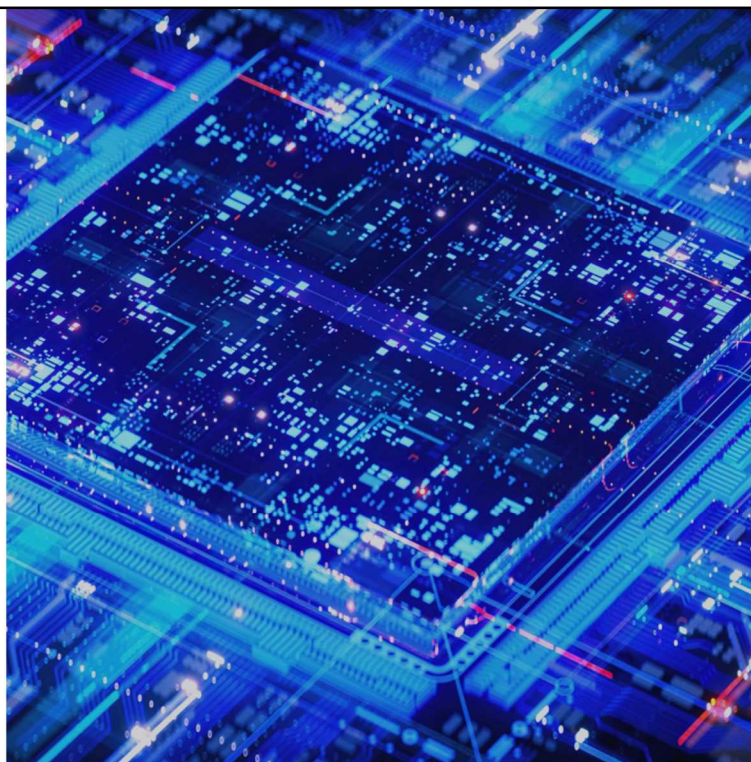


株式会社 アルバック

IRセミナー 2023

2023年12月11日

本IRセミナー資料および説明は、技術的な目的で作成されたものではなく、投資家の皆様にご理解いただきやすいよう、単純化している部分がありますことご承知おきください。



本日はお忙しいところ、株式会社アルバックのIRセミナーにご参加いただきありがとうございます。

私は、理事IR部長の梅田です。

<本日のアジェンダ>

I. EVバッテリー用両面蒸着巻取装置の市場動向とビジネス展開 ▶P.6

FPD事業部 事業部長 磯 佳樹

2002年入社。FPD（事）蒸着・スパッタの技術者を経て、2012年からはPM・企画部門を経験、2023年よりFPD（事）事業部長

R2R Group 部長 山本 良明

2006年入社。FPD（事）レーザ・CVD・スパッタの技術者を経て、2021年からFPD（事）開発部門長としてスパッタ・蒸着装置開発に従事、2023年より同事業部R2R Group長

先進技術研究所 真空応用技術研究部 部長 武井 応樹

2005年入社。先進技術研究所で2015年まで主にスパッタプロセス、材料の研究開発に従事。2016年よりバッテリー向け真空技術開発に従事、2022年より同研究所部長

II. 次世代パワーデバイスの市場動向と当社の取組 ▶P.25

電子機器事業部 事業部長 岩井 治憲

2000年入社。電子機器（事）で主にスパッタの技術者を経て、2020年に中国出向、2022年より電子機器（事）事業部長

本日は、アジェンダに記載の通り、EVバッテリー用両面蒸着巻取装置の市場動向とビジネス展開についてFPD事業部長の磯、R2R Group 部長の山本、先進技術研究所 真空応用技術研究部 部長の武井よりご説明します。

続いて、次世代パワーデバイスの市場動向と当社の取組について電子機器事業部長 岩井よりご説明します。

- 「スマート社会化・デジタル化・メタバース」×「AI」×「グリーンエネルギー化」
半導体・各種電子デバイス・バッテリー：「技術革新」×「増産」
- 地域サプライチェーン構築（政府支援）



地域サプライチェーン構築 政府支援による工場誘致

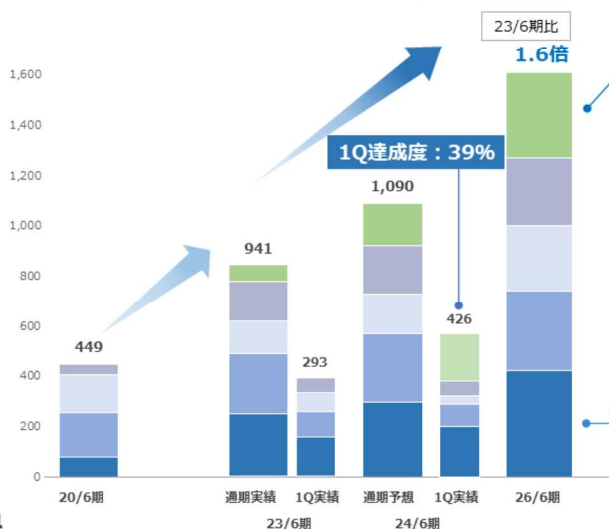
アルバックは本年8月に新中期経営計画を公表しました。
26年6月期には、売上高3,000億円、営業利益480億円を目指す計画です。

スマート社会化・デジタル化・メタバースなどに生成AIの活用が加わり、中長期的にデータ量・解析量・通信量の飛躍的な増加が見込まれ、サーバー、センサーや各種デバイス需要が増す一方、電力使用量も増加するため、グリーンエネルギー化・エネルギー効率向上等が求められます。

グリーンエネルギー化と両立させるためには、パワーデバイスの効率性向上、半導体の微細化、バッテリーの効率性向上などが求められます。

成長ドライバーの受注計画 【単位：億円】

■ バッテリー ■ ロジック ■ メモリ ■ 各種電子デバイス ■ パワーデバイス



> EV バッテリーの正極集電体のAl両面蒸着膜への置き換え投資本格化(1Q集中)
⇒ 今後の成長をけん引(26/6期300億超を見込む)

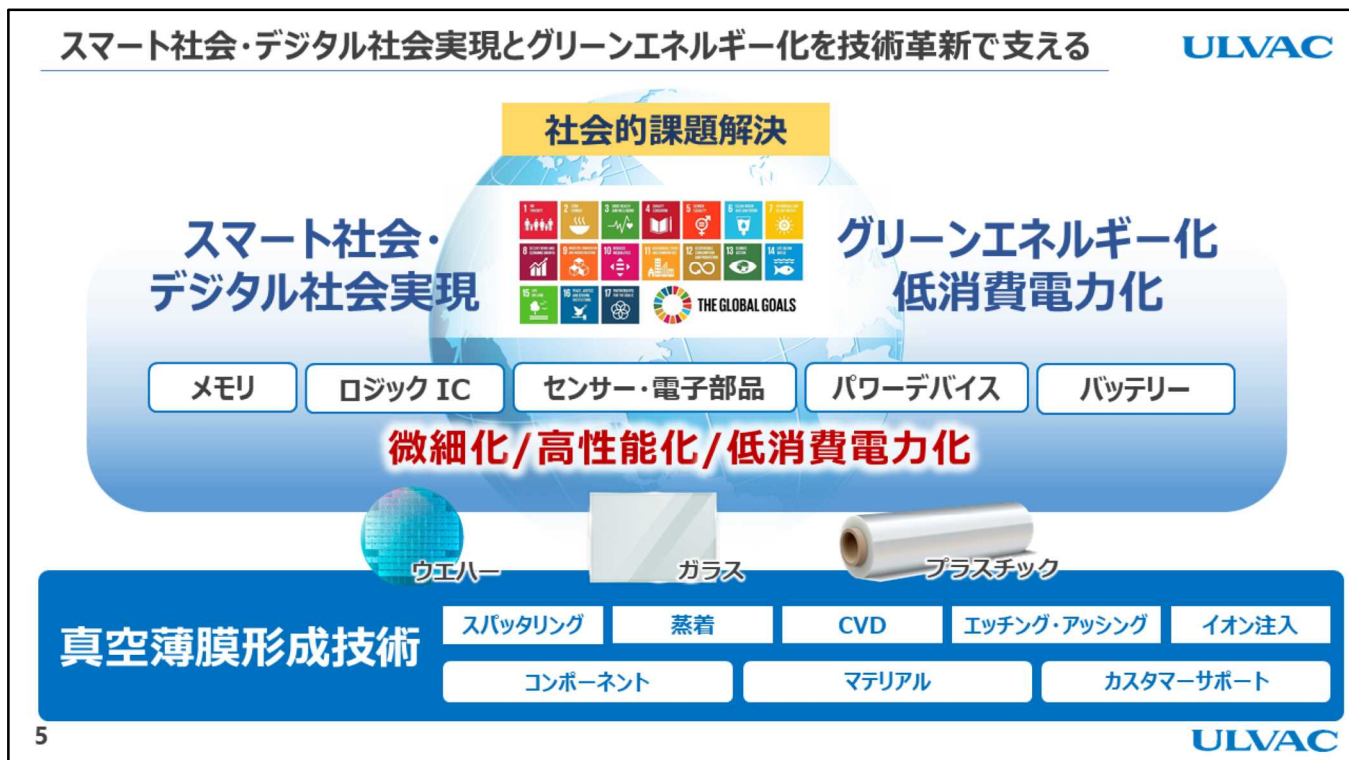
> 日本・中国の6インチSiC投資が1Qに集中
> 8インチSiC投資は来期度以降本格投資を見込む
⇒ グリーンエネルギー化・EV化による需要増とSiC投資・ウエハーサイズアップ投資で成長継続

こうした中、19年6月期に初めて参入できたロジック分野とメモリ、そして各種電子デバイスと共に、バッテリー関連とパワーデバイスが今後の成長を牽引します。

バッテリー関連は前年度4Qから投資が本格化し1Qは年間計画170億円のうち140億円を受注する勢いとなっています。

また、パワーデバイス投資も1Qに集中し、年間計画300億円の約半分の150億円を受注しました。

これは、世界の工場と言われる中国でいよいよパワーデバイスを国産に置き換える動きが本格化し、投資が活発化していることに加えて、日本でも主にEV向けにSi-IGBTからSiCにシフトする投資が活発化していること、の2つの要因で大きく伸びています。



アルバックは、ウエハー・ガラス・プラスチックフィルムなど様々な基板に対する真空薄膜技術でスマート社会・デジタル社会の実現に貢献する共に、微細化・高性能化・低消費電力化等によりグリーンエネルギー化・低消費電力化にも貢献しています。

本日ご紹介するバッテリーのアルミ箔の両面蒸着膜への置き換えやパワーデバイスもグリーンエネルギー化や低消費電力化に大いに貢献する技術となっています。

第一部の「EVバッテリー用両面蒸着巻取装置の市場動向とビジネス展開」についてご説明します。

第二部では「次世代パワーデバイスの市場動向と当社の取組」について、ご説明します。

ULVAC

EVバッテリー用両面蒸着巻取装置の 市場動向とビジネス展開

FPD事業部

事業部長

磯 佳樹

R2R Group 部長

山本 良明

先進技術研究所

真空応用技術研究部 部長 武井 応樹

*Leading the World
In Vacuum Technology*

アルバックFPD事業部長の磯と申します。

本日は、EVバッテリー用装置ビジネスの拡大にむけて新設したR2R Group、Group長である山本と、先進技術研究所の部長の武井の3名で、「EVバッテリー用両面蒸着巻取装置の市場動向とビジネス展開」について紹介します。

概要

本日は、EVバッテリー用 両面蒸着膜および製造装置の市場動向およびEVバッテリー用R2R蒸着装置のビジネス展開を紹介

□ なぜ蒸着膜技術か？：

EV及びEVバッテリーが急拡大する中、バッテリーが抱える安全性向上・小型軽量化
コスト低減・環境負荷低減という技術課題の解決策として両面蒸着膜が貢献

- 集電体(バッテリー構成部材のひとつ)を従来の金属箔から両面蒸着膜への置き換えが本格化
- 全固体電池を見据えた更なる需要拡大の可能性

□ 今後のビジネス展開は？：

正極集電体用のアルミニウム(AL)両面蒸着装置の開発が完了、事業化フェーズに突入。
正極側の両面蒸着膜を起点に他のバッテリーレイヤーへも蒸着技術を拡大。

- 負極集電体を、従来の銅箔から銅両面蒸着膜への置き換え
- 負極を、従来の環境負荷の高い塗工膜から、金属リチウム蒸着膜へ置き換え

7

ULVAC

本日の概要でございます。

まずはじめに、なぜ蒸着膜か？という疑問に対して、EV及びEVバッテリーが急拡大する中、バッテリーが抱える安全性向上・小型軽量化・コスト低減・環境負荷低減という技術課題の解決策として、蒸着膜が貢献することを説明します。

その後、本市場のビジネス展開として、正極集電体を従来のAL箔からAL両面蒸着膜に置き換える動きの本格化、正極側の両面蒸着膜を起点とした、負極集電体や負極といった他のバッテリーレイヤーへの蒸着技術の拡大、を紹介します。

