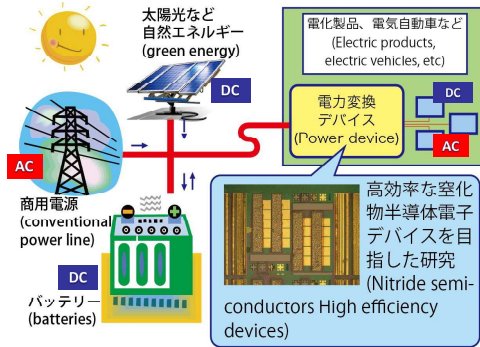


プロジェクトメンバー: 総合教育院 (電気・電子情報工学系兼務) 岡田 浩

### 背景: パワーエレクトロニクス向けの新規半導体デバイス

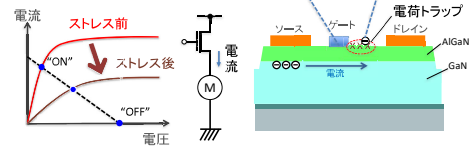


### 窒化物半導体トランジスタの特徴

- 高い絶縁耐力 ( $E_{Si} \sim 0.3\text{MV/cm}$ ,  $E_{\text{GaN}} \sim 2\text{MV/cm}$ ) により低い抵抗による高効率、小型・冷却機構不要なパワー変換デバイスの実現など
- バンドギャップが広く ( $E_{\text{GaN}} = 3.4\text{ eV}$ ,  $E_{\text{Si}} = 1.1\text{ eV}$ )、高温、放射線環境などでも動作する耐環境性デバイスの可能性。

### GaNトランジスタの課題:

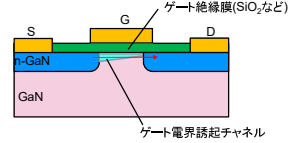
- 電流コラスの改善
- ゲートリーク低減
- ノーマリーオフ化



### 本プロジェクトの狙いとアプローチ

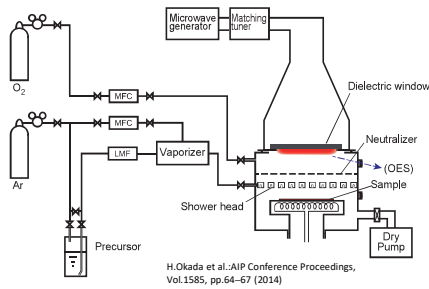
本プロジェクトでは、GaN材料の特性を生かした、高効率電力変換特性を有する絶縁ゲート型トランジスタおよび集積回路の実現に向けた検討を行う。

- ゲート絶縁膜を有するMISゲート構造で期待されるメリット
- 高温動作化
  - 適切な絶縁体/半導体界面の形成により、界面トラップ低減、動作安定化
  - Si集積回路技術のノウハウをGaN系集積回路へ展開



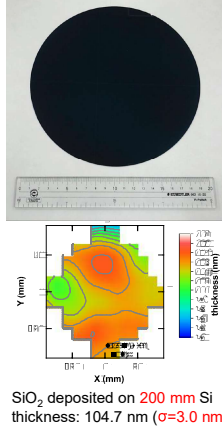
- 検討のポイント
- パワーデバイス応用に適した絶縁膜の低ダメージ堆積技術の開発
  - 過酷環境エレクトロニクスに向けた窒化物半導体集積回路の検討

### 新しい低ダメージな絶縁膜堆積プロセス

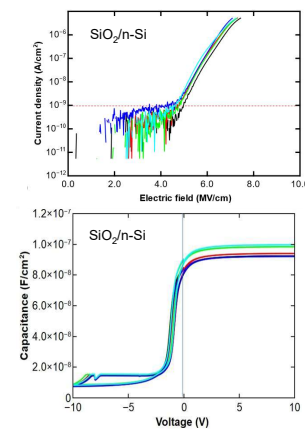


- 表面波プラズマにより、プラズマ領域と化学気相堆積領域を分離。
- 原料アプリケーションの選択により、SiN、 $\text{SiO}_2$  など種々の薄膜堆積が可能。
- 表面波プラズマ部を開発した企業 (アリエースリサーチ社) との共同研究。

