

GaNロードマップ

背景・目的

2016年GaN研究コンソーシアム発足以来、GaN半導体技術は大きく進歩した。そして今、実用化に向けた更なる加速が期待されている。今回、コンソーシアムの法人化を機会に、実用化までの技術マイルストーン、研究開発環境の整備、コンソーシアム支援活動を総合的にロードマップとしてまとめ、メンバーの共通目標として示すとともに、広く世の中に発信していく。

目次

1. 窒化ガリウムが拓く3つ未来社会像
2. 目指す応用システムと実用化時期
3. 技術ロードマップ
4. 実用化のための研究開発環境
5. GaNコンソーシアム活動計画

未来社会を拓く窒化ガリウム

窒化ガリウム = GaN

地球にやさしい社会

高度な
エネルギー循環の
ネットワーク

脱炭素社会
自然の維持

自然エネルギー
の活用

電力伝送

モビリティ革新

安心な
見守り社会

先端医療

福祉の充実

元気で長生き
明るい暮らし

情報、エネルギー、
モビリティネットワーク
の融合

快適便利な社会

人によりそう社会

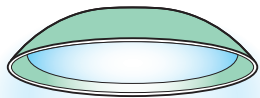
人、社会、地球が調和する未来

地球にやさしい社会

GaNによる エネルギーマネジメント技術

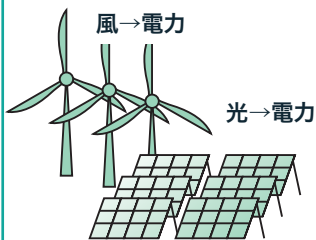
照明の省エネ

LED照明
青色LED技術

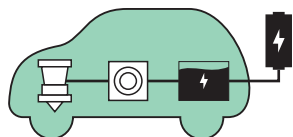


LED照明省エネ効果
全電力比▲7%

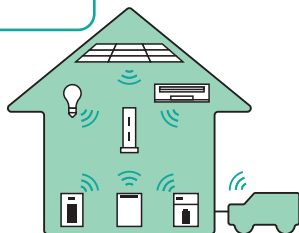
効率的な エネルギー変換



GaNデバイス



電気自動車
インバータ技術

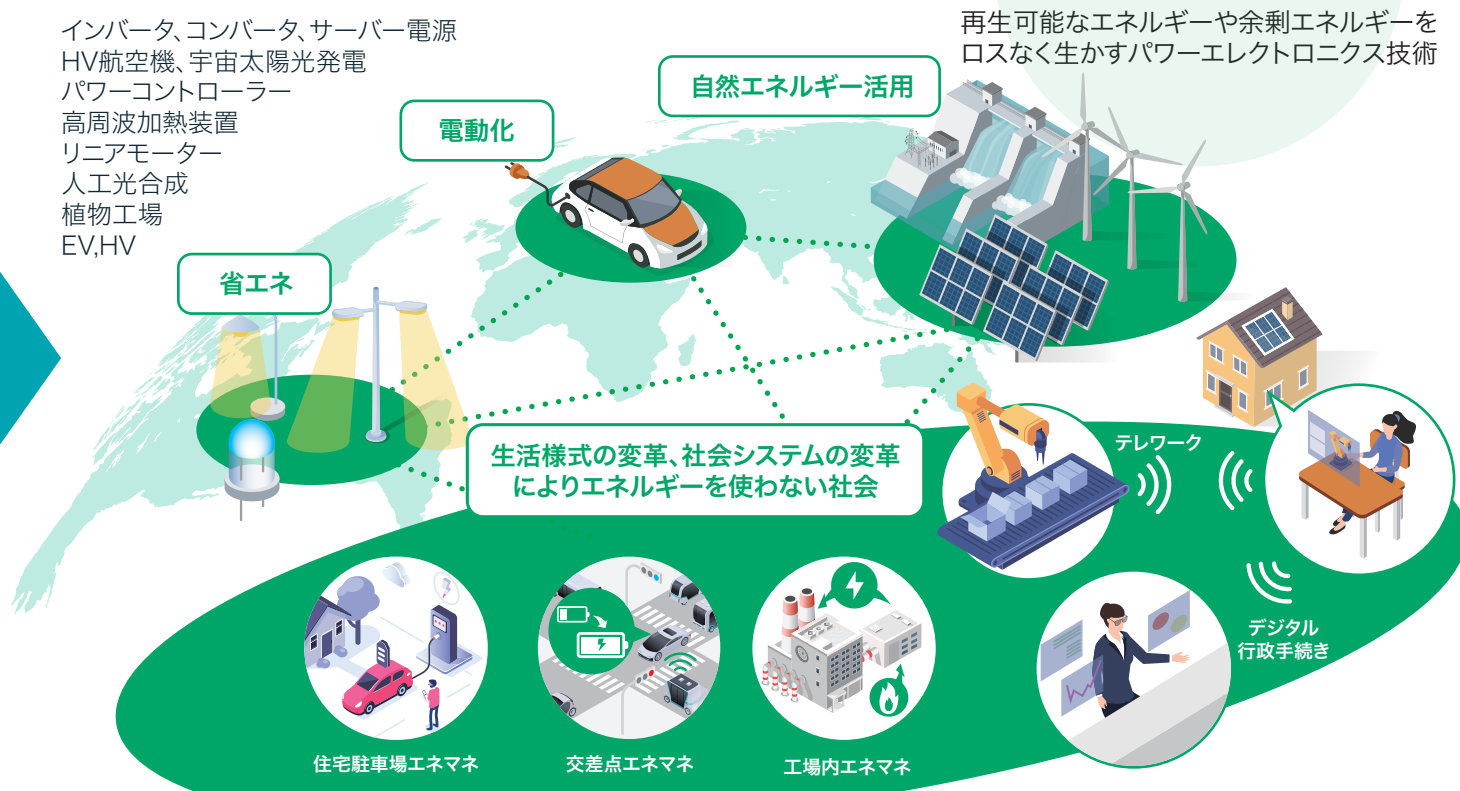


オール電化
電力制御技術

カーボンニュートラル実現への貢献

仮想空間の広がりによりエネルギーミニマム社会を目指す

インバータ、コンバータ、サーバー電源
HV航空機、宇宙太陽光発電
パワーコントローラー
高周波加熱装置
リニアモーター
人工光合成
植物工場
EV, HV



省エネ、電動化 自然エネルギーの活用 パワエレ技術

再生可能なエネルギーや余剰エネルギーを
