次世代自動車のための産学官連携イノベーション

「東北の中小企業を世界に羽ばたく企業に」

東北イノベーションキャピタル株式会社　取締役
次世代自動車宮城県エリア
事業化・商品化・推進委員会委員
高橋四郎

Dec. 1 ‘16

震災以降の変化

生命の大切さ知る

ピュアな精神に変化

心理の探求強まる

より高い目標掲げる

　日本一、世界に一つ(知財権確保)

スポーツが先行して成果出す

意欲の高揚

新規事業を成功させるためには

これまでに世の中でなかった事業

これまでに市場になかった商品

人間の福祉社会に役立つ物

特許を取得可能であること

新規事業は年間売上伸びを20%以上

経常利益率を10%以上確保出来ること

東北大学の技術シーズを組み込んだ新規事業は世界的な独創性を生める

コーディネータ、連携支援者は大学、企業と妥協してはならない

自動車用パワー半導体主軸基板と金属単結晶の開発･事業化

株式会社福田結晶技術研究所

代表取締役社長　福田承生

東北大学金属材料研究所

教授　　松岡隆志

会社名　　株式会社福田結晶技術研究所

代表取締役	福田承生
所在地	（本社）〒989－3204 宮城県仙台市青葉区南吉成6丁目6－3ICRビル1F
TEL／FAX	（本社）TEL：022-303-0170　/　FAX：022-303-0171
URL	http://www.fxtal.co.jp/
設立	平成14年1月24日
資本金	5,190万円
従業員数	14名、他　企業出向者13名
事業内容	・単結晶材料開発と単結晶製造技術開発 ・単結晶製造装置の設計、製造 ・単結晶関連の研究から製品化までのコンサルタント

車両IGBT（パワー半導体）用サファイア基板供給

高耐圧、高容量化　　１．４kv－３００A～３．３kv－６００A

大見見解　Si基板は１．１kv以上で車両用として耐圧確保限界

SiC基板、東芝、富士電機　SiC基板予定も（国プロで推進されて来た）
１２００°Ｃ以下の石英管炉使えず
次行程でのラジカル酸化、窒化処理不可
電極剥離など問題有り、２　～４年先の実用化

サファイア基板、高耐圧、Si並大幅CD要
これまで8インチ大型化不可、コスト高で敬遠されていた

サファイア開発

単結晶引上げルツボ開発中イリジウム単価１億円→４００万円の新材へ
１．５㎜厚スライス　ワイヤソーは確立済み

結晶成長方位で成長スピード5倍が確保
その結晶方位M-１５面がGaNへの高効率作用有り確認中

研削スピード従来の３０日を7Hrsに　高速研磨ダイヤとレーザー加工

６７０μmmスライス基板　　荒さ　R；０．１nm

2013～2014年のパワー半導体用主軸基板体制

車両IGBT（パワー半導体）にサファイアを

サファイア基板供給のためのIGBTの性能確認

宮本直人准教授

大見忠弘館長設計図
サファイア基板放熱構造開発設計

松岡隆志教授

サファイア基板M軸のIGBTでの効率の確認

上山　智教授　　成塚重弥教授
（名城大学）

IGBT　１．１kv以上の開発試作

福田承生社長

８～１０インチφ　　長さ５０cm供給可

分担確認会議開催　　２月初め

事業と功績

平成１４年　１月	株式会社福田結晶技術研究所　設立　資本金1,000万円 福田社長が東北大学金属材料研究所並びに同大学多元物質科学研究所の教授として蓄積してきた単結晶作成に関する技術を基に単結晶作成技術のコンサルタンティング会社としてスタート。
平成18年　5月	㈱福田結晶技術研究所　「結晶センター」立ち上げ。 酸化亜鉛結晶開発に着手。
平成19年　6月	代表取締役社長福田氏がポーランド物質材料開発財団よりアジアで初めて「ヤン・チョクラルスキー・ゴールドメダル」を受賞。
平成20年　1月	代表取締役社長福田氏が「河北文化賞」を受賞。
平成23年11月	代表取締役社長福田氏が日本結晶成長学会の最高位賞である「第6回業績賞および赤崎勇賞」を受賞。
平成26年　8月	GaN　LEDおよびLD用新結晶「$ScAlMgO_4$」　を開発。
平成27年10月	振動発電用　鉄ガリウム合金の単結晶を開発。
平成２８年	Ni-BN金属単結晶主軸基板、Low lattice mithmateh
平成２８年９月	ヨーロッパ結晶学会　スキャム、金属単結晶に驚嘆。 招待講演　　福田社長、松岡教授　ポーランドにて。

SCAM（$ScAlMgO_4$）の誕生

１９９５年AT&T　Bell研、発見もサブグレインの微細単結晶で留まる。
その後近年PhilipsがBell研と福田教授に結晶作成呼び掛け。

２０１３年自動車用パワー半導体、IGBTの開発急務。
耐圧1.1kv以上でSi基板脱落（大見教授）
サファイア基板のGaNとの格子定数差圧縮検討、方位、面で。（福田社長）
国はSiCのIGBTを主力視していたが、SiCの素性を髙橋と福田は疑っていた。
格子定数のミスマッチを圧縮することを松岡教授は１９８０年代から熱望していた。
福田社長はLED用のサファイアの大型化と低コスト化進める。
高価格イリジュームルツボを1／１０に。
炉内構造改善でエネルギー経費半減、効率上げ時間短縮。
各種試作件数の消化が容易になる。
SCAM単結晶は桃太郎の如く急誕生。
その近くに松岡教授が居た。