世界各国でEVシフト加速

- 2030年までにハイブリッド車を含む内燃機関車(ガソリン/ディーゼル)の新車販売を禁止

- 2035年までにガソリン車の新車販売を禁止
(ハイブリッド車を除く)



各国がカーボンニュートラル目標値を表明
自動車産業大国は**“脱ガソリン車”**
2030-2035年以降：ガソリン車禁止の流れ



- 2030年にゼロエミッション車を新車販売の50%へ
- 2035年までにカリフォルニア州でガソリン車の新車販売を禁止

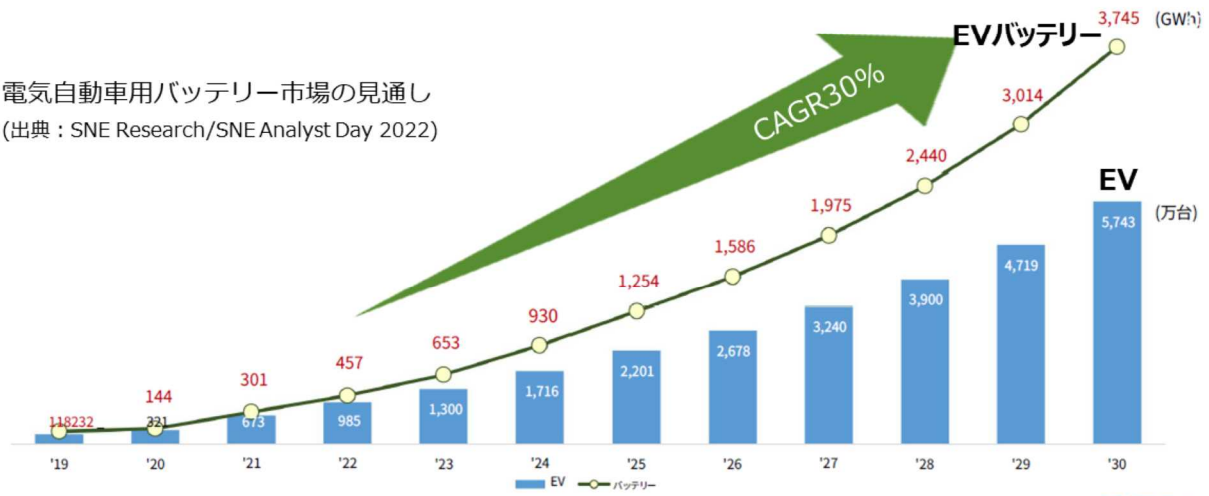
- 2035年にガソリン車の新車販売を禁止
(ハイブリッド車を除く)

本セッションの背景ですが、地球温暖化の対策として、各国が「カーボンニュートラル」目標値を定め、脱ガソリン車の流れが決定的となっております。

EV・バッテリー市場

- ・ EV市場は22年から30年で年平均**25%成長**
- ・ EVバッテリーは**30年に22年対比で8倍（年平均30%成長）**の見通し

電気自動車用バッテリー市場の見通し
(出典：SNE Research/SNE Analyst Day 2022)



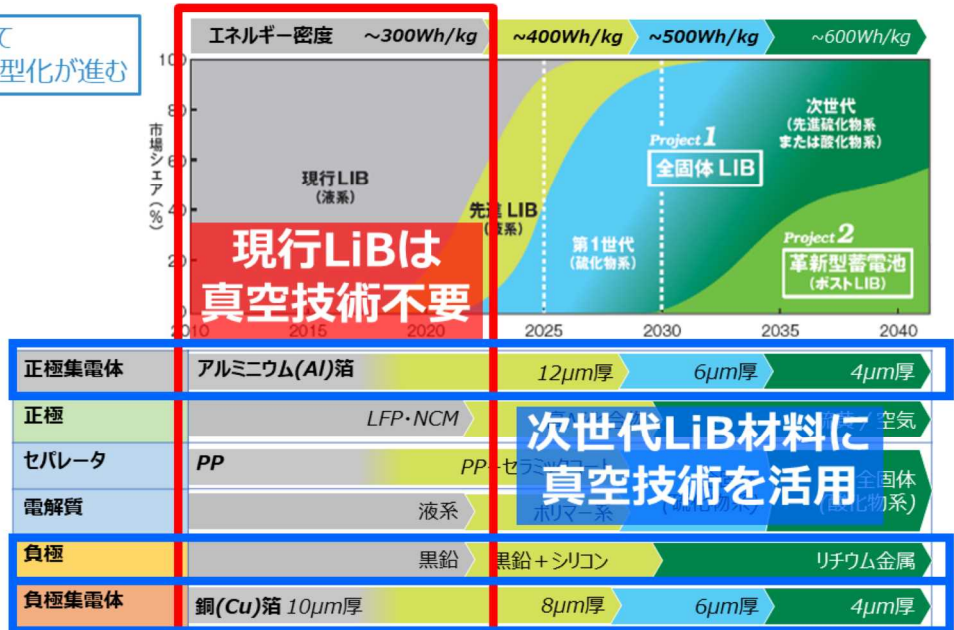
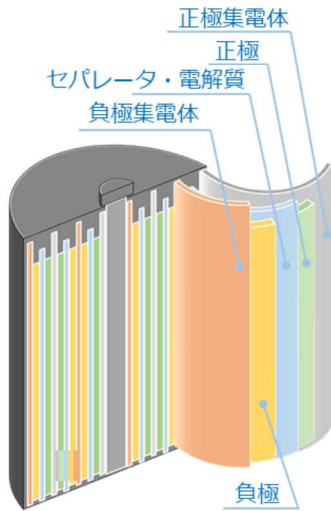
9

ULVAC

このような背景のもと、22年から30年にかけてのEV市場の年平均成長率は25%を示し、EVバッテリーの需要は8倍に増加するとの見通しが示されています。

次世代EV用バッテリー(LiB)技術および真空技術採用の動向

EVバッテリーの高性能化にむけて
各種部材の高エネルギー化・薄型化が進む



正極集電体	アルミニウム(Al)箔	12μm厚	6μm厚	4μm厚
正極	LFP・NCM			空気
セパレータ	PP	PP-セパレータ		全固体 (硫化物系)
電解質	液系			ポリマー系
負極	黒鉛	黒鉛+シリコン		リチウム金属
負極集電体	銅(Cu)箔 10μm厚	8μm厚	6μm厚	4μm厚

次世代LiB材料に
真空技術を活用

10

NEDO 2018 No.69, p.9
NEDO二次電池技術開発ロードマップ2013, p.10 **ULVAC**

こちらはバッテリーの高性能化にむけてのロードマップになります。
現在主流となっているLiBには、これまで真空技術は使用されてきませんでした。

昨今、現行バッテリーの性能改善や全固体電池等に代表される次世代バッテリーへの展開にむけて、バッテリー部材そのものの在り方が見直され始めており、次世代型バッテリー部材の製造技術として、真空蒸着技術に注目があつまり、一部部材では採用が始まっております。

なぜバッテリー市場で、真空蒸着が注目されているのか、ここからご説明します。

次世代EV用バッテリー(LiB)の技術課題



課題1：安全性向上

電池内部でショート現象で発生する熱暴走の抑制



課題2：小型・軽量化

走行距離の延長やドローンやEVTOLなどの航空用途への応用への期待



課題3：部材コスト低減

バッテリーのコストが車両コストの約40%を占める



課題4：GHG削減

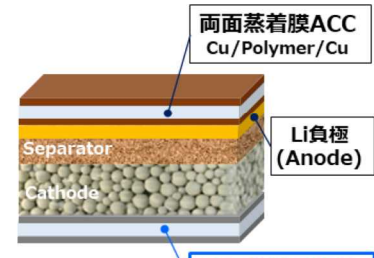
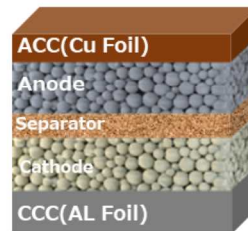
バッテリー製造における温室効果ガスの削減。バッテリー製造のGreen Tech化

11

4つの技術課題の解決策として
正極集電体(CCC)等のバッテリー部材
への両面蒸着膜の採用が本格化

液系LiB
基本構造

ULVACの目指す
バッテリー構造



※CCC(Cathode Current Collector)：正極集電体
ACC(Anode Current Collector)：負極集電体

ULVAC

EV市場の拡大にあわせ急拡大しているEV用バッテリーですが、4つの大きな技術的課題を抱えています。

1つは安全性の向上です。過去にもEV用バッテリーの発火事件の発生や、巨額のリコール問題に発展するなど、使用者にとっても製造メーカーにとっても、重大な課題となっています。

2つめは、EVの走行距離の延長や、ドローンやEVTOLなどの航空用途への用途拡大にむけて、「より小さく・より軽い次世代バッテリー」=「重量あたりの蓄電容量が大きなバッテリー」が必要となっています。

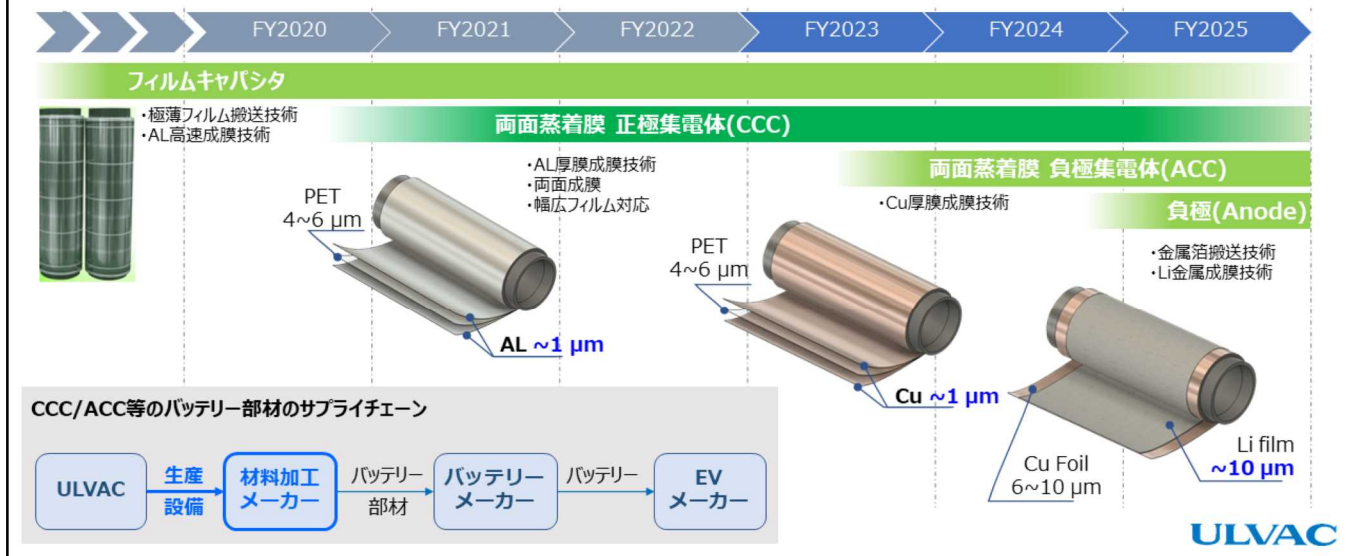
また、EVの価格を下げるには車両コストの40%を占めるバッテリーのコスト低減も課題であり、「NET ZERO」の実現にむけ、バッテリー製造における温室効果ガスの削減も必須の社会課題となっております。

これら4つの課題の解決策として、集電体や負極といったバッテリー部材への真空蒸着技術の応用が期待され、本格化しています。

中でも、PETフィルムの両面にアルミを蒸着した正極集電体は、既に一部のEVバッテリーに採用開始されております。

アルバックのバッテリー戦略

- ・フィルムキャパシタ技術を応用した、両面蒸着タイプの正極集電体(CCC)製造R2R装置が事業化段階に。
- ・両面蒸着膜タイプの負極集電体(ACC)への拡大により中期的な成長を目指す。
- ・負極にも真空技術を応用。Li金属負極の製造技術を確立させ、長期的な成長を目指す。



これらのバッテリー部材への真空蒸着技術の採用にむけた、当社のバッテリー戦略を説明します。

バッテリーの正極集電体CCCについては、私たちが従来保有していた、フィルムキャパシタ市場向けR2R蒸着技術を応用することで、すでに蒸着技術開発および装置開発を完了させ、事業化段階に入っており、すでに複数の材料加工メーカーに当社設備をご購入いただいております。

今後の方向性として、正極集電体の技術を起点とし、集電体市場において正極ALから負極Cuへ両面蒸着技術を拡大、また、負極材料にも対応領域を拡大していくことで、中長期的な成長を目指します。

このあと、正極集電体CCCに関してR2Rグループ長の山本から、中長期的な視点である負極集電体ACCおよび、Li負極に関して、先進技術研究所の武井から、詳細を紹介いたします。