ロスなく生かすパワーエレクトロニクス技術

2020年

LED照明による 省エネルギー化

- ・室内照明
- ・屋外街路灯
- ・信号機
- ・自動車ヘッドライト

2025年

電力変換の高効率化 (電動化の加速)

- ・パワエレ革新
DCコンバータ、サーバー電源
- ・モビリティ革新
EV、HV、FCVインバータ
都市型パーソナル移動体
- ・モーター革新
コアレスモータ、静電モータ

2030年

スマートなエネルギー マネジメント社会

- ・再生可能エネルギーのエネマネ
(太陽光、風力、水力、地熱)
- ・新規エネルギー貯蔵システム
(水素、アンモニア)
- ・エネルギーハーベスト(環境発電技術)
- ・施設内エネルギー完結システム
- ・家庭内直流電源システム

2050年

カーボンニュートラル実現 (生活様式～都市間ネットワークまで トータルエネルギーマネジメント)

- ・都市間エネルギーネットワーク
- ・分散型地区エネシステム(局所最適)
- ・IoTによる最小限の移動エネルギー
- ・ユビキタス電源システム
- ・エネルギーセキュリティ
- ・マイクロ波送電
- ・光電力伝送
- ・宇宙発電システム

省エネ効果

7%

15%

25%

快適便利な社会

暮らしを便利にする GaN技術

白色LEDバックライト (端末ディスプレイの革命)



明るさUP



電池消費効率UP

明るく長持ち、スマホ時代の幕開け



通信データの圧倒的な 高速化・大容量化



バーチャル時代の幕開け

スマートコミュニティ

情報と高度なHMIにより広がる
快適便利な未来生活空間

携帯電話基地局 非接触電力給電
ドローン給電 自動運転
マイクロロボット
無線通信システム
空中基地局
EV走行中給電
可視光通信
路車間通信

移動体験
の向上



無人配達



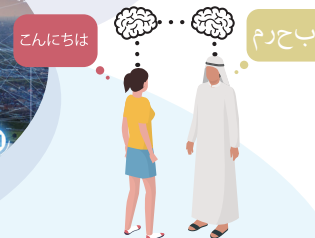
ドローン配達



物流革命
・ドローン
・無人宅配

AI技術の日常化

情報とエネルギーの融合により
快適便利とエネルギーミニマムを両立



コミュニケーション革命
・グローバルビジネス
・バーチャルトラベル

2020年

携帯端末の普及 (ディスプレイ革命)