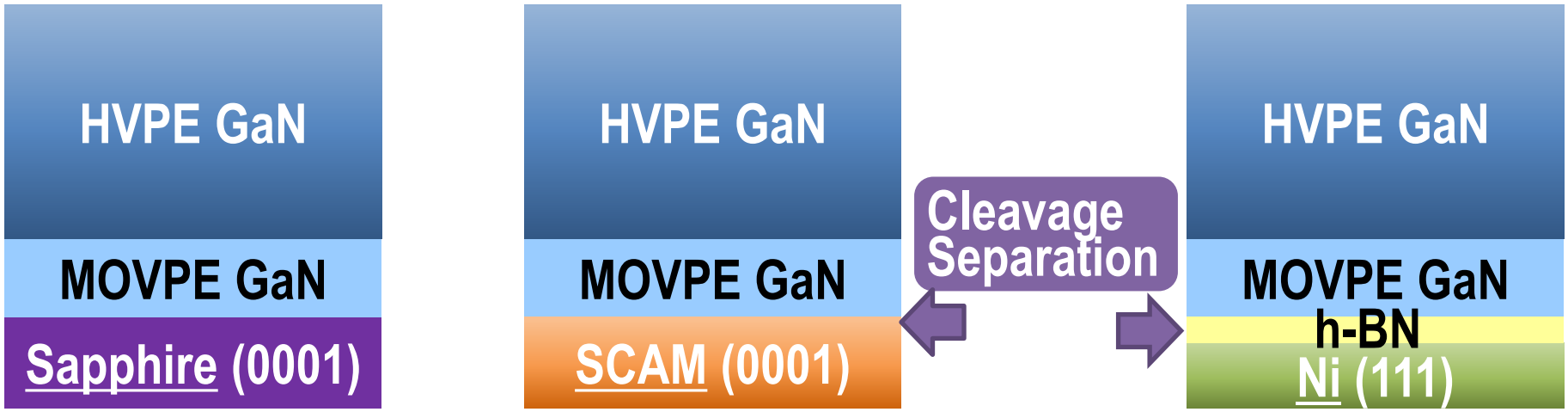
民間企業との事業連携

日亜化学工業株式会社　人材派遣，設備資金提供，パワー半導体工場建設

パナソニック株式会社　人材派遣，設備資金提供

住友商事株式会社　　設備販売
株式会社福田結晶技術研究所　設備販売+デバイス売上よりのロイヤリティ収入

Fabrication of Free-standing GaN Wafers

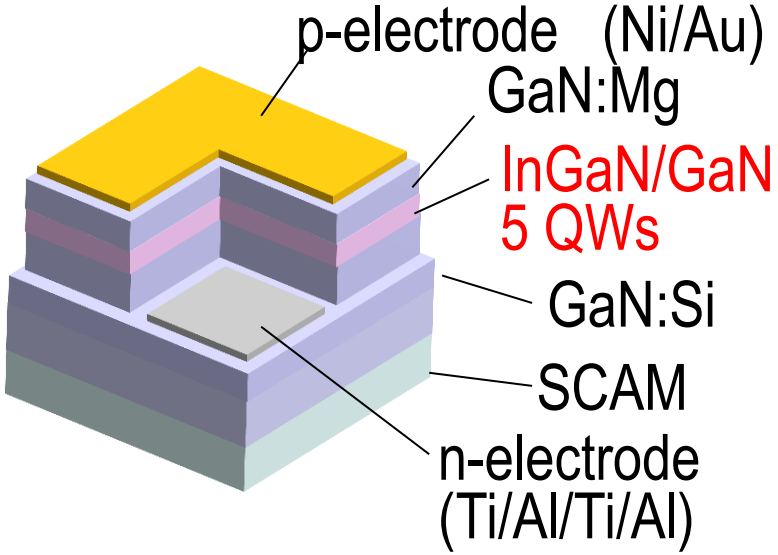


Substrate	Sapphire (0001)	SCAM (0001)	Ni (111)
Δa (%)	13.8	-1.9	0.4
Dislocation Density (/cm^2)	10^8 - 10^9	10^6 - 10^7	?
Wafer Bowing of GaN/sub.	Large	Small	?
Wafer breaking during cooling	Wafer breaking	Wafer separation due to cleavage	wafer separation

