日清紡マイクロデバイス x OKI
アナログIC x CFBの共創による新技術

～「薄膜チップレット技術」による「3次元アナログIC」の実現～

日清紡マイクロデバイスAT株式会社
生産技術部 専門課長
博士 (工学)
緒方 敏洋

＋

沖電気工業株式会社
グローバルマーケティングセンター
CFB開発部　部長
谷川 兼一

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

目次

1．背景・課題

2．課題解決①　プロセス　　OKI

3．課題解決②　特性　　日清紡マイクロデバイス

4．サマリー

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

アナログICの役割　と　市場規模拡大

NISSHINBO　OKI

アナログICの市場規模は、１０兆円を超え、CAGR7%の成長市場。

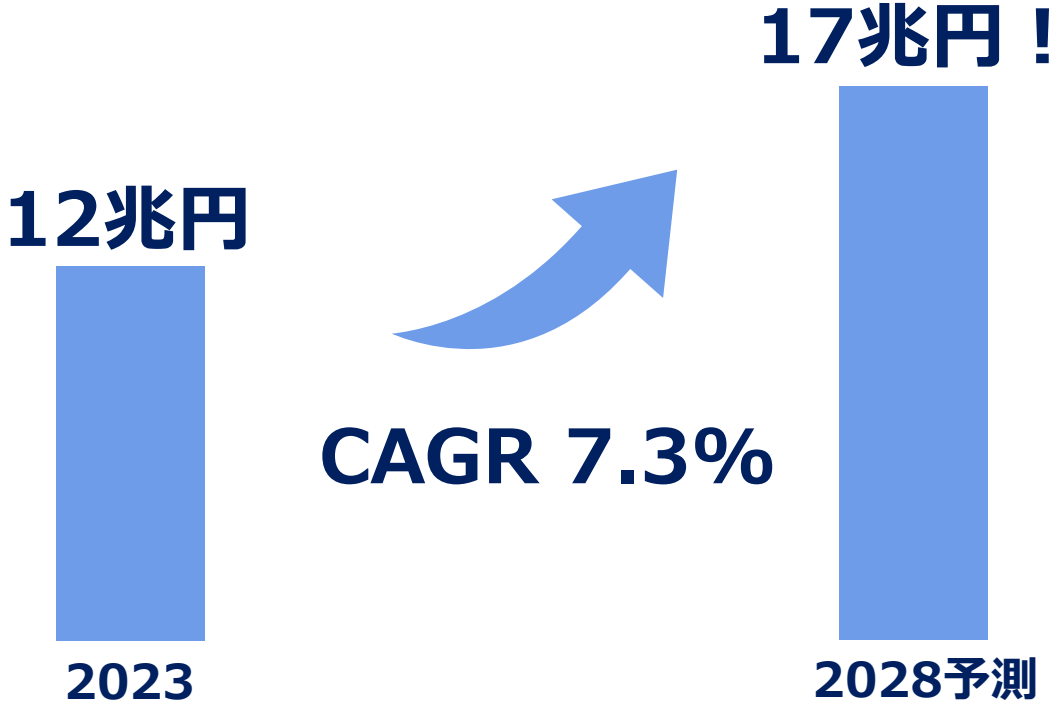
民生・車載・産機　3つのセグメント全てで成長が見込まれる。

アナログICの役割

我々が生きている世界はアナログの世界であり、
「1」、「0」だけでは語れない

1．信号処理(音声、映像など)
2．センサーインターフェース
　センサーからはアナログ信号出力
3．電源管理
4．通信

アナログICの市場規模



出所：databeans 2023 Analog Market Tracker Q2

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

アナログICの市場ニーズ

NISSHINBO　OKI

例えば、車載では、自動運転/高度運転支援システム(ADAS)において、センサー数が増加。
センサーの信号処理を担う アナログIC のニーズも増加
⇒　小型・高性能化＝集積化 のニーズは高い！

■ADAS

車載センサー

・車１台で　50～100個！
　センサー数は増加！
・弱いアナログ信号が出力

設置場所の自由度と統合(小型化)

