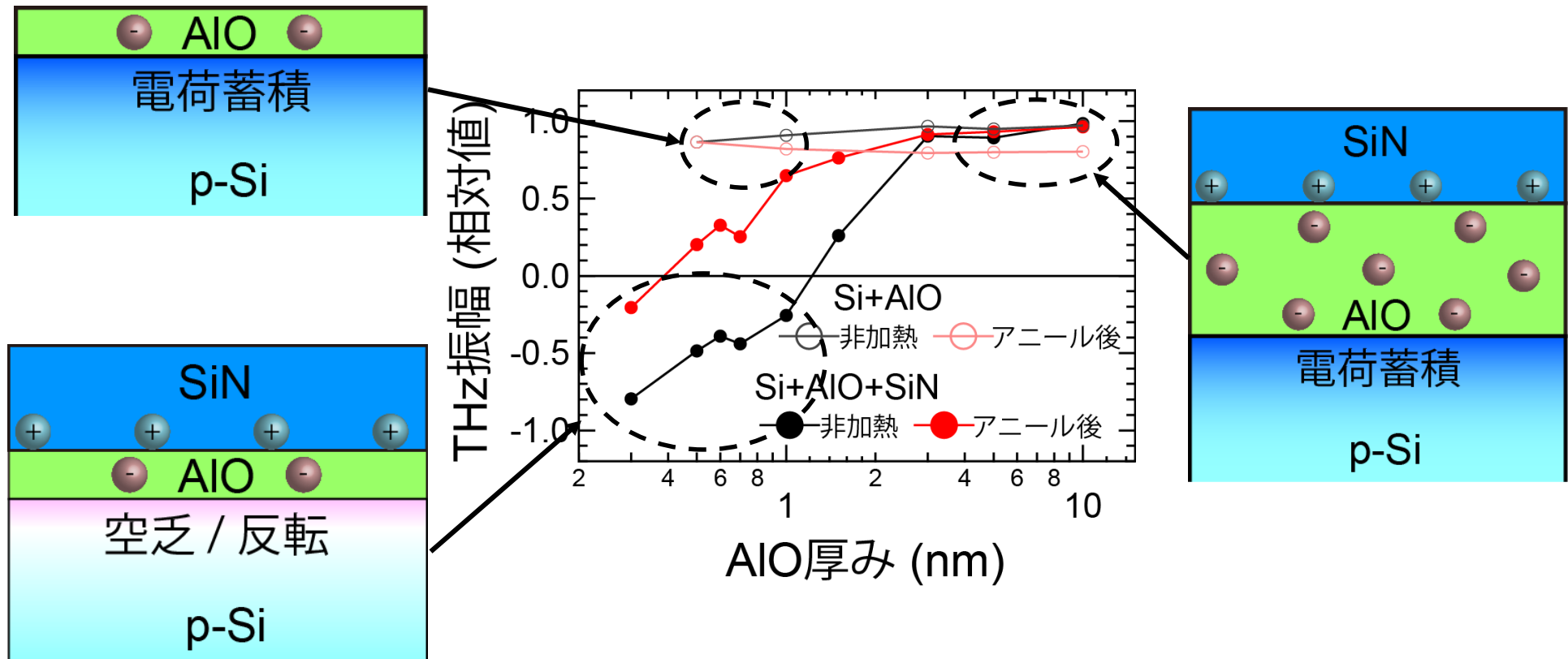
## Si+AlO+SiN

- ◎ AIOはp型のシリコンのパッシベーション膜としてよく用いられる
- ◎ AIO膜厚は概ね 5 nm以上が良いと言われるが、なぜそうなのかは議論の余地があった