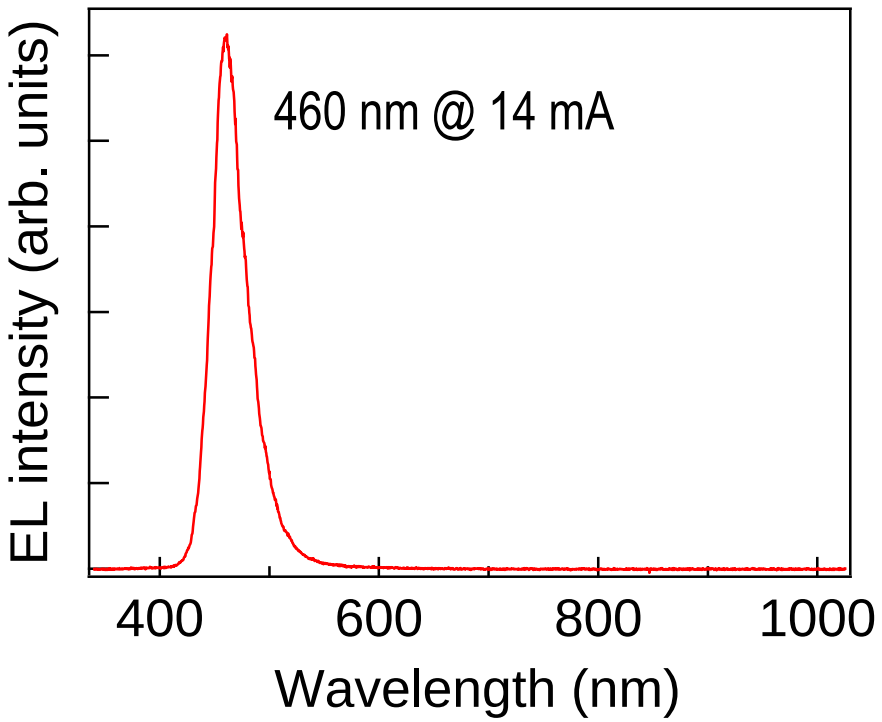
2”ϕ SCAM Single Crystal

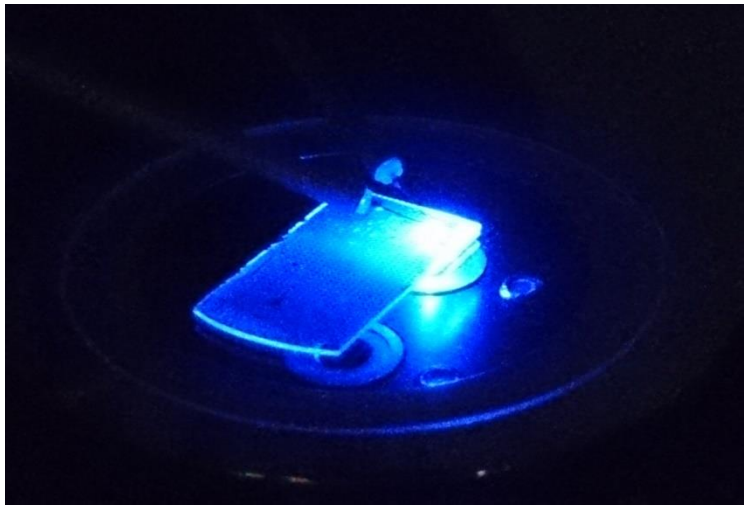
LED on SCAM Substrate

LED Structure



Electroluminescence (EL)

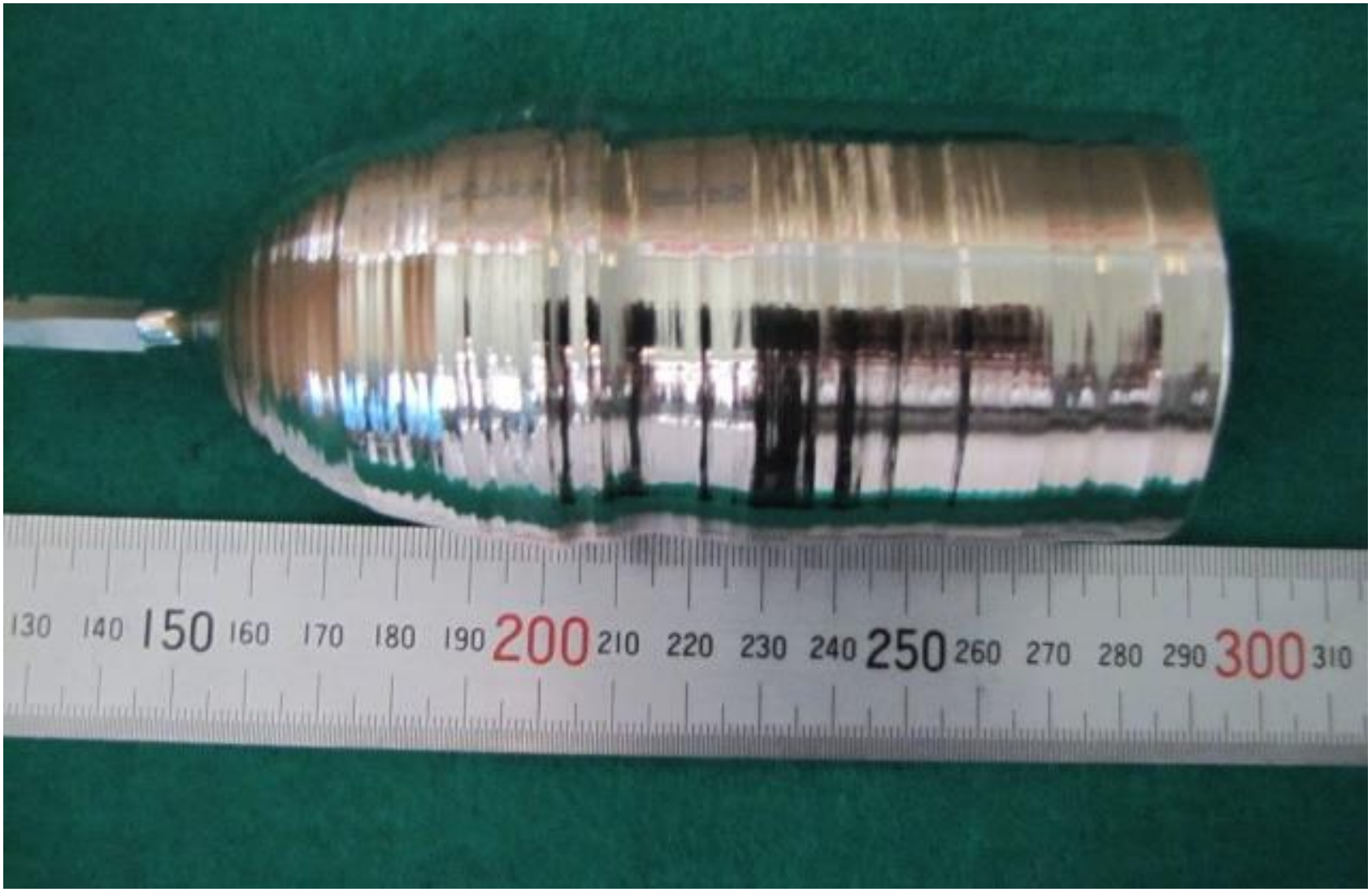




$ScAlMgO_4$ is a promising material as a substrate for GaN devices.