・白色バックライト

通信データ量の増大

・携帯基地局用
GaNパワーアンプ
ミキサー

2025年

5Gによる生活変革

・自動運転(レベル4)
・路車間、車々間安全システム
(事故のない世界)
・携帯端末+クラウド処理による
きめ細かい生活情報サービス
・ネットサービス充実

2030年

スマートな生活空間 (AIが日常生活に浸透)

・自動運転(レベル5)
・自動翻訳インターフェース
・バーチャルトラベル
・物流革新
・教育の多様化
・テレオフィス、無人工場

2050年

エネルギーを使わない 快適便利なスマート社会

・人、モノ、情報、物流、モビリティ
エネルギーが有機的に融合する社会
・IoT社会の深化
・エネルギー完結型の都市空間
・パーソナルサービスの充実
(仕事、家庭、娯楽、金融・・・)

人によりそう社会

安心して暮らせる社会 みんな元気に、いきいきLIFE

安心を提供するGaN技術

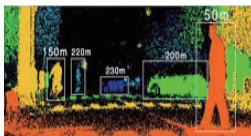
深紫外LEDによる除菌、殺菌技術

きれいな水
新鮮な空気
感染のない空間



高度なセンシング

赤外光センサ
遠くの人・物を検知



テラヘルツ光により
血中成分を診断



家庭内見守りシステム
ご近所見守りシステム
家族絆システム
心ケアシステム
お手伝いロボット
テラヘルツ診断
マイクロカプセル診断
再生医療
光照射治療



スマホカメラで常時健康チェック
・パーソナル健康管理
・100%早期発見

毎日すこやか健康管理 見守り医療で安心生活



家族の絆、
元気に100歳



子供が安全に遊べる空間
親が安心できる空間

2020年

明るい生活空間 (LED照明)

- ・室内LED照明
- ・街路灯
- ・公園照明

2025年

安全な生活空間

- ・きれいな水、
- ・新鮮な空気
- ・自然で安全な食物
- ・公園センシングシステム
- ・安全な交差点(車路間通信)
- ・ぶつからない車(車車通信)
- ・ホームセキュリティ

2030年

安心して暮らせる社会 (AI見守り空間/社会)

- ・見守り住居／町内会
- ・見守り公園・パーク
- ・ロボット支援
- ・遠隔医療
- ・家族団らんシステム
- ・シティーセキュリティ

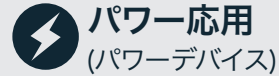
2050年

みんな元気に いきいきLIFE

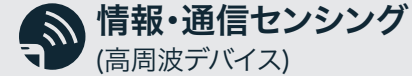
- ・100%早期発見
- ・検診システムの充実
- ・先端医療の進歩
- ・いきいき100歳
- ・80歳定年



光応用
(光デバイス)



パワー応用
(パワーデバイス)



情報・通信センシング
(高周波デバイス)

社会課題 (ニーズ)

2020

2025

2030

2035

2040

2050

地球にやさしい社会

地球環境、省エネ、カーボンニュートラル



取り組むべき課題:

- ・温室効果ガス排出ゼロ
→再生可能エネルギー導入拡大
- 脱化石燃料
- 低コスト蓄電システム
- 燃料電池(水素、バイオ燃料)
- ・グリーンエネルギー確保→太陽光、宇宙発電
- ・省エネルギー→効率的エネルギー消費

2020 高輝度LED照明	2025 植物工場(波長選択制) 2025 紫外光による物質の光分解(μ プラスチック)	2030 低消費電力レーザー溶接加工	2040 光電力伝送
2020 オフィス用サーバー電源 2020 ソーラー用パワーコントローラー	2025 EV、HV用(主機インバータ) 2025 EV、HV用(DC/DCコンバータ) 2025 船舶用・航空機用レーダーシステム 2025 産業用高周波加熱装置	2030 EV、HV用インホイールモーター 2030 リニアモーター(インバータ) 2030 航空機用(インバータ・コンバータ)	2050 電動旅客機 2050 宇宙太陽光発電システム(無線電力伝送)
		2035 HVジェット航空機(電動+エンジン) 2035 衛星気象観測システム(テラヘルツ)	
		2035 地球規模干ばつ観測システム	
	2030 地下資源探索(テラヘルツ、超音波振動)		2040 自然災害予知システム(テラヘルツ)