**AIO膜厚による表面電界の変化とライフタイムの変化をLTEMとQSS-PC(+PL)によりそれぞれ評価した**

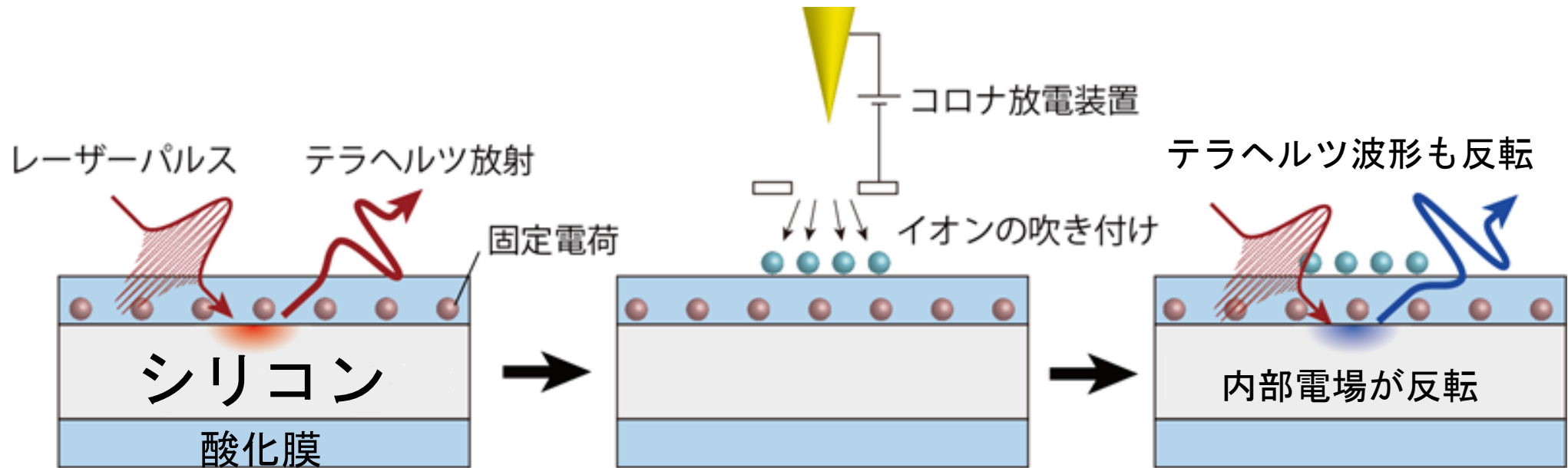


- ◎ AlOのみの場合、THz波形は殆ど変わらず、表面に電荷が蓄積している
- ◎ AlOの上にSiNがある場合、波形が反転しており、空乏/反転した表面が電荷の蓄積した表面へ遷移



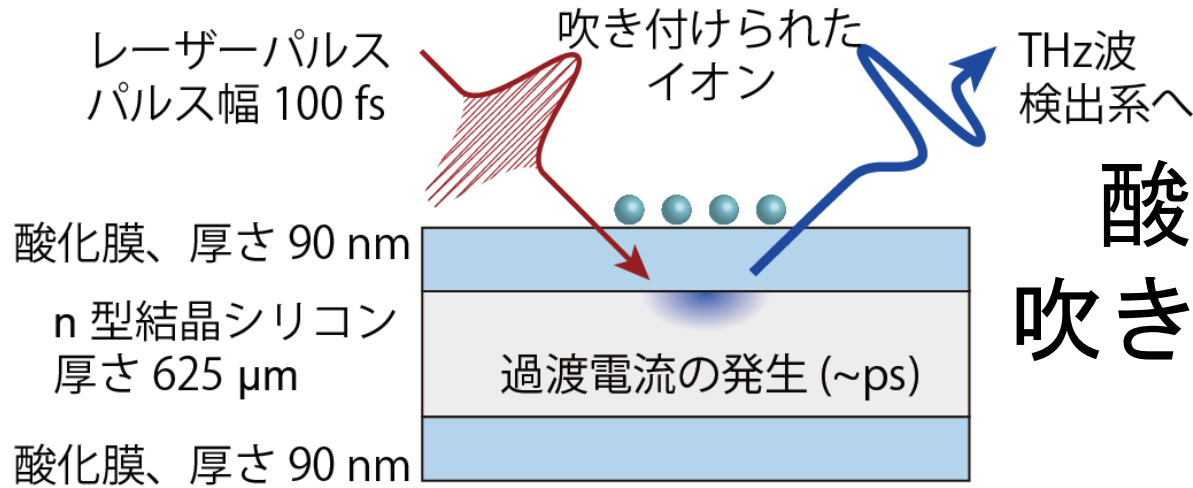
- ◎ SiNが正の固定電荷の原因になっている
- ◎ AlOの厚みが増えると負の固定電荷が増える