なぜ両面蒸着膜CCCに注目しているのか？



理由1：安全性向上



理由2：小型・軽量化



理由3：部材コスト低減



理由4：GHG削減効果

それでは、R2Rグループ長の山本から、「なぜ両面蒸着膜CCCに注目しているのか？」について説明します。

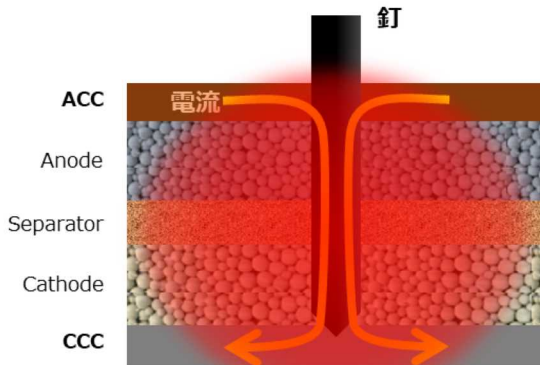
なぜ両面蒸着膜CCCに注目しているのか？



理由1：安全性向上

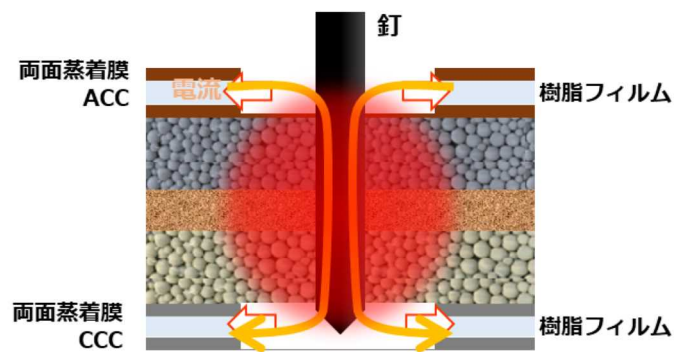
電池内部でショートが発生を抑制できる

金属箔集電体



熱暴走が発生

両面蒸着膜集電体



樹脂フィルムが溶断することで燃焼防止

14

ULVAC

両面蒸着膜CCCが注目されている理由の一つ目は、LiBの安全性向上です。

両面蒸着膜集電体を使うことで、ヒューズの役割となり電池内部でショートが発生を抑制できることです。

現在主流の金属箔集電体は釘などが刺さりACCとCCC間でショート現象が発生した場合、電流の伝達を阻むことができず発熱し、熱暴走が発生します。

一方、PETなどの樹脂フィルムを使った両面蒸着集電体を用いた場合、釘などが刺さってACCとCCC間でショート現象が発生して過電流が流れて発熱したとしても、両面蒸着集電体では金属層の厚さが薄く、樹脂フィルムが熱に弱いため、バッテリーが燃焼するまえに樹脂フィルムが溶けてしまいます。

これにより釘などとの接点が無くなることで電極間で電気が通じなくなりヒューズの役割を果たすこととなります。

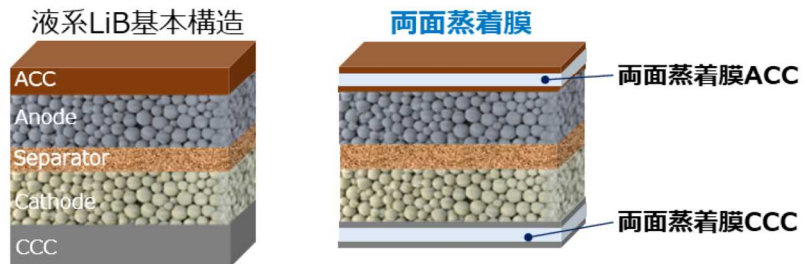
両面蒸着集電体を使用することでショート電流が一時的なものにとどまり、電池の安全性を高めることができます。

なぜ両面蒸着膜CCCに注目しているのか？



理由2：小型・軽量化

従来の銅箔とアルミニウム箔を両面蒸着膜に置き換えることで軽量化・高エネルギー密度化が可能



1MWhあたり	単位	液系LiB構造	両面蒸着膜採用	差分
ACC重量	kg	645	289	-55%
CCC重量	kg	389	139	-64%
その他電池重量	kg	2,966	2,966	0%
電池重量	kg	4,000	3,394	-15%
エネルギー密度	wh/kg	250	294	18%

15

(出所)方正証券研究所

ULVAC

両面蒸着膜CCCが注目されている理由の2つ目は、LiBの小型・軽量化です。

ここでは1MWhあたりのバッテリーのACC/CCCの重量とエネルギー密度を例に示します。従来のLiBで使われている銅箔とアルミニウム箔の集電体の重さは電池重量の約1/4を占めます。

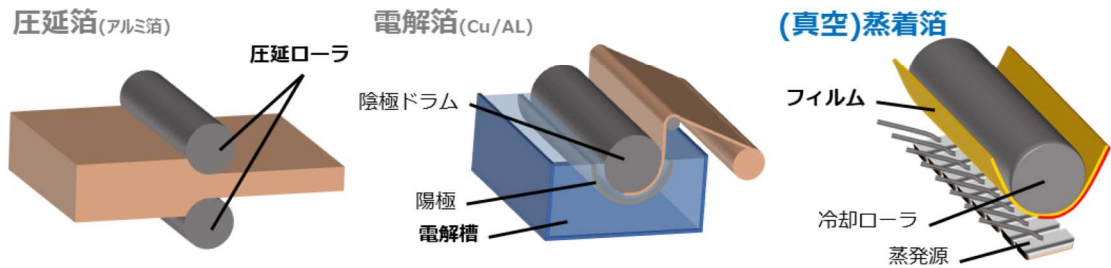
両面蒸着膜集電体に置き換えることで、ACC/CCCそれぞれの重量が50-60%程度低減します。それにより、電池全体の重量としては約15%軽くなり、重量当たりの蓄電容量であるエネルギー密度は約18%蓄電容量が増加します。これにより電気自動車の走行距離の向上に効果があります。

なぜ両面蒸着膜CCCに注目しているのか？



理由3：部材コストの低減

金属箔に比べて製造工程が少なく、広幅化が容易なため生産性が高く製造コストを低減



	圧延箔	電解箔	蒸着箔
製造工程	圧延法	メッキ法	真空蒸着法
厚み範囲	6~100 μ m	4.5~140 μ m	0.05~3 μ m
最大幅	650mm	1380mm	1650mm→拡張性あり
生産難易度	長い生産サイクル 比較的複雑なプロセス	短い生産サイクル 比較的簡単なプロセス	真空設備 樹脂との密着性

16

ULVAC

両面蒸着膜CCCに注目する3つ目の理由は、部材コストの低減です。

現在の金属箔集電体は主に圧延法で作られた圧延AL箔とメッキ法で作った電解銅箔が用いられています。金属箔は厚さが4.5~10 μ mが一般的に使われており、これより薄くするとハンドリングが難しく生産性が悪化するのが問題です。

これらの製法に比べて、両面蒸着集電体は樹脂フィルムの両面に真空蒸着で金属の薄膜を形成するため、金属層を薄膜化することができ、材料を削減できます。

また、真空蒸着は他の製法に比べてフィルムの幅を広くすることが容易であり、そのため生産性が高く、製造コストを低減することができます。

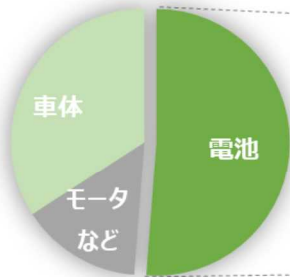
なぜ両面蒸着膜CCCに注目しているのか？



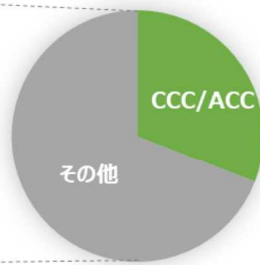
理由4：GHG削減効果

EV製造時のCO2排出量はバッテリーが半分以上を占め、その1/3がCCC/ACC

EV製造時のCO2排出量



車載バッテリー製造時のCO2排出量



両面蒸着集電体を使用時の車載バッテリー製造時のCO2排出量



CO₂
20%削減

(出所)IEA Global EV Outlook 2019を元に作成

ULVACにて試算

両面蒸着膜CCCが注目されている理由の4つ目は、環境課題への貢献として温室効果ガスの削減効果です。

EV製造時のCO2排出量は、バッテリーが半分以上を占めています。さらに分解するとその1/3が集電体の銅箔、アルミ箔となっています。アルミ箔はその製造工程の圧延法では多くの電力を使用するため、これを両面蒸着集電体に置き換えることで金属材料使用量を削減でき、CO2削減にも貢献できると考えています。

両面蒸着膜CCC市場に対してのULVACの差別化技術

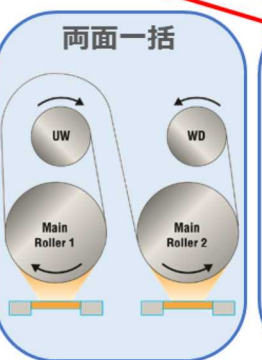
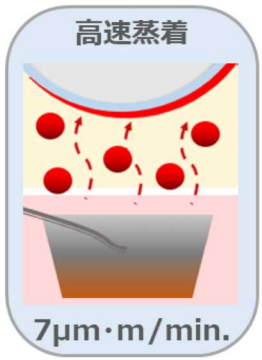
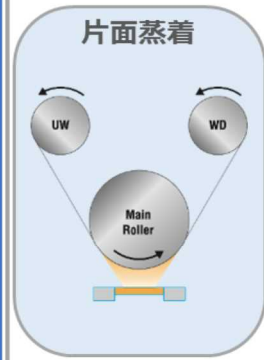
両面蒸着膜CCC製造装置



Only-One

フィルムキャパシタ製造装置

No.1



7 $\mu\text{m}\cdot\text{m}/\text{min}$.

スパッタ:0.6 $\mu\text{m}\cdot\text{m}/\text{min}$

2 μm フィルム

シリコンエハ:775 μm
ポテトチップスの袋:60 μm

蒸着膜 \sim 1 μm

半導体: 0.001 μm
キャパシタ:0.02 μm
テレビ:0.2 μm

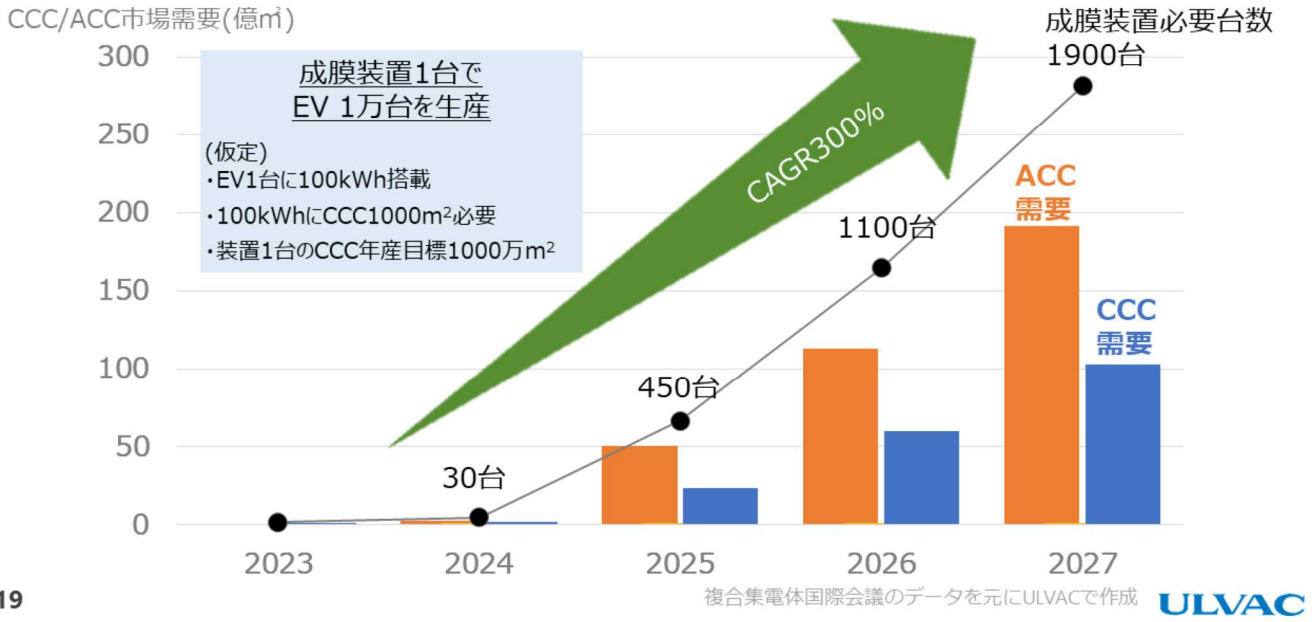
以上の理由から、アルバックではこれまで培ってきたR2R技術を活かし、両面蒸着膜CCC市場に新たな差別化技術を盛り込んだ製品を提供しています。

これまでのアルバックのバックグラウンド技術としては、スパッタ方式より10倍速い高速成膜技術とポテトチップスの袋の1/30の厚さの、約2 μm の薄フィルム搬送により、EV用の高容量フィルムキャパシタ製造用AL蒸着R2R装置でNo.1のShareを持っています。