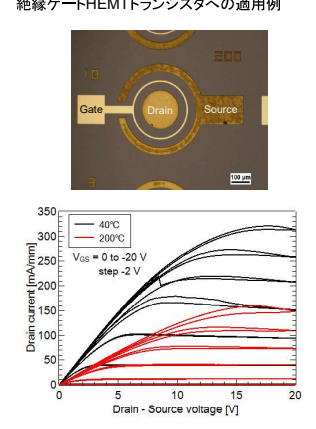
### 8インチSiウエハに堆積した $\text{SiO}_2$



### $\text{SiO}_2/\text{n-Si}$ MOSキャパシタの特性

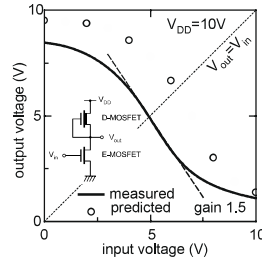
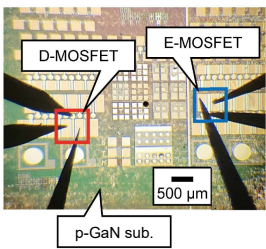


### 窒化物半導体 (AlGaIn/GaN) 絶縁ゲートHEMTトランジスタへの適用例



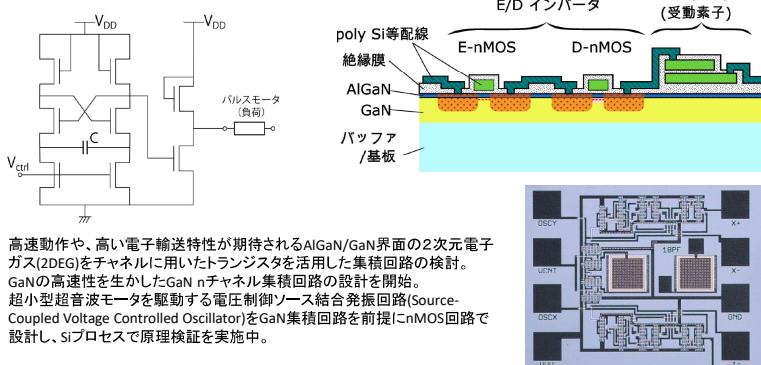
### GaN集積回路の検討

#### p-GaNを用いたnチャネルMOSFETインバータ



- E-MOSFETとD-MOSFETを組み合わせたE/D型インバータ回路を同一のp-GaN基板にモノリシック集積し、インバータ回路動作を世界で初めて実証。
- (H. Okada et al., "GaN-Based Monolithic Inverter Consisting of Enhancement- and Depletion-Mode MOSFETs by Si Ion Implantation", Physica Status Solidi (a) (2019) doi:10.1002/pssa.201900550)

#### 超小型超音波モーター駆動に向けたGaN集積回路の検討



### まとめと展望

- 低ダメージな絶縁膜堆積方法の検討
  - 低ダメージな絶縁膜堆積が期待される新しいSPECVD法によるシリコン酸化膜( $\text{SiO}_2$ )の成膜に成功した。
  - $\text{SiO}_2/\text{Si}$  MOSダイオード構造において、 $3\text{MV/cm}$ の電界で $1 \times 10^{-9} \text{ A/cm}^2$ の低いリーク電流特性の良好な絶縁膜形成が確認された。
- AlGaIn/GaN HEMTのMISゲート型トランジスタの検討
  - APECVD法によるリーク電流が低く、良好な絶縁体/半導体界面特性をもつ $\text{SiO}_2$ 膜形成技術を開発した。本手法によるゲート絶縁膜を有するAlGaIn/GaNトランジスタを作製し、トランジスタ動作を確認した。
- GaN集積回路の検討
  - Si集積回路技術を応用したGaN集積回路の試作を検討した。同一のGaN基板上にエンハンスメント型(EMOS)トランジスタおよびデプレッション型(DMOS)トランジスタを作製し、E/D型インバータ回路の動作を確認した。
  - AlGaIn/GaNの2DEGを用いたインバータ回路の動作を確認した。超小型超音波モーターを駆動する電圧制御ソース結合発振回路を設計し、Si集積回路技術にもつGaN集積回路による実現の検討を開始した。

さらなる検討を進め、パワーエレクトロニクスや、過酷環境で動く集積回路など、従来のシリコン技術では実現困難な新しいエレクトロニクス分野の開拓をはかる。