SiN膜とAlO膜の固定電荷が競合している様子を観測

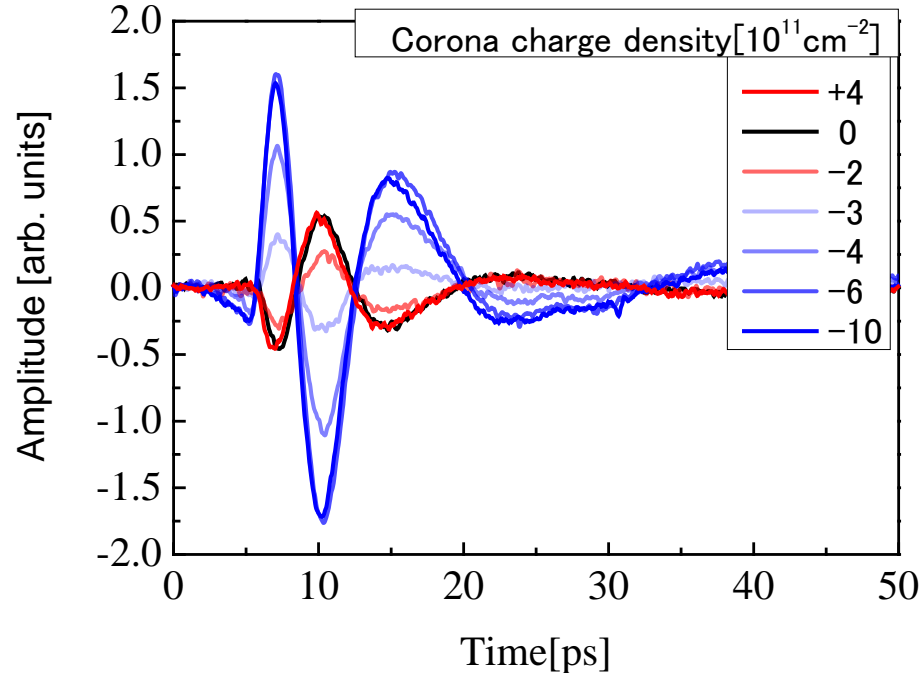


イオンの吹き付けにより  
電極を付けずに評価が出来るはず



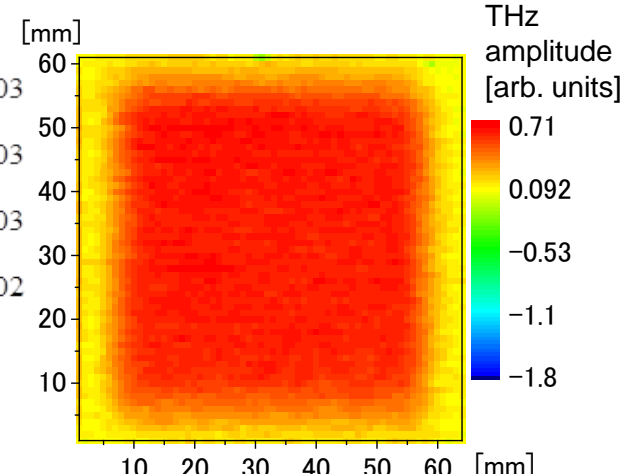
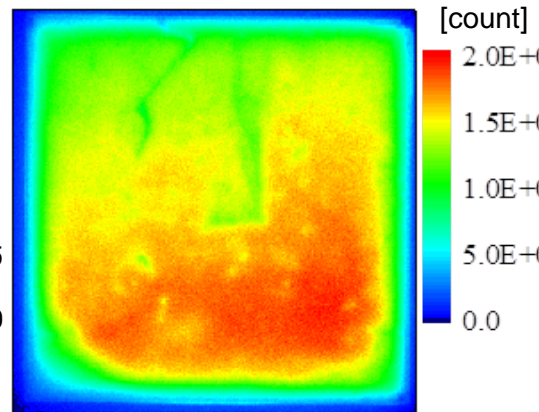
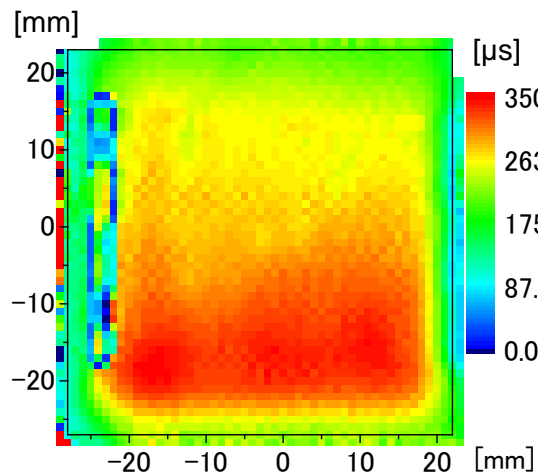