金属単結晶に引き続きN-BN金属単結晶Ni主軸基板を開発

Ni Single Crystal: <111> 2”ϕ×100ℓ



米MIT発想で松岡教授が受けて、単結晶は福田社長が開発実現

H-BN Quality vs. Growth Temperature

low lattice mismatch at growth temperature

h-BN / Ni

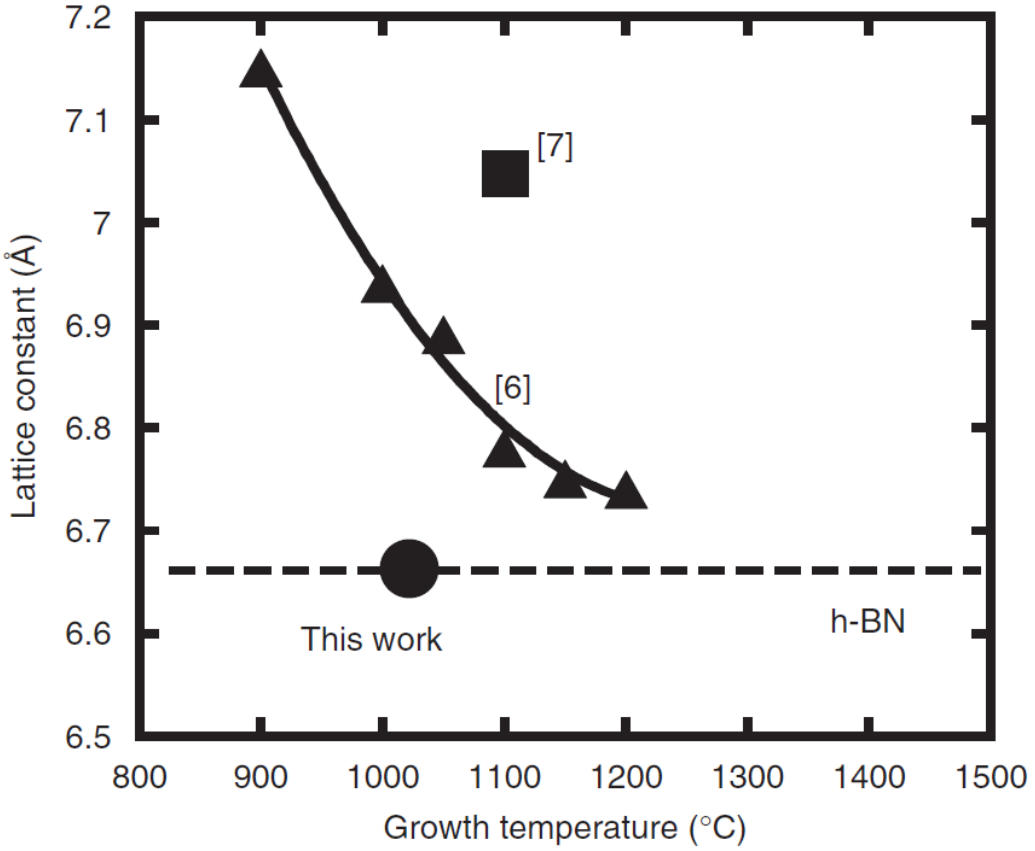
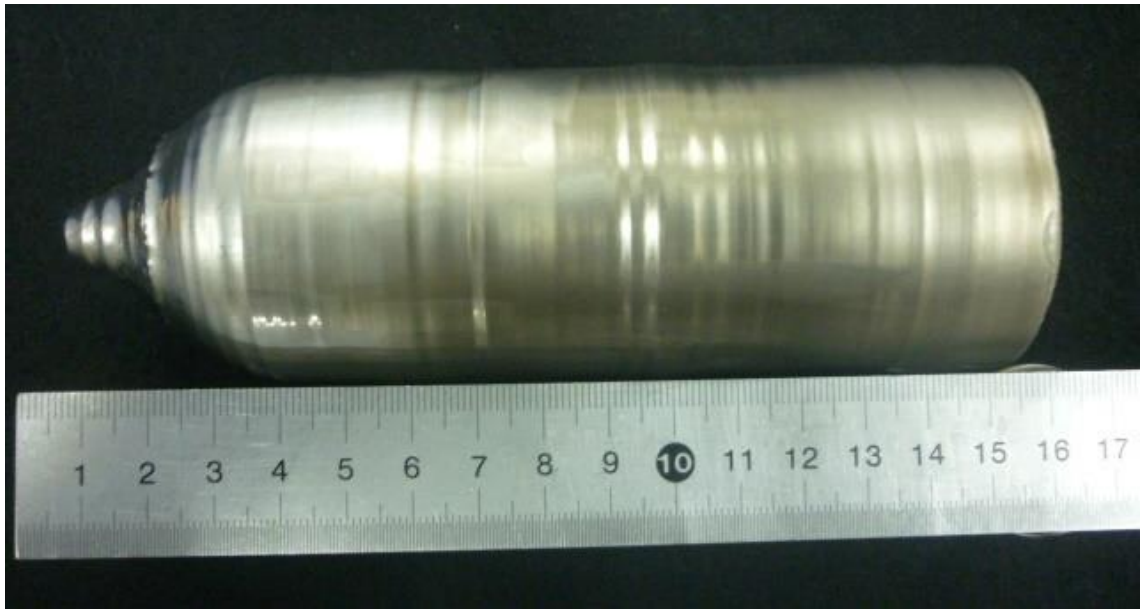


Fig. 2. The c lattice constant of BN films as a function of growth temperature.