快適便利な社会

経済成長、生活様式、快適便利、情報ネットワーク、AI、技術革新、DX



取り組むべき課題:

- ・ネットワーク環境の構築
- ・インフラ老朽化メンテナンス
- ・災害に対するレジリエンス
- ・コミュニケーションツールの進化
- ・IoT社会のインフラ構築
- ・生活様式の進歩

	2025 大容量光通信	2030超高速通信システム(可視光通信) 2030フルカラーLED 2030コンクリート探傷検査(テラヘルツセンシング) 2030超高画質 μ LED(ポスト有機EL)	2035Ybイオン時計
2020 スマホ非接触充電	2023 アダプターの小型化(パソコン)	2030 非接触電力給電(自動車、工場) 2030 駐車時非接触給電 2030 ドローンへの給電(マイクロ波) 2030 宇宙用電力システム(耐放射線) 2030 水中ドローン(光給電システム)	2050 空中通信基地局(マイクロ波給電)
	2025 急速充電スタンド(自動車用)	2035 災害時マイクロ波送電システム 2035 検査用マイクロ波ロボット(ワイヤレス)	
2023 路車間大容量高速通信通信	2025 IoT(5G、post 5G) 2025 ワイヤレス通信システム	2030 自動運転センシング(テラヘルツ) 2030 自然翻訳システム 2030 IOWN構想(Beyond 5G)	

人によりそう社会

安心・安全、健康・長寿水、大気、食料、医療



取り組むべき課題:

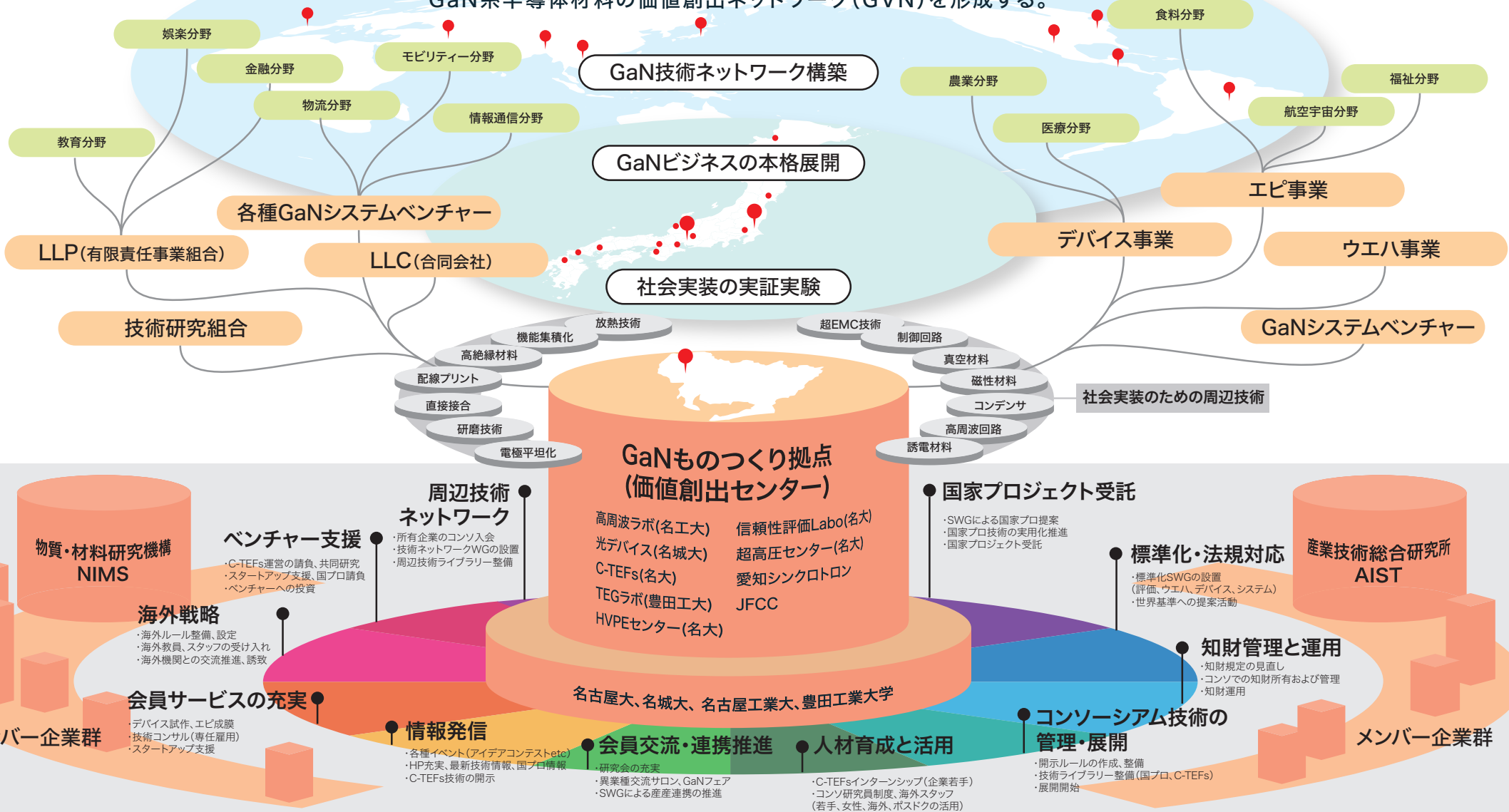
- ・衛生的な水資源→水の浄化、海水の淡水化
- ・食料の偏在解消→食料生産性の向上、自給
- ・公衆衛生→ウイルス殺菌、感染症治療
- ・高度医療の充実→がん治療、難治性疾病治療
- ・少子化→生産性向上、産業自動化促進
- ・高齢化→医療の高度化
- ・家庭の安心
- モビリティ社会の高度化、ネットワーク化