## 酸化膜にイオンを 吹き付けてTHz放射の 波形を測定



## 固定電荷をコロナ 放電で打ち消すと THz放射が0になる

## コロナ照射前

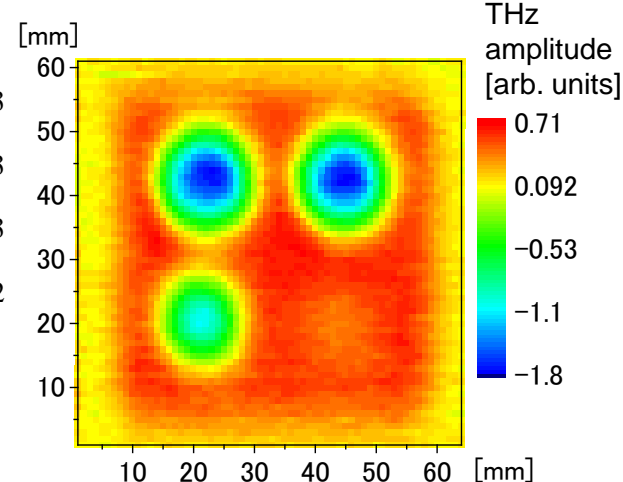
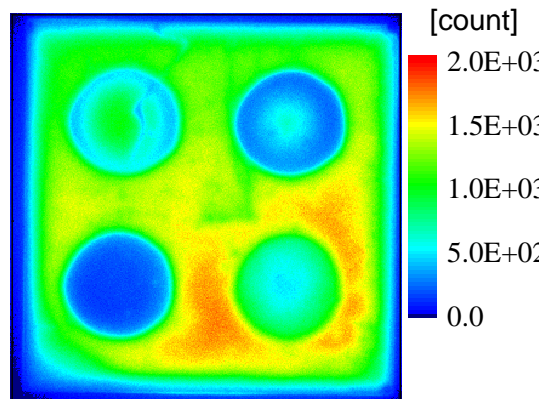
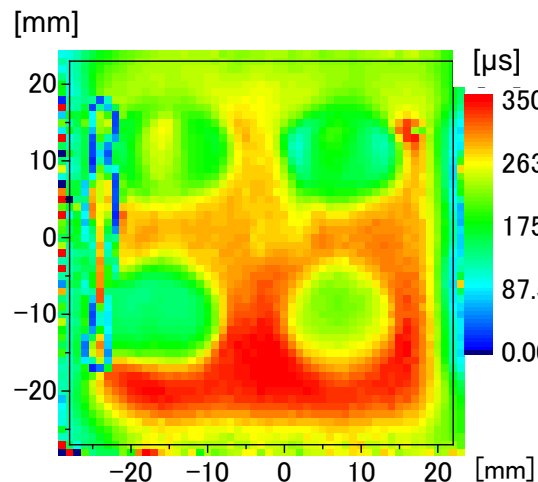
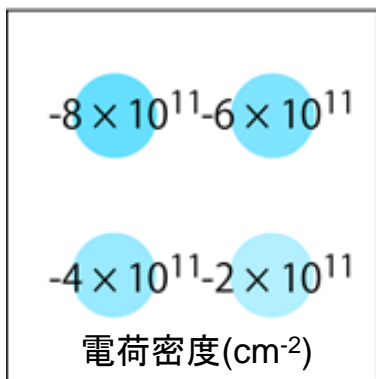


μPCD、LTEMの  
イメージングピッチ：1 mm  
ライフタイム  
(QSS-μPCD)

フォトルミネッセンス

LTEM

## コロナ照射後



コロナ照射位置

ライフタイム  
(QSS-μPCD)

フォトルミネッセンス

LTEM

コロナの照射径：12 mmφ

それぞれのバンド曲がりの変化を空間的にLTEMでも検出できた。

- ◎ LTEMがシリコンの表面電場を計測することを実験で系統的に示した
- ◎ PERC等でSi表面のパッシベーションに使われるSi/AIO/SiN構造の固定電荷の空間分布を評価
- ◎ コロナ放電装置との組み合わせで、電極を付けずにSi上の絶縁膜の固定電荷が評価できることを示した
- ◎ 実際の太陽電池のように、表面電場以外の内部電場がある構造の場合に何が見えるだろうか？
- ◎ CIGS系やペロブスカイト系への発展