Y. Kobayashi et al., J. Cryst. Growth, 298(2007)325

金属単結晶が磁歪定数300×10^{-6}で安価に

2”ϕ <100> Fe-Ga Alloy Single Crystals



50mmϕ ×125mmℓ

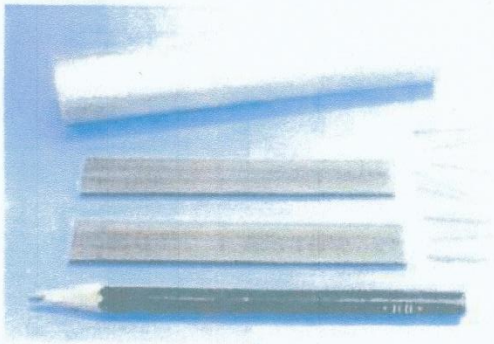
62mmϕ ×150mmℓ

鉄系 磁歪材料（Fe-Ga合金）の優れた特性

素子開発は金沢大学
上野准教授

延性材料で優れた加工性

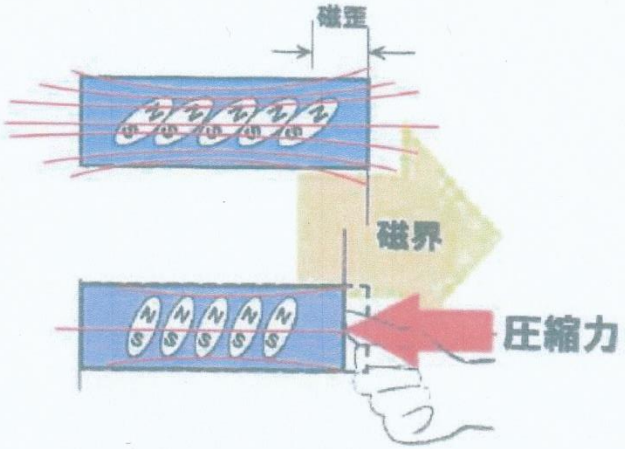
- 2000年米国海軍研究所で開発
- 組成　$Fe_{81.6}Ga_{18.4}$
- 発生歪　300×10^{-6}
  （圧電素子: 600×10^{-6}）
- ヤング率　70 GPa
- 比透磁率　100
- キュリー温度　700℃



Fe-Ga合金の加工例

大きな逆磁歪効果

応力（50MPa）で1T以上の磁力線の変化



磁歪効果と逆磁歪効果

磁歪式振動発電デバイスの優位性

	磁歪式	圧電式	磁石可動式
電力	mW	μW	μW
エネルギー変換効率	39%	10%	NA
内部抵抗	小	大（誘電体）	小
耐久性	◎	△（脆性材料）	○
耐熱性	○	△	△
コスト	◎	○（MEMSの場合）	○
共振周波数の調整	◎	◎	×（可動部密封）
大型化	◎	△	○

磁歪式

圧電式

磁石可動式
（ブラザー工業）

高効率バックライトとアイリス結像液晶モニター
車両用世界一明るい鮮明な　HUD　を想起させる原型

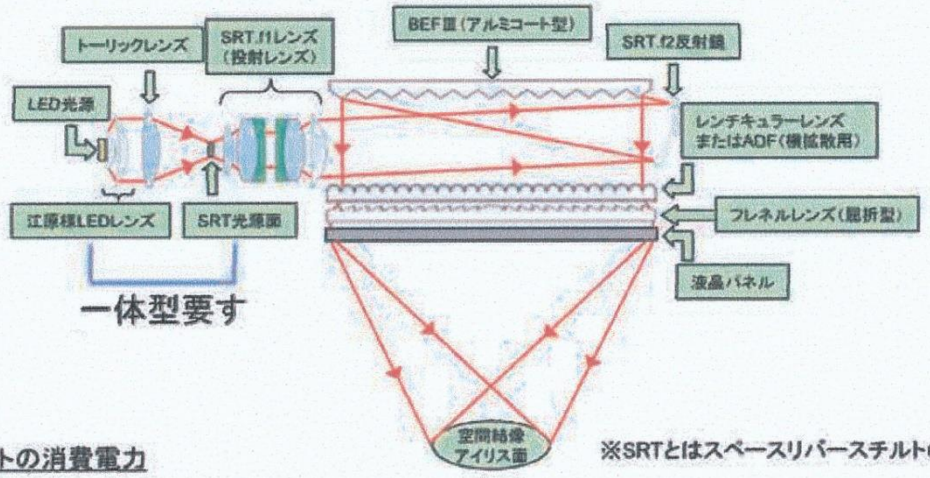
ケイテック株式会社　代表取締役会長　野村　和正
代表取締役社長　髙橋　匡芳

大東精密株式会社　代表取締役　齋藤　裕之

東北大学未来科学技術共同研究センター　特任教授　鈴木芳人

客員准教授　川上徹

◇SRTバックライトの概要（川上准教授の資料より）



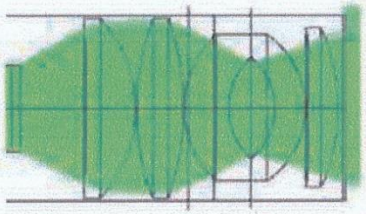
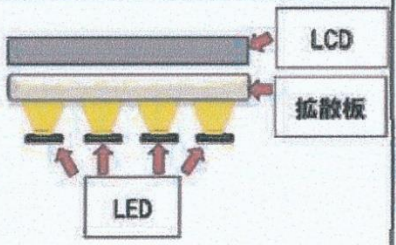
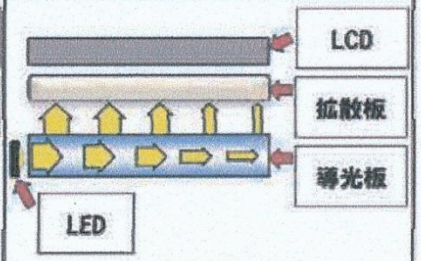
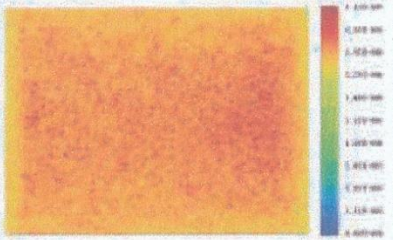
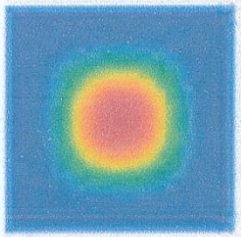
※SRTとはスペースリバースチルトの頭文字である。