LiB向け両面蒸着膜CCC製造装置ではこれらの技術に、独自の技術で両面一括蒸着とフィルムキャパシタの50倍の厚さの膜厚のアルミ蒸着技術を付与したことで、競合メーカを上回る生産性と高品質CCCの製造装置として市場から評価を得ています。

両面蒸着膜CCC/ACCの市場感

EVの市場成長率(CAGR30%)以上に、両面蒸着膜CCC/ACC市場、CCC/ACC成膜装置市場は急成長の見通し




ここまで両面蒸着膜の期待感と我々の差別化技術について説明してきました。

我々は両面蒸着膜CCC/ACC市場およびその成膜装置市場はEVの市場成長率以上に急成長すると考えています。両面蒸着膜CCC市場は2027年には100億㎡、両面蒸着膜ACC市場は約200億㎡の需要になると考えています。このときに世界で必要とされる蒸着装置の台数は合わせて1900台にもなる試算です。市場成長率としては300%となります

なお、成膜装置1台でできるEVは年間1万台生産できるので、1000万台以上のEVの生産となると予測しています。

我々の両面蒸着膜ACCへの取り組みについては武井から説明します。

なぜ両面蒸着膜ACCに注目しているのか？

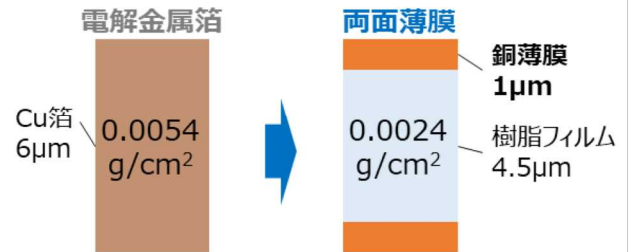
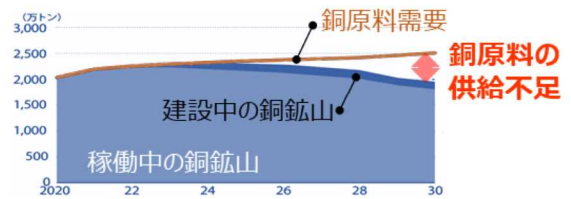
 理由1：安全性向上

 理由2：小型・軽量化

 理由3：部材コスト低減

 理由4：GHG削減効果

 理由5：銅原材料の削減



銅の使用量を50%以上削減

ULVAC

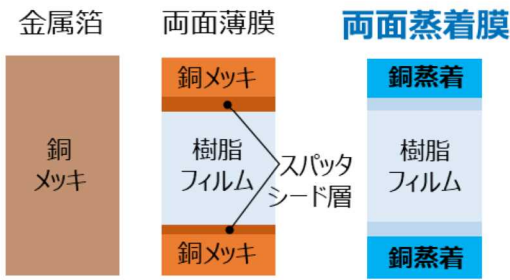
20

先進技術研究所の武井と申します。まず、ACCの両面蒸着膜が注目される理由を説明します。

CCCで説明した左の4つの理由に加え、利用資源の削減が期待されます。

銅は2025年以降、原材料の供給不足が予測される貴重な資源の一つです。現在のバッテリーには6μm以上の電解銅箔が用いられますが、両面薄膜にすることで50%以上削減することができ、課題解決策として期待されています。

両面蒸着膜ACCに対する取り組み状況



銅厚み	6μm	1+1μm
ドライ生産速度	-	~15 m/min
メッキ生産速度	~X m/min	~5 m/min
製造コスト	1	1.5

銅厚み	1+1μm
ドライ生産速度	~20 m/min
メッキ生産速度	-
製造コスト	0.6

製造コストはULVAC推奨値



**小型実験機
基礎評価**

単一蒸発源

**実機相当
応用評価**

多連蒸発源

**実機
展開**

量産機
EWG-165
(Cu)

現在の両面薄膜のACCは樹脂フィルムの両面にスパッタでシード層を形成したのち銅メッキすることで製造試作されています。しかし、この製法ではコストがUPしてしまうという課題があります。

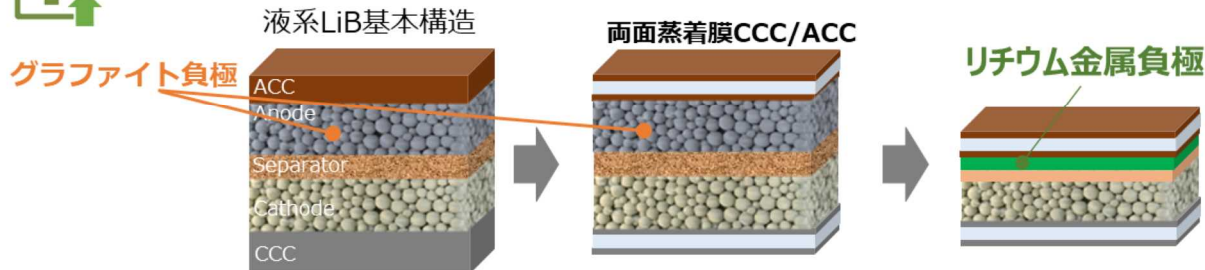
そこで我々は先ほど紹介したAL両面蒸着の技術を応用し、銅の両面蒸着膜製造装置を開発し、利用資源の削減とコスト削減、両方の観点で価値を提供することを目指しています。

この開発は今年度小型実験機を用いた基礎評価を終え、来年度実機相当の応用評価、2025年度には製品展開する計画です。

なぜリチウム金属負極に注目しているのか？



更なる小型・軽量化



1MWhあたり	単位	液系LiB構造	両面蒸着膜の採用	リチウム金属負極の採用
ACC重量	kg	645	289	289
CCC重量	kg	389	139	139
負極重量	kg	1,200	1,200	32
その他電池重量	kg	1,766	1,766	1,766
電池重量	kg	4,000	3,394	2,226
エネルギー密度	wh/kg	250	294	450

22

(出所)方正証券研究所データをもとにアルパックにて編集

ULVAC

次に、次世代の負極として注目されるリチウム金属負極について説明します。

Li金属負極を適用することで、バッテリーの更なる小型軽量化に貢献できます。

先ほど説明しました既存の液系LiBや両面蒸着膜CCC/ACCを適用したLiBの負極にはグラファイト負極が用いられ、1MWh当たりの負極重量は、1200kgに上り、バッテリーの約1/3の重量を占めております。

このグラファイト負極からリチウム金属負極に転換すると負極重量を約40分の1に削減することが可能であり、結果、電池のエネルギー密度を現行の約2倍に向上することができます。

リチウム金属負極の生産技術課題

真空中における銅箔搬送技術

従来のR2R装置は伸縮性の高い樹脂フィルムへ成膜が一般的であるが、バッテリーの負極は、伸縮性が低くシワになりやすい金属箔へ成膜が必要

リチウム金属負極 (Li/Cu)

物性	銅箔	PET
伸縮性 (伸び率)	7%	188%

Li 1~10μm
Cu 6~10μm

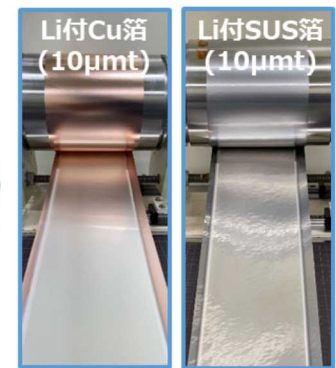
23

銅箔上へリチウムを蒸着

PET等基材で最適化した搬送システムを使用



金属箔搬送に必要な技術を導入



150mm幅web小型R&D装置での基礎検証

ULVAC

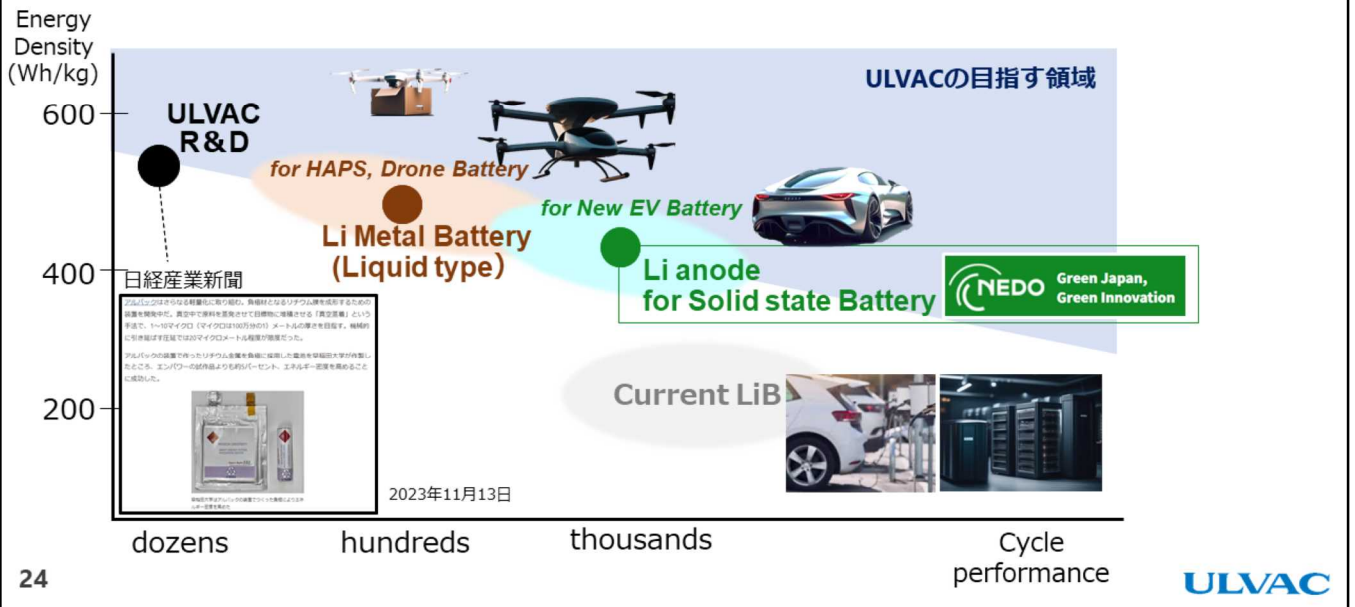
昨年度のセミナーにおいて、リチウム金属負極の生産技術課題に触れており、今回は代表的な進捗について説明します。

リチウム金属負極の生産技術課題の一つとして、真空中における銅箔、金属箔の搬送があります。

CCCの製造で用いられるようなポリマーフィルムの搬送技術を、物性の異なる金属箔搬送にもちいると、真ん中の写真のように外観異常が発生してしまいます。

今年度、我々は金属箔搬送に必要な技術を習得しており、こちらのように外観異常なくリチウム蒸着膜を金属箔上に形成することができています。このリチウム蒸着膜をバッテリーのリチウム金属負極として用い、次世代バッテリーの評価を行っております。

ULVACの巻取蒸着技術が貢献する次世代バッテリー領域



リチウム金属負極を適用したバッテリーについて少しご紹介いたします。

このグラフは縦軸にエネルギー密度、横軸に電池の寿命に相当する充放電可能回数を示しております。我々のリチウム蒸着膜を負極に採用した電池はR & Dlevelでは500Wh/kgを超える性能を得ることができています。こちらは、日経産業新聞に早稲田大学様との共同評価の成果として紹介されております。これから電池メーカーや大学・研究機関などの産学連携により、こちらの次世代EVに搭載するバッテリーへ応用できるようにグリーンイノベーション基金事業を通じて開発を継続していきます。

バッテリーについて、まずはアルミ蒸着膜の正極集電体が安全性や小型軽量化、コスト低減、CO₂削減等の効果を狙って投資が始まり、前4Q・今1Qで200億円を超える受注があったこと、アルバックの装置は両面一括・1回で厚膜蒸着できる生産性の高さを評価され競争優位性が高いこと、今後は銅蒸着膜の負極集電体の投資も始まり、更なるビジネスの拡大が見込めること、次世代技術としてグラファイト負極からリチウム金属負極への置き換えの技術開発に取り組んでいることをご説明しました。