2020 紫外光による水質浄化	2023 紫外光による大気浄化(空質浄化)	2025 特殊レーザーメス(450nm)	2030 再生医療(UV、プラズマ医療) 2030 薬品工場(漢方薬、家庭用薬草園) 2030 光照射治療(癌、菌)	2035 網膜走査ディスプレイ
	2025 ロボット用(超小型モーターインバータ) 2025 AI電子レンジ	2030 オゾン殺菌・浄化(オゾン生成) 2030 携帯用マイクロ波調理器 2030 介護用パワーアシスト 2030 パワースーツ(重労働支援) 2030 ペースメーカー等人体埋め込み機器充電 2030 生活空間家電の非接触充電システム	2035 小型局所気象観測(テラヘルツ)	
			2040 人工人体器官の超小型複合素子 2040 重粒子線ガン治療(小型加速器)	
	2025 AIセキュリティ(見守りシステム) 2025 心のケアシステム	2030 遠隔医療システム 2030 スマホ健康診断(100%早期発見)	2035 テラヘルツ診断医療(血液診断) 2035 マイクロカプセル医療(ワイヤレス) 2035 残留薬物検査(テラヘルツ)	

技術分野		技術項目	短期 2025(5年後)	中期 2030(10年後)	長期 2035(15年後)	2050年の 目指す姿
デバイス	ウエハ	Siデバイスに対抗できる GaNデバイスのための高 品質、大口徑、安価な GaNウエハ、AlNウエハ を開発する	GaN Φ4インチ 欠陥密度*1 $\sim 10^5 \text{cm}^{-2}$ エビ速度 $50 \mu\text{m/h}$ AlN Φ4インチ 抵抗 $10^{10} \Omega\text{cm}$	GaN Φ6インチ 欠陥密度*1 $\sim 10^4 \text{cm}^{-2}$ エビ速度 $100 \mu\text{m/h}$ AlN Φ6インチ 抵抗 $10^{10} \Omega\text{cm}$	GaN Φ8インチ 欠陥密度*1 $\sim 10^3 \text{cm}^{-2}$ エビ速度 $150 \mu\text{m/h}$ AlN Φ8インチ 抵抗 $10^{10} \Omega\text{cm}$	GaN Φ8インチ エビ膜付き数万円 ウエハ市場規模 1000億円/年 *1はHVPE結晶の仕様
	光デバイス	低炭素と利用範囲拡大 に向けて高効率と波長域 拡大を目指す	280nm LED ・効率20% 青色LD ・効率60%, 出力10W	赤色マイクロLED ・サイズ5um, 効率20% 220~230nm LED/SHG ・5mW	高効率太陽電池 ・効率80% 深紫外LD ・効率40%, 出力5W	GaN複合デバイス [検知、判断、駆動制御が できるマルチチップの実現]
	パワー デバイス	高周波パワーは、 ⇒横型GaN-HEMT 大電力パワーは、 ⇒縦型GaN-MOSFET	GaN HEMT 耐圧 200V、電流 100A オン抵抗 $0.5 \text{m}\Omega\text{cm}^2$	GaN HEMT 耐圧 600V、電流 100A オン抵抗 $0.1 \text{m}\Omega\text{cm}^2$	GaN MOSFET 耐圧 1200V、電流500A オン抵抗 $0.1 \text{m}\Omega\text{cm}^2$	・受発光機能 ・高周波駆動 ・低損失SW機能 ・センシング機能をワンチップ上に形成