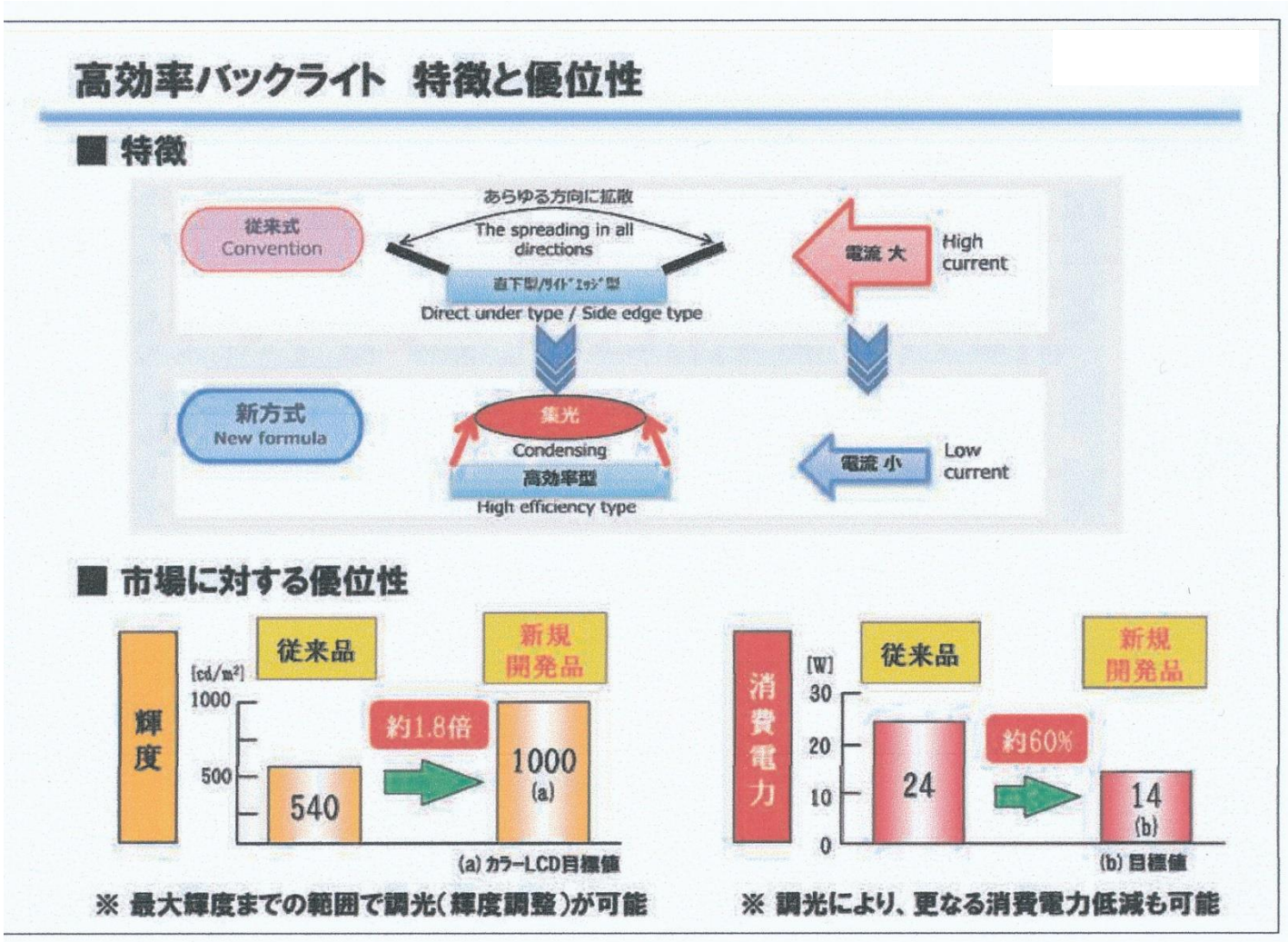
SRTバックライトの消費電力

・10inchのi-Padでアイリス面サイズが20cm×20cm場合
　100lm/Wの白色LEDチップを使用すると0.711Wの超低消費電力となる。
・40inch液晶ディスプレイでアイリス面サイズが20cm×20cmの場合
　100lm/Wの白色LEDチップを使用すると0.87Wの超低消費電力となる。
・40inch液晶ディスプレイでアイリス面サイズが1m×1mの場合
　100lm/Wの白色LEDチップを使用すると19.576Wの超低消費電力となる。
→一般的な40inch液晶ディスプレイの消費電力は40W～50W程度である。

アイリス面サイズが同じであれば、液晶パネルサイズを変更しても同じワット数で同じ輝度を実現できる。

高効率バックライト　特性比較

	高効率バックライト 基本形	一般ディスプレイ (直下型)	一般ディスプレイ (サイドエッジ型)
光学系	 レンズユニット	 光源部周辺の 輝度が高くなる	 光源の隣接部に 輝度が偏る(高い)
出力面 2次元 強度分布	 ※光学シミュレーション結果 強度差　約10%程度	 ※輝度分布 強度差　最大30%程度	 ※輝度分布 強度差　約40%程度