ULVAC

次世代パワーデバイスの市場動向と当社の取組

電子機器事業部

事業部長 岩井治憲

*Leading the World
In Vacuum Technology*



電子機器事業部事業部長の岩井です。

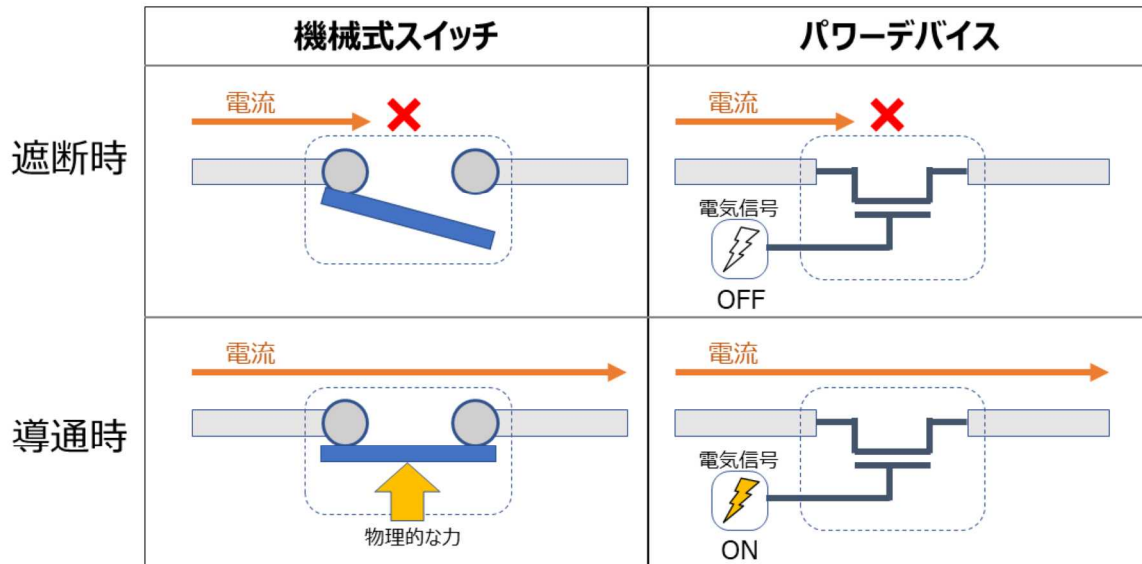
本日は「次世代パワーデバイスの市場動向と当社の取組」について紹介します。

1. パワーデバイスとは
2. パワーデバイスの市場規模、トレンド
3. SiCパワーデバイスの製造工程
4. ULVACのSiC向け装置ラインアップ
5. GaNへの取り組み

本日の発表のアウトラインになります。

まず始めにパワーデバイスの動作、用途などについて簡単に説明します。

あらゆる分野で活用されるパワーデバイス



駆動部分が無いため、小型、高速、長寿命 なスイッチ

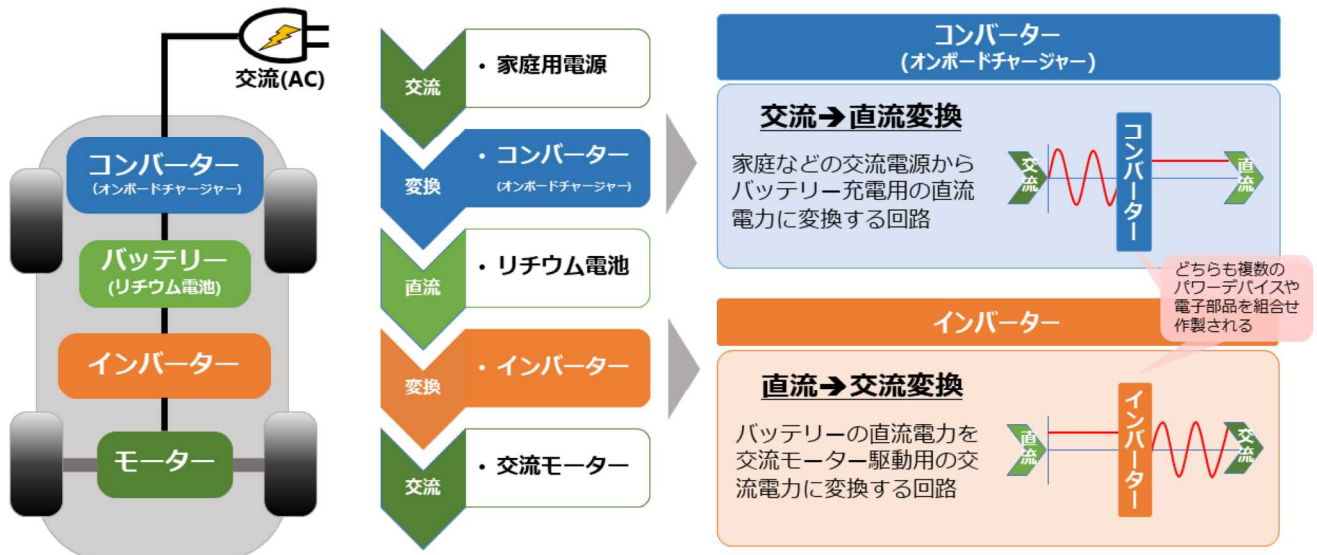
27

ULVAC

パワーデバイスの特徴は、左の機械式スイッチでは物理的に接点が動いて電流の切り替えを行うのに対して、パワーデバイスは電気信号のON/OFFで切り替えを行えることにあります。駆動部がないため小型で高速に大電流を流すことができ、あらゆる分野で活用されています。

世界の電力需要の半分はモーターを回すために使われていると言われており、省エネ化にはパワーデバイスは極めて重要となります。

パワーデバイスの役割 (EVの例)



28

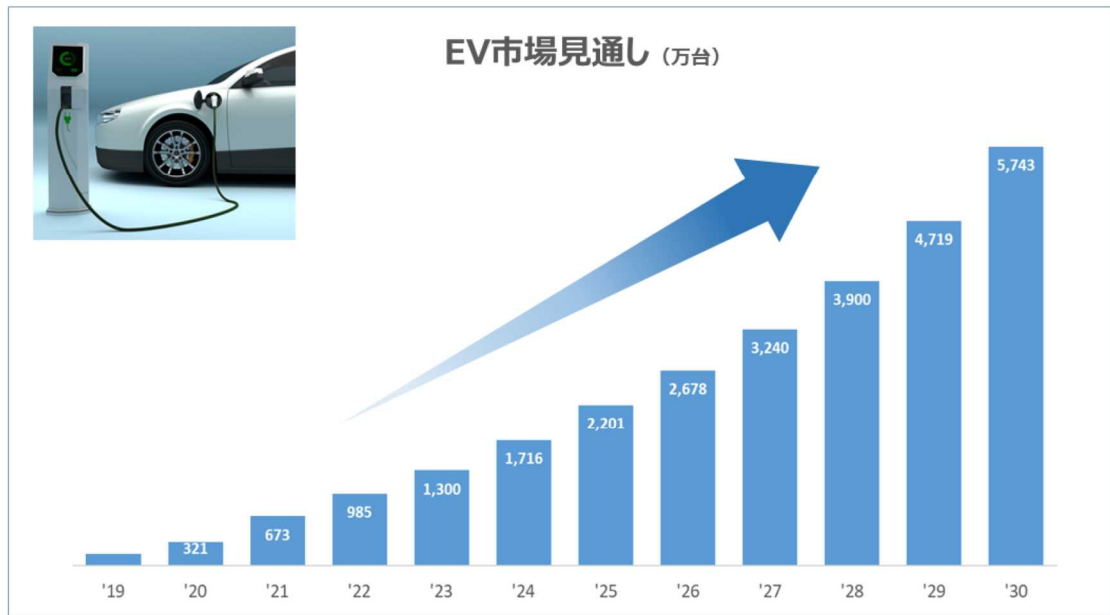
ULVAC

パワーデバイスがどのように使われているかを、EVを例にとって説明します。

交流である家庭用電源から、直流であるバッテリーへ充電する際、交流を直流に変換する必要があります。よって、コンバーターと言われる交流-直流変換回路が使われます。走行時は、バッテリーの直流の電気を交流モーターで使用するため、インバーターで直流を交流に変換します。コンバーターもインバーターも複数のパワーデバイスや電子部品を組み合わせで作製されています。

EV用途では、直流から交流に変換を行うインバーターが約8割とパワーデバイスの主な役割になっています。

パワーデバイス需要も飛躍的に拡大



29

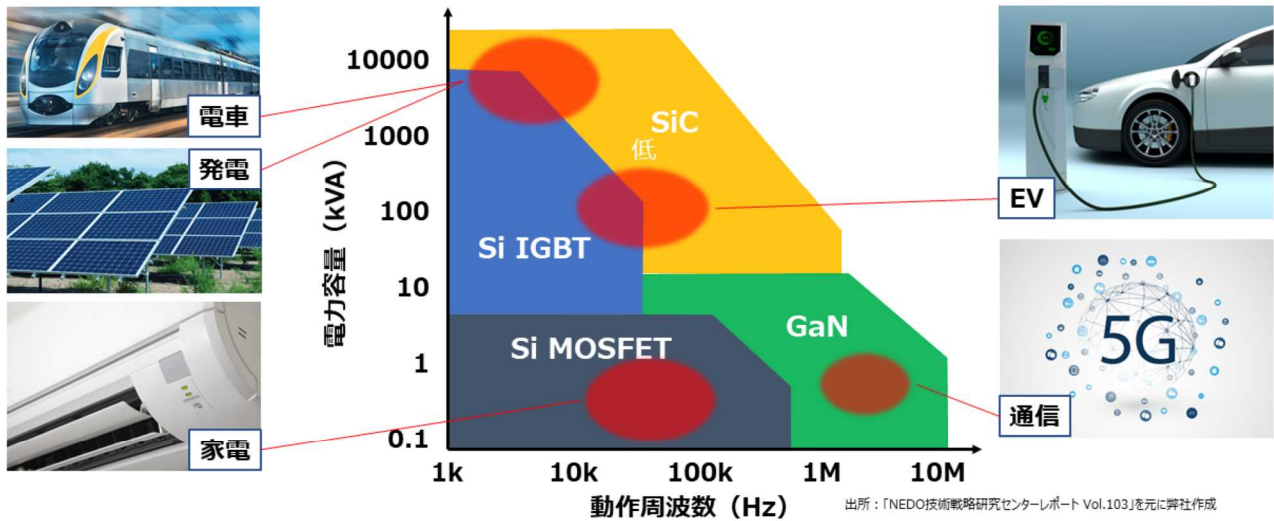
(出典: SNE Research/SNE Analyst Day 2022)

ULVAC

EV市場は環境対策や各国の規制もあいまって大きな市場の拡大が見込まれます。23年は1,300万台程度ですが、25年には2000万台超、30年には6000万台近くまで増加しつづけると予測されており、これに伴ってEV用のパワーデバイス需要も飛躍的に拡大する見込みです。

弊社の予測では、25年には月産100万枚、30年には月産300万枚規模のSiC基板が必要になると見込んでいます。

進化するパワーデバイス



	Si	SiC	GaN
長所	低コスト	低電力ロス、小型	高周波動作、小型
短所	電力、動作周波数に上限	高価	高価、低電流

ULVAC

EV市場の拡大、低消費電力化や小型化などの市場ニーズなどにより、パワーデバイスの技術革新が進展しています。

パワーデバイスの基板材料は、従来のシリコンから、SiC、GaNへと技術革新が進んでいます。家電などの比較的小電力の用途には、主にシリコンが使われています。しかし、電車、太陽光や風力発電など大電力が必要な用途では、シリコンからスイッチ切り替え時の発熱が少なく電力ロスが少ないSiCが使われています。

EV用途では現在、シリコンとSiCの両方が使われていますが、高価格製品では小型で電力ロスの少ないSiCが採用されています。

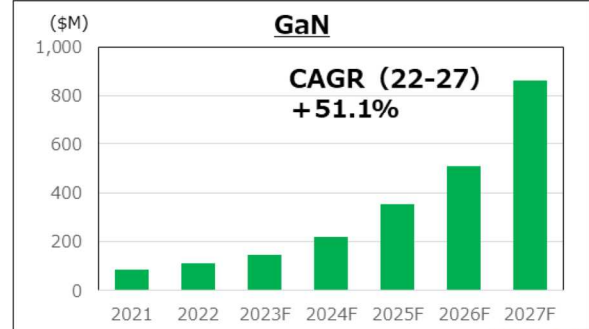
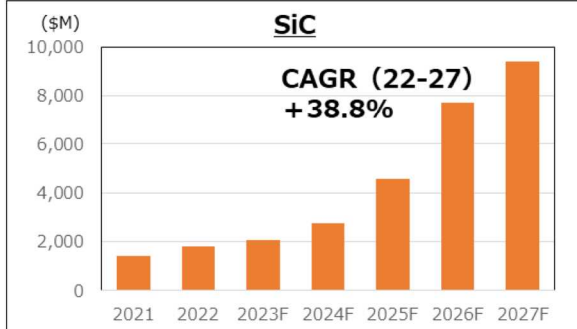
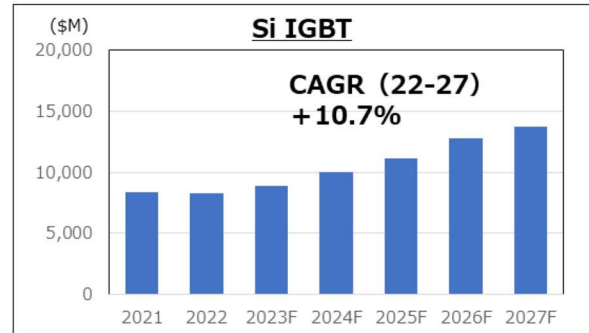
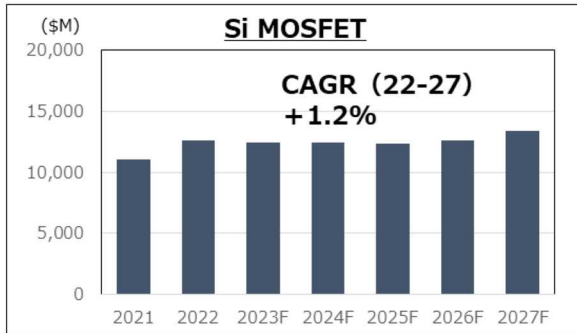
GaNは小型化できるメリットを活かして一部の電気製品に使われています。また、高周波動作が可能であり、5Gや今後拡大する6Gなどの通信用途向けに拡大しています。

今後は、EV市場の増加、低消費電力化や小型化などの市場ニーズ、デバイス製造コストの低下などにより、SiCやGaNの需要がさらに拡大することが予想されます。

1. パワーデバイスとは
2. パワーデバイスの市場規模、トレンド
3. SiCパワーデバイスの製造工程
4. ULVACのSiC向け装置ラインアップ
5. GaNへの取り組み

次にパワーデバイスの市場規模、トレンドについて説明します。

SiC・GaN市場の成長



32

Source: Omdia, Consulting Project on Power Semiconductor, Aug. 2023
Results are not an endorsement of ULVAC. Any reliance on these results is at the third-party's own risk.