	通信 デバイス	100GHz対応の高信頼性 GaN HEMT MMIC を目指す	Fmax 600 GHz Psat 10W @40GHz 通信容量 100Gb/s	Fmax 1.5THz Psat 1W @100 GHz 通信容量 1Tb/s	Fmax 3 THz Psat 5W @100 GHz 通信容量 1Tb/s	デバイス市場規模 2兆円/年
実用化		信頼性、ノイズ、小型化を 優先したサブシステム を目指す。 受動部品開発も含めた システム開発を行う	封止技術 -40~150°C 放熱性能 0.25°C/W L負荷耐量電流 $\times 0.3$ 磁性材料粉末コア、フェライト フィルムコンデンサ耐圧 600V	封止技術 -40~200°C 放熱性能 0.2°C/W L負荷耐量電流 $\times 0.3$ 磁性材料広帯域化 フィルムコンデンサ耐圧 1200V	封止技術 -40~250°C 放熱性能 0.15°C/W L負荷耐量電流 $\times 0.3$ 磁性材料ナノエッチャー フィルムコンデンサ耐圧 3300V	
適用する システム		GaNコンソーシアム ロードマップで示され た3つの世界を目指す	・車載用充電器 ・工場用ロボット ・車載用電力変換器 (絶縁DCDC) ・宇宙衛星用電力変換器 ・超小型ACアダプタ電源 ・青色レーザーメス ・空気清浄機(280nm) ・紫外光による水質浄化 ・オフィス用サーバー電源 ・ソーラー用パワーコントローラー ・紫外光による大気浄化(空質浄化)	・急速充電器 ・車載用電力変換器(昇圧DCDC、インバータ) ・電力インフラ系(無効電力補償装置等) ・小型電動航空機 ・超高画質ディスプレイ(ポスト有機) ・可視光通信(スマホ) ・次世代レーシック ・バイオセンサー(PoC) ・レーザー加工 ・再生医療(UV、プラズマ医療) ・薬品工場(漢方薬、家庭用薬草園) ・光照射治療(癌、菌)	・ハイブリッド航空機 ・燃料電池自動車(昇圧DCDC、インバータ) ・ワイヤレス給電システム ・高圧系電力インフラ(中型変電所) ・表面殺菌機器(220nm) ・バイオイメージング(がん領域検出) ・AR・MRディスプレイ ・原子(Yb+)時計 ・高感度高安定CO2計測 ・網膜走査ディスプレイ ・オイル生産藻類工場(赤色、緑色LED) ・高精度レーザー加工	GaNデバイスによる トータルシステム市場規模 50兆円/年 カーボンニュートラルへの 貢献度25%

GaNシステム実用化のための研究開発環境

最強のものづくり拠点(研究&試作)を中心に、情報ネットワーク、実用化コラボレーションを形成し、GaN系半導体材料の価値創出ネットワーク(GVN)を形成する。



GaNコンソーシアムの目指す姿
(世界一の研究開発拠点)