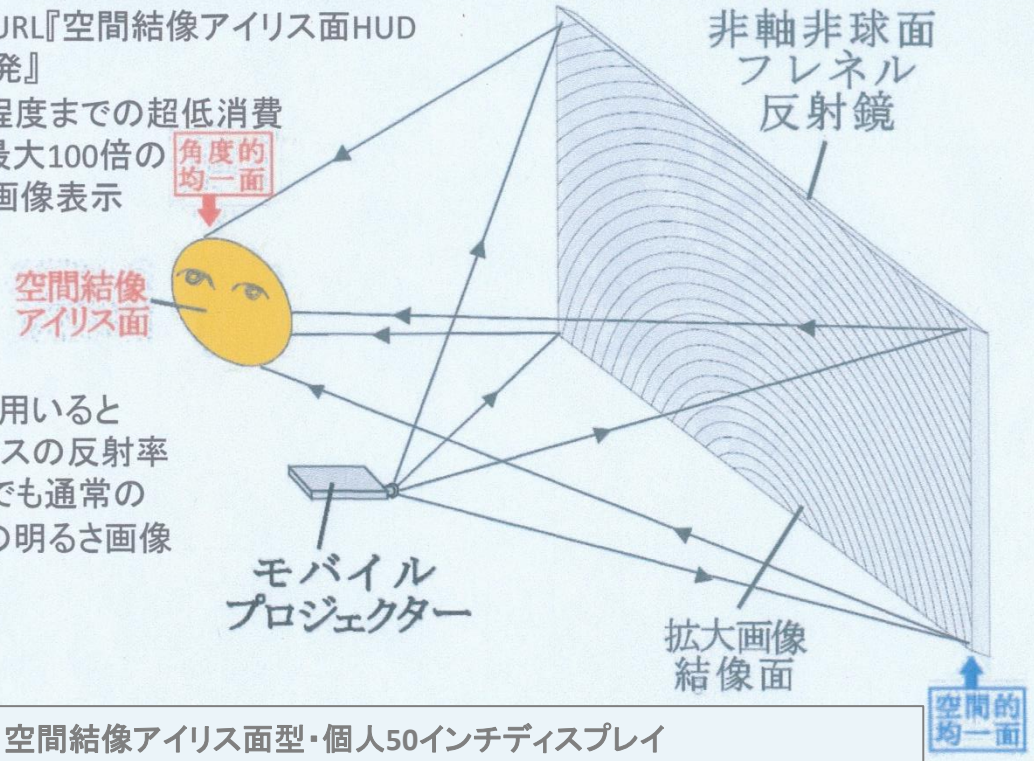


低消費電力　高性能医療用ディスプレイ　2017年度ケイテックブランド製品で誕生。
これこそケイテックを世界に羽ばたかせる絶大な産学の努力が地方創成をこの地で為し得た。

空間結像アイリス面型・個人用ディスプレイ

東北大学URL『空間結像アイリス面HUDの研究開発』
1／100程度までの超低消費電力化、最大100倍の光効率で画像表示

車載HUDに用いるとフロントガラスの反射率4%のままでも通常のスクリーンの明るさ画像表示



空間結像アイリス面型・個人50インチディスプレイ
高橋四郎編集　基本構成図
JST 理事長への説明会　川上　徹准教授資料
東北大学URL「空間結像アイリス面HUDの研究開発

超臨界CO_2塗料を用いた高精度・高塗着効率塗装システムの開発
自動車用塗膜無検査システム研究開発

開発進行中

加美電子工業株式会社　代表取締役社長　　早坂　裕

加美電子工業株式会社　　執行役員　　早坂宣晃

加美電子工業株式会社　　顧問　　長谷川正治

加美電子工業株式会社　　開発部長　　千葉雄一

加美電子工業株式会社　　佐藤　仁

東北大学マイクロシステム融合研究開発センター長名誉教授　江刺正喜

東北大学マイクロシステム融合研究開発センター准教授　　戸津健太郎

JSTマッチングプランナー　　磯江準一

次世代自動車プロジェクト推進委員　　石山　雅

超臨界CO_2を用いた超微粒子・高密度方式 高精密度塗着効率塗装システム開発

【 申請企業概要 】

- 社　名　：加美電子工業株式会社
- 設　立　：昭和45年 6月
- 所在地　：宮城県加美郡加美町
- 資本金　：4,800万円
- 従業員　：104名（H26.3.31現在）
- 事業内容：金属、プラスチック塗装・スクリーン印刷を主とした事業展開
- 主要取引先：アルプス電気、三菱電機、パナソニック、信越ポリマー

【 主な製品 】

車載電装部品

光学機器部品

携帯端末部品

金属外装

車載内装部品(ピアノ調ブラック)
HONDA　VEZEL

2014．7．7
加美電子工業株式会社

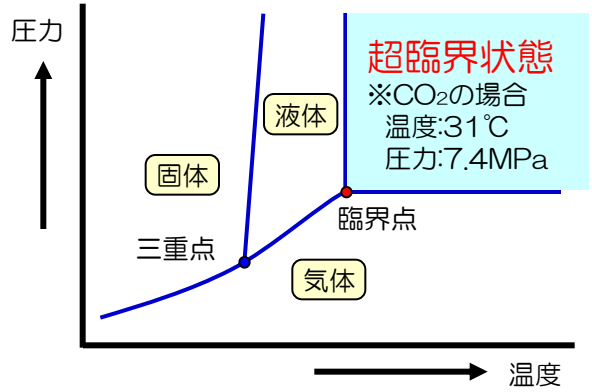
【 技術紹介 】

超臨界CO_2塗装（環境に優しい）

2007年からVOC削減を目的として産官学連携にて開発を開始した

- 2009年　3月　富県宮城グランプリ受賞　第3回ものづくり日本大賞特別賞受賞
- 2011年10月　超臨界CO_2塗装装置第1号機納品
- 社内：3台　外部販売実績：3台
- 関連特許　　2件 取得