ULVAC

Si MOSFET・IGBTは活用分野も広く、市場規模は大きいものの、成長率はそれほど大きくありません。

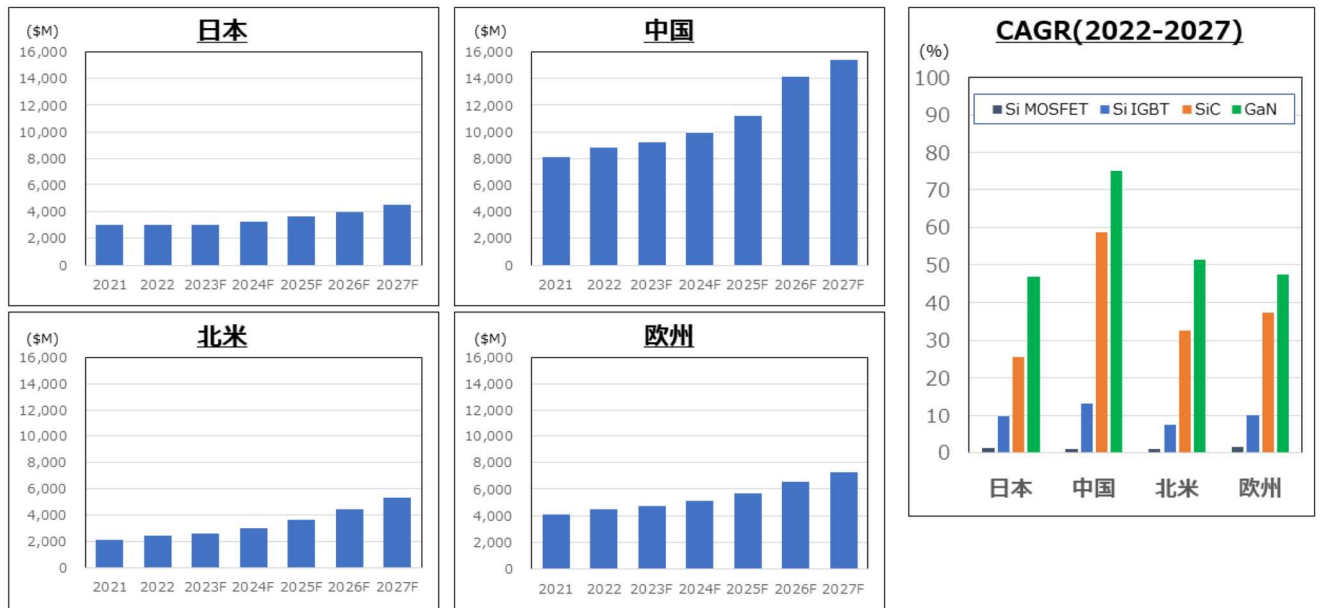
一方、EV需要の高まりもあり、近年はSiCへの投資意欲が拡大しています。25年頃からSiCの8インチ化が進み、コスト面での改善も進むと予想されているため、あしものパワーデバイス投資の中心はSiCへシフトしてきています。成長率が最も高いのはGaNです。5年後以降に市場規模も大きくなると予測されています。

我々装置メーカーの目線で見ると、デバイスの増加分が新規設備投資となり、デバイス増加の2年～3年前に設備投資が行われます。足下はSiC装置の投資が伸びており、続いてGaN装置が伸びると考えています。

また、EV用でSi-IGBTからSiCに技術転換することは、アルバックにとって新規参入するチャンスにもなると考えています。

1Qは、日本でもSiC投資が活発化し、中国で高いシェアを確保しているSiC用イオン注入装置の受注の拡大を獲得できました。

国産化政策で成長する中国パワーデバイス市場



33

欧州は中東、アフリカを含む
 Source: Omdia, Consulting Project on Power Semiconductor, Aug. 2023
 Results are not an endorsement of ULVAC. Any reliance on these results is at the third-party's own risk.

ULVAC

地域別にみると、国産化政策とEV化の進展が牽引する中国の市場規模と成長が最も大きくなっています。

右側のグラフは、材料別に見た、各地域の成長率です。SiC、GaNともに中国が大きく伸びると予測されています。

アルバックは成長する中国のSiC市場において、イオン注入装置で高いシェアを確保しており、今後も大きく成長できると考えています。

基板サイズアップと構造変化でビジネスチャンス拡大

中国

基板：6インチ
構造：プレーナ

※数年後には中国でも、8インチ基板
トレンチ構造へ移行する見込み

日本

基板：6インチ → 8インチ 移行中
構造：プレーナ → トレンチ 移行中

※基板反り：6インチ 200um程度
8インチ 300-500um程度



	プレーナ	構造	トレンチ	
	工程が単純	長所	チャンネル抵抗が低い (50% ↓) 小型化が可能 (20% ↓)	
	チャンネル抵抗が高い 小型化に限界	短所	工程が複雑	

34

ULVAC

市場規模の大きい中国では、基板サイズは6インチ、デバイス構造はプレーナが主流です。日本では足下は6インチでの投資となっていますが、今後は、8インチ基板、トレンチ構造への移行が進みます。

数年後には中国でも8インチ、トレンチ構造への移行が進む見込みで、日本での実績が重要視されると考えています。

アルバックでは、既にSiCの8インチ用スパッタリング装置・イオン注入装置のラインアップを揃えています。基板が大きくなると、基板の反りも大きくなり、基板の反りの抑制や反りのある基盤を搬送する技術等が重要となります。

プレーナ構造とトレンチ構造のデバイスの違いについて説明します。

プレーナは製造工程が単純で作りやすい反面、チャンネル部の抵抗が高く電力ロスが大きい、小型化に限界があるという短所があります。一方、トレンチはチャンネル抵抗が低く電力ロスが低い、小型化も可能という長所があります。しかし、製造工程が複雑で、高度なプロセス技術・ノウハウが必要となります。

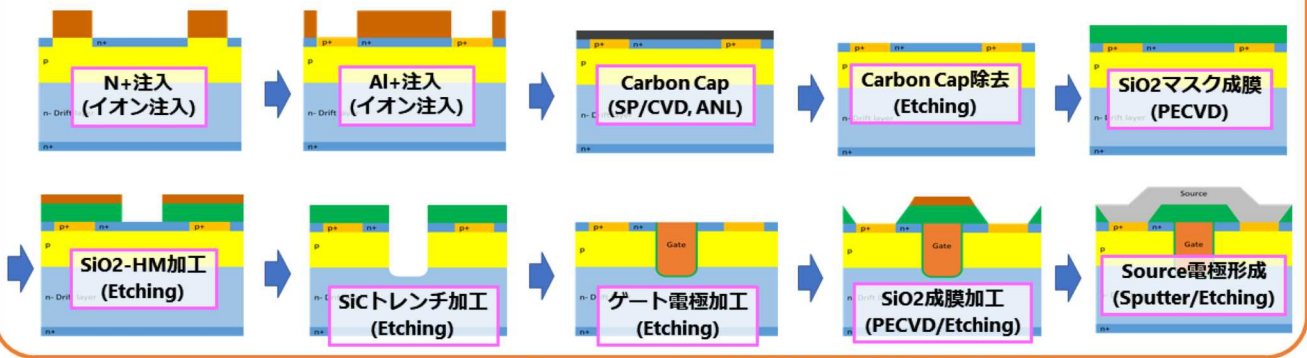
1. パワーデバイスとは
2. パワーデバイスの市場規模、トレンド
3. SiCパワーデバイスの製造工程
4. ULVACのSiC向け装置ラインアップ
5. GaNへの取り組み

次に現在急成長しているSiCパワーデバイスについて、製造工程の概要と製造工程における課題、アルバックの強みについて説明します。

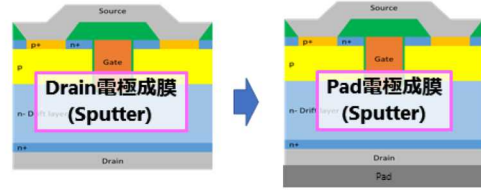
SiCパワーデバイスの各工程に対して装置ラインアップ

※各工程の () 内は、アルバックから提供可能な装置

<表面工程>



<裏面工程>



同業他社の装置ラインアップ

	ULVAC	A	B	C
イオン注入	○	○	○	—
スパッタ	○	—	○	—
エッチング	○	—	—	○
PECVD	○	—	○	—

出所：公開情報より弊社作成

ULVAC

36

SiCパワーデバイスの製造工程の概要です。先ほど説明したトレンチ構造の例になります。

洗浄などのウェット工程や露光などのリソグラフィ工程は省略していますが、SiCパワーデバイスの製造は半導体の前工程が転用されているため、多くの工程で真空装置が使用されています。

この図でピンク色の四角枠で示されている工程は、アルバックが提供している真空装置になります。イオン注入装置、スパッタリング装置、エッチング装置、PECVD装置など、競合他社と比べてすべての真空装置を提供できることが強みになります。

SiCパワーデバイスの課題解決に答えるアルバックの真空技術

		Si	SiC	課題
1)	イオン注入 1工程での 処理回数	1回	複数回	スループット
2)	イオン注入 処理温度	常温	低温/高温	イオン注入濃度制御 スループット
3)	基板反り	小(無し)	大	基板反り抑制 反り基板の搬送
4)	基板価格	低	高	搬送信頼性
5)	トレンチ構造 への対応	Si半導体の 実績転用	新規開発が 必要	加工形状制御

顧客の課題(VOC)

デバイス課題

電界集中抑制
(ラウンド加工)

低ダメージ
(平滑加工)

応力制御
(基板反り抑制)

不純物ドーピング
制御(高温注入)

半導体レベル
生産技術

Φ4"→6"→8"

37

ULVAC

SiCの場合、基板が堅いため、複数回のイオン注入が必要で、かつイオン注入温度もプロセスによって変える必要があります。よって生産性を高めることが課題となります。

- ・SiCは基板が高価で、反りが大きいため、反りの抑制や反り基板でも割れないように搬送する技術が重要となります。

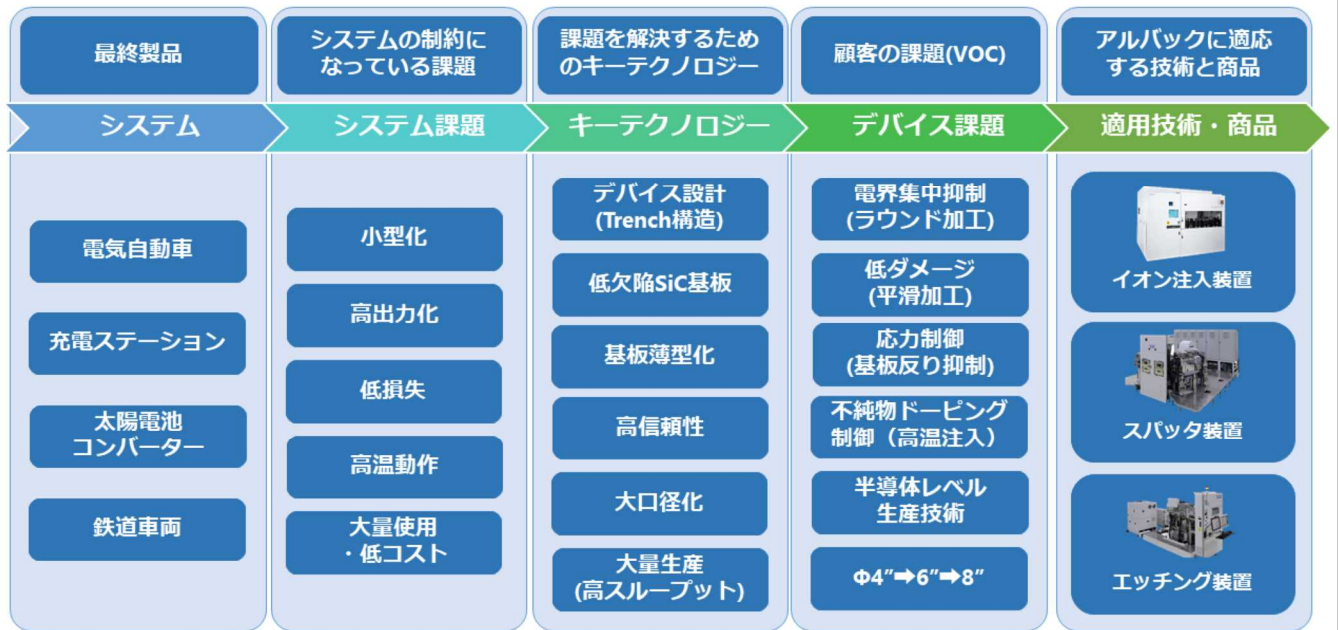
- ・トレンチ構造は、特にエッチング時の加工形状制御もデバイス特性にとって重要です。