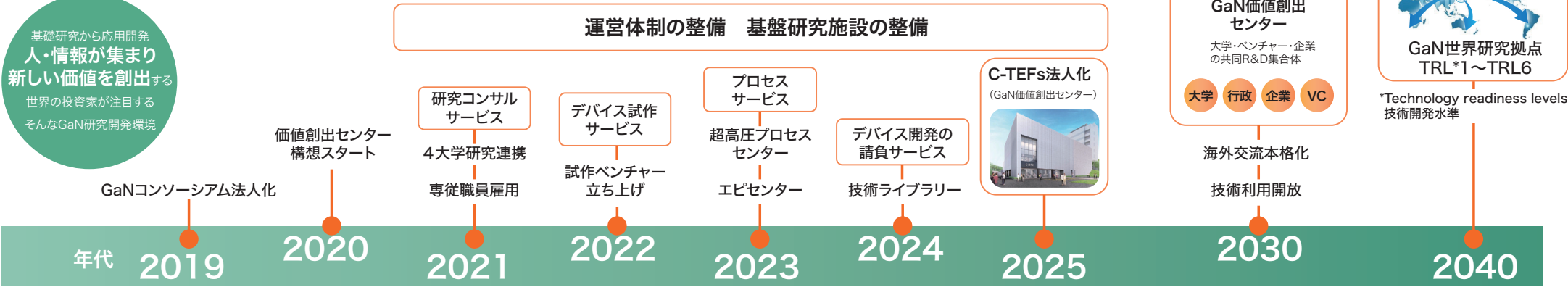
- ・世界一の技術が揃っている
- ・世界一の装置が揃っている
- ・世界の情報が集中する

- ・自由で(オープン)な風土
- ・若手が元気で活がある
- ・ベンチャーが集まってくる

- ・新しい価値が
次々に創出される

研究開発環境のロードマップ

基礎研究から応用開発
人・情報が集まり
新しい価値を創出する
世界の投資家が注目する
そんなGaN研究開発環境



推進事項	活動項目	21	22	23	24	25	26	27	28	30	40
会員支援の充実	・デバイス試作、チップ提供 ・プロセスサービス ・技術コンサル(専任雇用)	デバイス試作、チップ提供		プロセスサービス		技術コンサル(専任雇用)					
情報発信	・各種イベント(アイデアコンテストetc) ・HP充実、最新技術情報、国プロ情報 ・C-TEFs技術の開示	各種イベント(アイデアコンテストetc)		HP充実、〇〇情報、国プロ情報		C-TEFs技術の開示					
交流・連携推進	・愛知4大学連携の推進 ・各種交流会企画(GaNフェア、サロン) ・SWGによる交流仕組みづくり	SWG設置		大学連携の推進							
人材育成・獲得・活用	・インターンシップ/研究員受け入れ制度 ・人材活用(若手、女性、ポスドク、海外人材) ・海外技術員の留学制度	試行	制度化		人材活用(若手、女性、ポスドク、海外人材)						
コンソ技術の管理・展開	・技術ライブラリー整備(国プロ、C-TEFs) ・開示ルールの制定 ・技術展開システム運用	技術ライブラリー整備(国プロ、C-TEFs)		開示ルールの制定		技術展開システム運用					
知財管理と運用	・知財規程見直し ・知財戦略立案と運用 ・コンソでの知財所有および管理		知財規程見直し		知財戦略立案と運用						
標準化・法規対応	・標準化SWGの設置(評価、ウエハ、デバイス、システム) ・世界基準への提案活動		標準化SWGの立ち上げ(評価、ウエハ、デバイス、システム)								
国家プロジェクト受託	・国プロ情報の収集と展開 ・SWGによる国プロ提案活動 ・受託→国プロ管理運用		国プロ情報の収集と展開		SWGによる国プロ提案活動						
周辺技術ネットワーク	・技術ネットワークWG設置 ・周辺技術ライブラリーの整理/運用(企業&技術&アクセス方法)	技術ネットワークWG設置			周辺技術ライブラリーの整理						
ベンチャー支援	・C-TEFs運営の請負、共同研究 ・スタートアップ支援、国プロ請負 ・ベンチャーへの投資		C-TEFs運営の請負、共同研究			スタートアップ支援、国プロ請負					
海外戦略	・海外戦略立案(海外ルール・規定の整備) ・海外教員、スタッフの受け入れ、活用 ・海外機関との交流推進、企業誘致		海外戦略立案		海外教員、スタッフの受け入れ、活用						