超臨界流体とは



「気体のような拡散力」と
「液体のような溶解力」を持つ流体

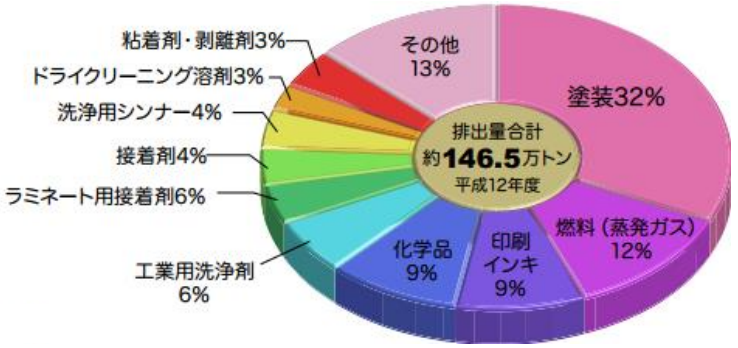
超臨界CO_2塗装の特長

- VOCの発生を抑制 → 従来比1/3
- 希釈溶剤削減によるコスト低減
  → 希釈溶剤費1/10
- 塗料粘度を下げ、微粒化促進
  → 塗膜意匠性向上

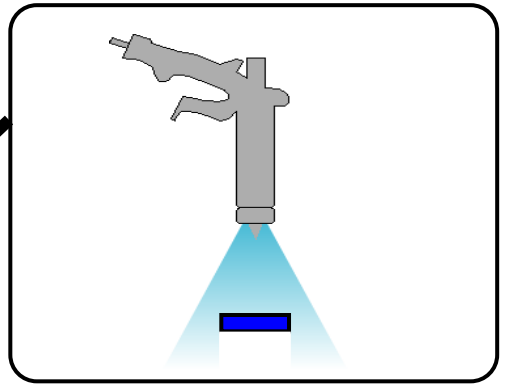
【 塗装業界の問題点 】

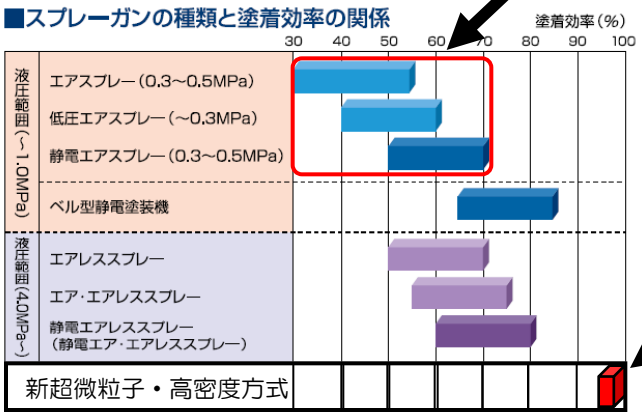
塗着効率が悪く、VOCの削減が不十分!

VOC排出量内訳

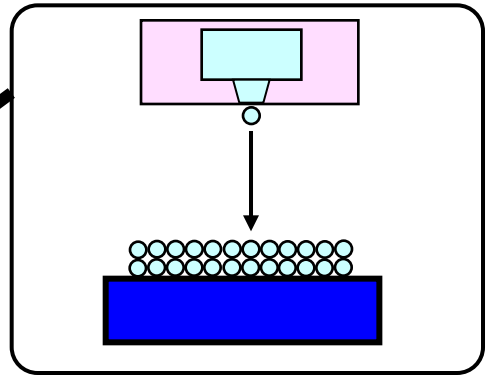


スプレー：30%～70%





超微粒子・高密度スプレー：100%



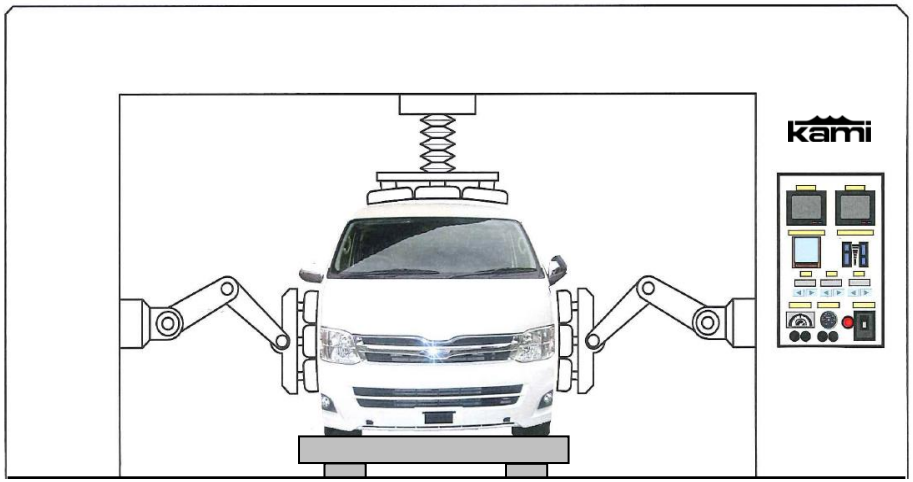
【 塗装方式比較 】

比較項目		既存技術①	既存技術②	既存技術③	既存技術④	既存技術⑤	**本提案新技術**
塗装方式		エアスプレー	高圧スプレー	ベル型静電	インクジェット	超臨界CO2 （高圧スプレー）	超臨界CO2 （微少液滴）
液圧		～1.0MPa	4.0MPa～	～1.0MPa	-	8.0MPa～	8.0MPa～
塗着効率		40%	60%	80%	（100%）	40%	100%(目標)
適合塗料		溶剤系・水性	溶剤系・水性	溶剤系・水性	溶剤系 （専用UVのみ）	溶剤系	溶剤系
被塗装物との距離		150mm	150mm	150mm	1mm	150mm	100mm
対象 塗装物 (生産ｺｽﾄ)	小物	×	×	×	◎	×	◎
	中型	○	○	△	◎	○	◎
	大面積	△	△	◎	△	△	マルチ化で○
設備価格		50万円	100万円	1,000万円	2,000万円	1,500万円	500万円(目標価格)
特　長		・最も普及している塗装方法 ・取扱も容易	・高圧の為、吐出量が多くなるので小面積塗装には不向き	・最も塗着効率の良い塗装方法 ・大面積塗装に適している	・フルカラー対応は価格が4,000万円 ・距離を接近させる必要有、自由度低い ・販売実績は不明	・希釈シンナーを30%程度削減可 ・吐出量を抑える小径ノズルも製作可能	・スプレー方式の苦手とする小物部品での高塗着効率達成 ・着弾距離が長く、自由度高い

【 波及効果 】

Step-1

Step-2



社内での小物部品塗装で実績を
積み、新塗装装置販売を実現して
新たな雇用の創出に繋げる