アルバックはこれらの課題を解決するため、お客様の声を聞き、技術開発を行い、技術革新でお客様の期待に応えています。

1. パワーデバイスとは
2. パワーデバイスの市場規模、トレンド
3. SiCパワーデバイスの製造工程
4. ULVACのSiC向け装置ラインアップ
5. GaNへの取り組み

SiC向け装置ラインアップと強みについて説明します。

SiCパワーデバイスとアルバックの貢献



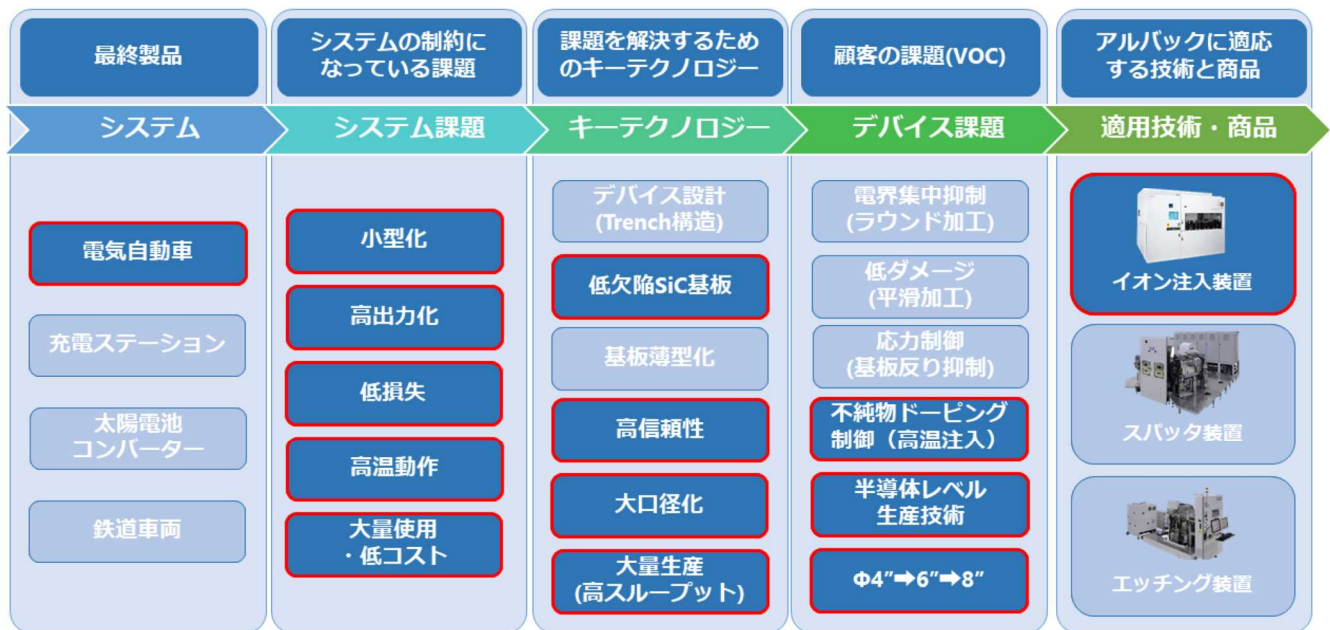
39

ULVAC

この図は左から、SiCの最終製品、課題、その課題を解決するキーテクノロジー、前のページで説明しました製造課題、その課題を解決するアルバックの製品を示しています。

それぞれの装置について、詳細を説明します。

SiCパワーデバイスとアルバックの貢献



40

ULVAC

まずはイオン注入装置ですが、電気自動車の場合、小型化・高出力化・電力ロス低減・低コスト化などの課題を解決する必要があります。

イオン注入装置では、低温での注入に加え、高温での注入や半導体レベルでの生産技術、ウエハサイズアップへの対応などが求められます。

イオン注入装置の強み



IHシリーズ

- デュアルステージ搭載で高温 & 低温の瞬時切り替えにより高生産性を実現
- 高エネルギーから低エネルギー領域までの複数のプロセスを1台でカバー
- 6～8インチSiC搬送対応（反り/薄い基板）
- 通常のクリーンルームに収まる装置高さ

41

高温/低温デュアルプラテンによる高生産性	
他社	<p>切替時にセッティング変更が必要 ⇒ ダウンタイムが発生 生産量確保には2台必要</p>
アルバック	<p>高温/低温の切替はレシピで即対応 ⇒ 1台で高生産性を実現</p>
広いエネルギー領域で複雑なSiCの工程にも対応	
Si	<p>注入処理は1回のみ</p>
SiC	<p>エネルギーを変えて複数回処理必要</p>
<p>高エネルギーから低エネルギーまでの処理が可能のため ⇒ 複数のプロセスを1台でカバー = 高生産性実現</p>	

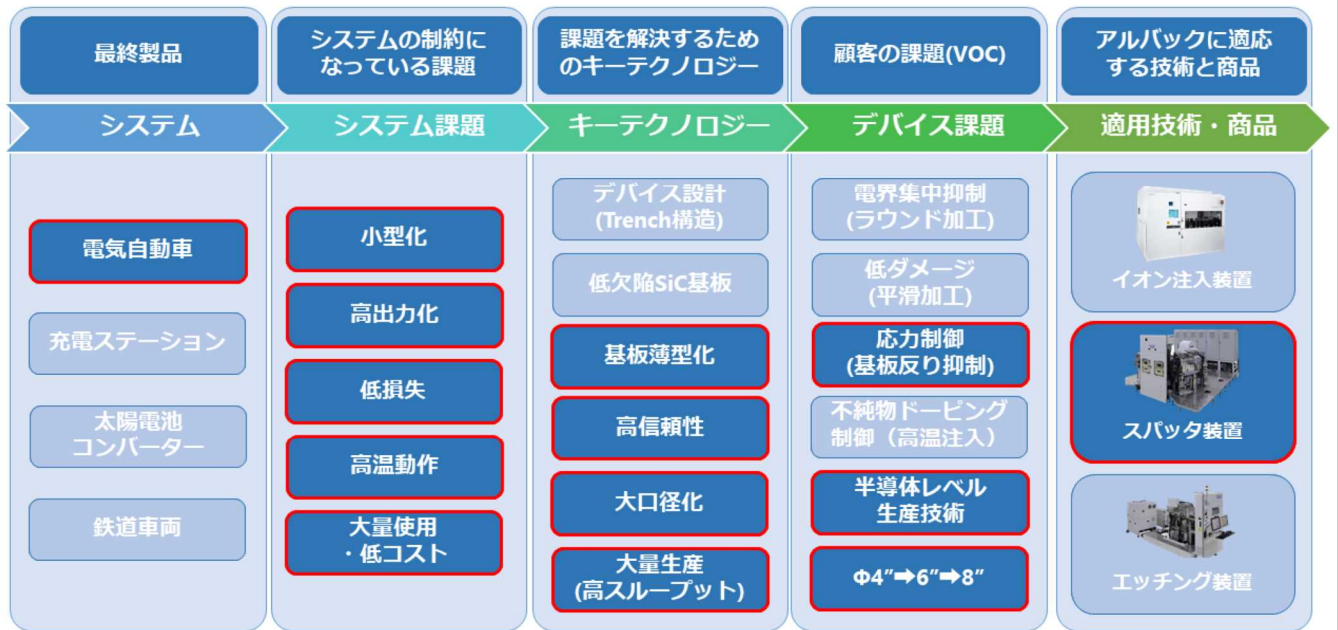
SiCの場合、高温と低温で複数回のイオン注入が必要になりますが、他社装置は、高温と低温の切り替えの際、セッティング変更が必要となり、ダウンタイムが発生するため、2台以上の装置が必要となります。

アルバックのイオン注入装置は、高温・低温の切り替えをレシピの設定で簡単に行うことができるため、1台で高生産性を実現しています。高エネルギーから低エネルギー領域までの複数のプロセスを1台でカバーできるということで高く評価いただき、SiCで先行する中国市場で7割以上のシェアを確保しています。

また、反り基板や薄い基板にも対応した高い搬送信頼性を有していることも強みとなっています。

さらに、SiCに特化したコンパクトなイオン源を有していることで、他社装置が5 mくらいの高さなのに対して、3 m程度の高さに抑えることができ、通常の半導体工場のクリーンルームに収まるコンパクトな装置高さとなっていることも高く評価いただいています。

SiCパワーデバイスとアルバックの貢献



42

ULVAC

次はスパッタリング装置について説明します。

スパッタリング装置の強み



uGmni-200S



SRH-420

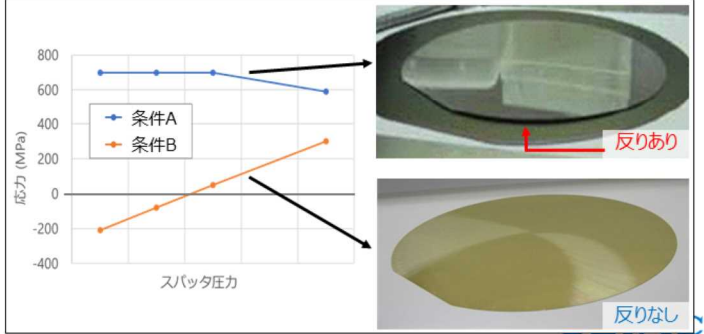
43

反り基板に対する搬送信頼性

SiC	Si
<p>反り(～数百um)</p>	<p>ほぼ平坦</p>

アルバックの技術により、反りの大きな基板の搬送にも対応
⇒高価なSiC基板に対する高い搬送信頼性

応力制御による基板の反りコントロール



アルバックのスパッタリング装置の主な特徴は、反り基板や薄い基板にも対応した高い搬送信頼性を有しており、また応力制御による基板の反りコントロールができることです。

Si基板はほぼ平坦ですが、SiC基板は反りが大きく、安定して搬送することが難しいという課題がありました。

アルバックのこれまでの技術開発により、他社と比較して反りの大きな基板の搬送や反りをコントロールできることが優位点となっています。

SiCパワーデバイスとアルバックの貢献



44



最後にエッチング装置について説明します。

エッチング装置の強み



uGmni-200E

- 加工形状制御によるデバイス特性向上
(ラウンド形状、低ダメージ、側壁平滑化)
- 6～8インチSiC搬送対応 (反り/薄い基板)
- 面内分布の制御
- 各工程(材料)で共通のプラズマ源で対応可能

45

加工形状制御によるデバイス性能向上

一般的な処理

アルバックの技術を適用

アルバックの技術で形状を制御
⇒ デバイスの特性向上

新プラズマ源 : ISM-duoによる面内分布制御

	$I(in) \ll I(out)$	$I(in) < I(out)$	Optimize	$I(in) > I(out)$	$I(in) \gg I(out)$
Uni.	±12.6%	±5.4%	±2.1%	±6.4%	±13.6%
E.R.					

⇒ 顧客のプロセスに合わせて分布形状を制御可能

先ほど、トレンチ構造にすることによって、チャンネル抵抗すなわち電力ロスを低くすることができ、小型化を実現するには、製造工程が複雑で、高度なプロセス技術・ノウハウが必要となると説明しました。

トレンチ構造を実現するためには、エッチング技術の加工形状制御によるデバイス特性の向上がキーとなります。トレンチ側壁部はエッチングのダメージがあるとデバイスの信頼性が低下してしまいます。

しかし、アルバックのエッチング技術により、側壁を平滑に加工をすることが可能です。

また、トレンチ底の角部は電界が集中し、デバイスの絶縁破壊電圧が低下するという課題があります。

これもアルバックのエッチング技術で、角部をラウンド形状に加工することが可能です。

こうしたエッチングの加工形状制御により、デバイスの特性を向上させることができます。

また、アルバックの装置すべてにいえることですが、反り基板や薄い基板にも対応した高い搬送信頼性を有していることも強みとなっています。

エッチングはパワーデバイス製造工程の中の様々な工程で使われますが、各工程で共通のプラズマ源で対応できることも評価いただいています。

またレシピ制御でお客様にあわせた分布形状への制御が可能なのも特徴です。

SiCパワーデバイス向け量産装置ラインナップ

Ion Implantation

- ・高温/低温プロセス1台で対応
- ・広いエネルギー範囲
- ・8インチ基板対応

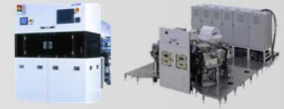
Ion Implantation System
IH series



Sputtering

- ・反り基板搬送
- ・膜の応力制御

Sputtering System
SRH-420
uGmni-200S



Dry Etching

- ・加工形状制御
- ・面内分布の制御
- ・共通のプラズマ源

Dry Etching System
uGmni-200E



Evaporation

- ・低コスト
- ・コンパクト

Vacuum Evaporation System
ei-5



46

ULVAC

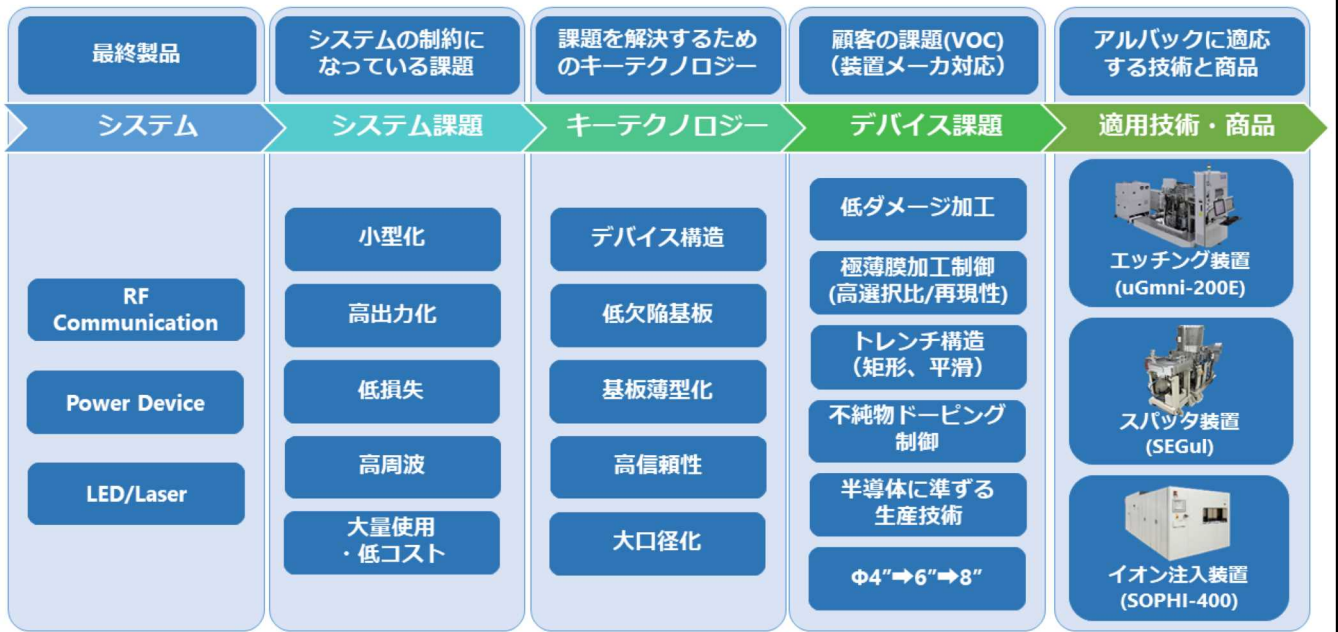
これまでご紹介したアルバックの装置の強みを整理しています。

イオン注入装置、スパッタリング装置、エッチング装置の他に、中国のミドルエンドからローエンドのパワーデバイス用の蒸着装置も現地生産で対応しています。

1. パワーデバイスとは
2. パワーデバイスの市場規模、トレンド
3. SiCパワーデバイスの製造工程
4. ULVACのSiC向け装置ラインアップ
5. GaNへの取り組み

次に、次世代パワーデバイスとして研究開発が、盛んに行われているGaNに対する、アルバックの取り組みについて説明します。

GaNパワーデバイス向け装置ラインナップ

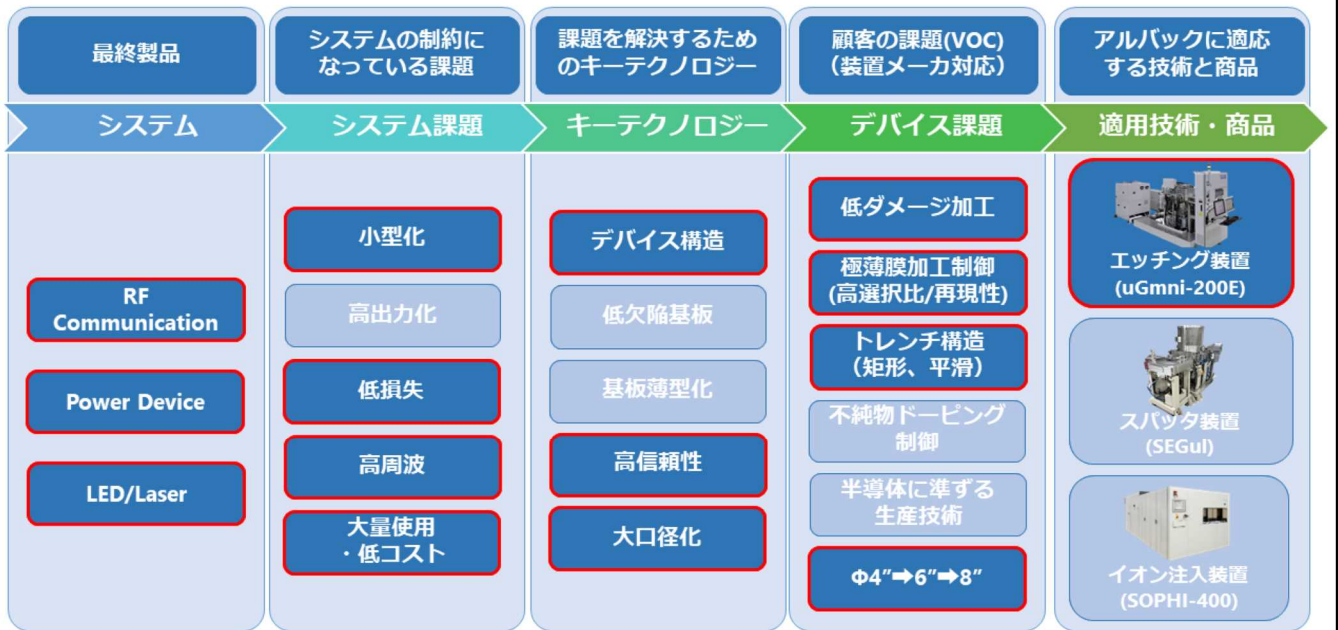


48

ULVAC

GaNの課題とアルバックの装置・技術について整理したものです。
 詳細については次のページ以降で説明します。

GaNパワーデバイス向け装置ラインナップ


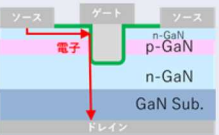


49

ULVAC

まずはエッチング装置について説明します。

GaNパワーデバイス用エッチング装置の強み

	横型GaN	縦型GaN
状況：装置 ：デバイス	開発完了 量産中	開発完了 プロセス調整中
構造		
電子(電流)が 流れる方向	水平	垂直
出力電流	小	大
プロセス難易度	中	難
コスト (使用基板)	低～中 Si, SiC	高 GaN

50



**GaN用エッチング装置の開発
-名古屋大学との連携-**

「GaN トレンチ形成」について学会発表実施
Shinji Yamada et al., Appl. Phys. Lett. 118, 102101 (2021);



2023.11.21 弊社シンポジウムにて
左より 清田、岩井、名古屋大学 加地先生、梅田





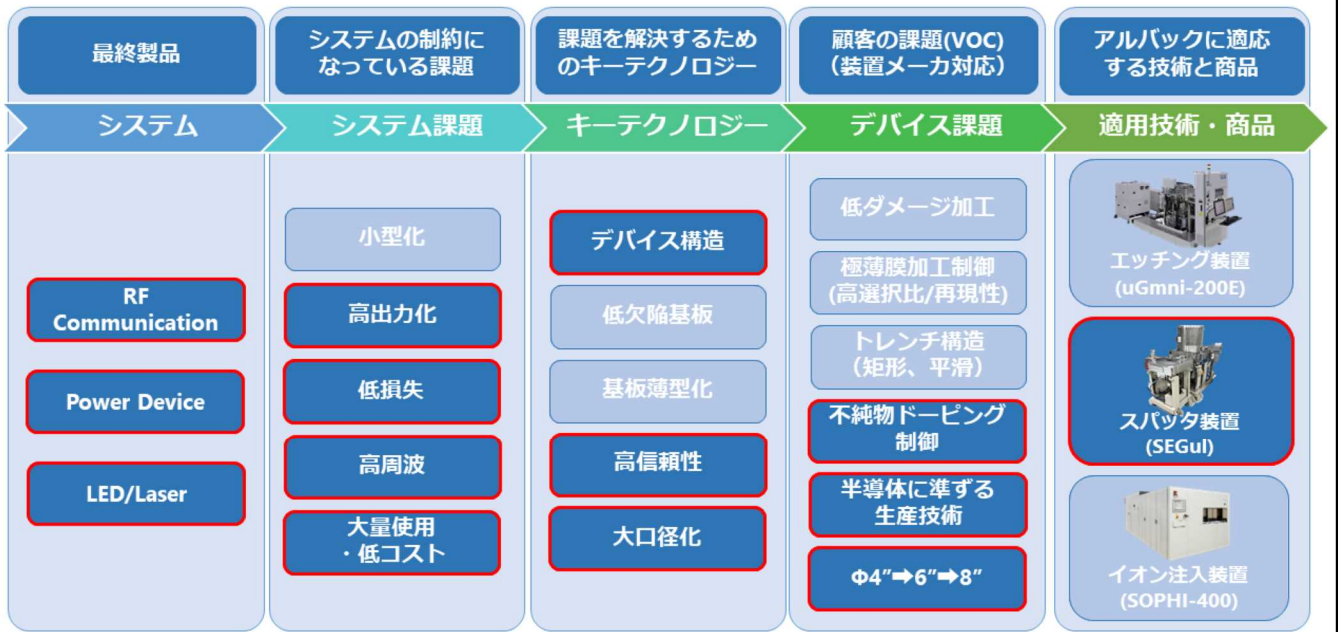
左の表は、現在量産されている横型と、次世代のデバイスとして研究開発が行われている縦型について説明したものです。

縦型では大電流が流せるようになるため、1章で説明した出力の比較的小さい電気製品以外にも、高出力向けの用途が広がることが期待されます。アルバックでは、縦型向け装置開発にも取り組んでいます。

名古屋大学様と連携で開発を行った成果は学会にて発表されています。

アルバックのエッチング技術で、各部の加工形状制御を低ダメージで対応できます。よって、デバイスの特性を向上させることで評価をいただいております。

GaNパワーデバイス向け装置ラインナップ



51

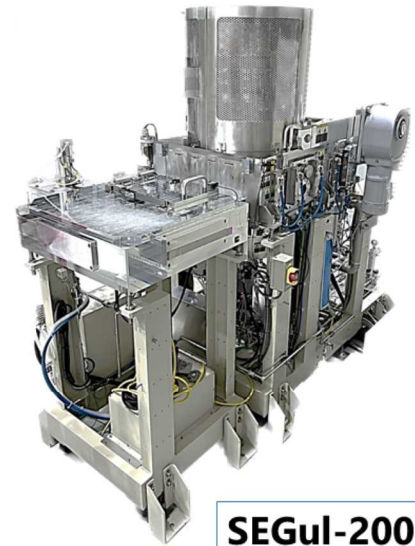
ULVAC

次はGaN向けスパッタリング装置の説明です。

GaNパワーデバイス用スパッタリング装置の強み

- 成膜原料は Ga、N₂、Ar と SiまたはGeのみ
- <700℃の低温成長
- 高キャリア濃度 n-GaN [1.0E²⁰(/cm³)]
- 8インチ基板面内均一性 [<±10%]

	MOCVD	GaNスパッタ
成膜温度	1000℃超	700℃未満
除害設備 ガスの無害化設備等	必要 ×	不要 ○
製造コスト	高 ×	低 ○
結晶性	最良 ◎	良 ○
キャリア濃度	10 ¹⁹ (/cm ³) ○	10 ²⁰ (/cm ³) ◎



SEGul-200

ULVAC

52

こちらはGaNを成膜可能なスパッタリング装置になります。従来はMOCVDのプロセスで成膜されていました。スパッタリングに変更することにより最小量の原料で成膜が可能となります。

MOCVDでは化学的な成膜を行うためにガスを活用し、そのガスを無害化するために必要な除外設備が必要です。スパッタリング装置の場合は特殊なガスを使わないため、除外設備も不要となります。

またMOCVDと比較して低温で成膜できるため、デバイスへの熱履歴が小さく、かつ高移動度のn型GaN薄膜が形成できるメリットもあります。

スパッタリング装置には、設備コストを抑え、環境にも優しいなどの優位性があり、GaNの活用が本格化すればビジネスチャンスが広がります。

パワーデバイスについて、今後はSiC投資が活発化し、中国・日本でイオン注入装置やスパッタリング装置、さらにトレンチ構造化の中でエッチング装置でのビジネスチャンスがさらに拡大すること、次の技術として期待されるGaNにおいてもエッチング装置やスパッタリング装置で貢献できることなどを説明しました。

真空テクノロジーで /
/ 「つくる」をつくる
ULVAC