アナログIC

・センサーとともに増加！
・ノイズなく正確に捕らえる

小型化＆高性能＝集積化の
ニーズが高い

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

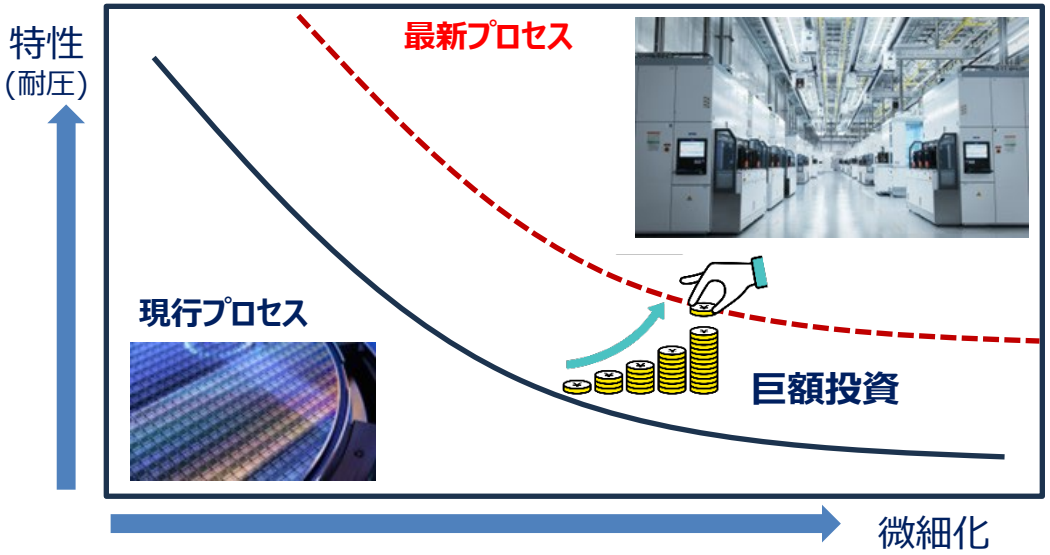
アナログICの集積化の課題

NISSHINBO　OKI

小型＆高性能＝集積化　を実現するには、３次元集積が有効である。

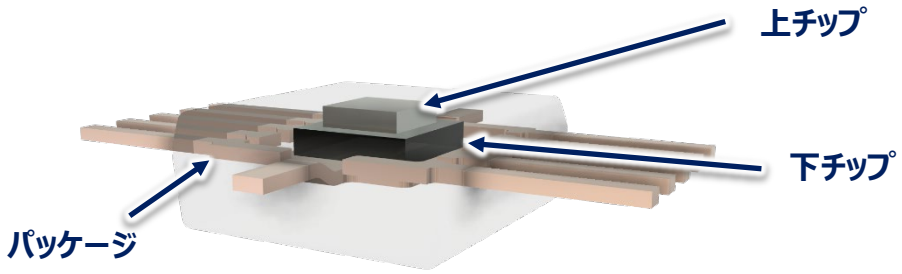
レガシープロセスで対応可能な、薄膜３次元集積はできないか？

前工程でのアプローチ：微細配線化　×



アナログICは、微細化で特性が悪くなる。
ローエンド品では、巨額投資はコストが合わない。

後工程でのアプローチ：ダイスタック　×



積層すれば、集積化は可能

しかし！

後工程でのチップの薄型化には限界あり
低背化が求められるパッケージには搭載できない

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

目次

1．背景・課題

2．課題解決①　プロセス　　OKI

3．課題解決②　特性　　日清紡マイクロデバイス

4．サマリー

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

課題解決① プロセス ～ 解決方法 ～

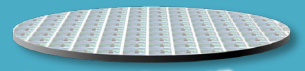
NISSHINBO OKI

薄膜３次元集積へ向けた 新たなCFBプロセスを開発！

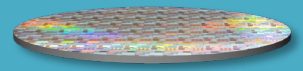
ICの機能を完全に保護！ ICの応力を制御！ 薄膜で接合！

インゴット・ウエハー

1) 前工程 NISSHINBO



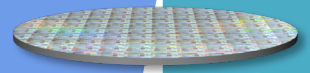
上層アナログIC



下層アナログIC

2) CFB工程 OKI

保護→剥離
→接合→再配線

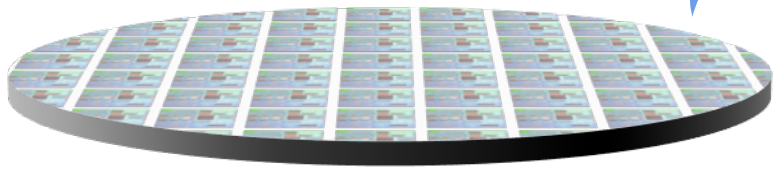


３次元アナログIC

3) 後工程 NISSHINBO

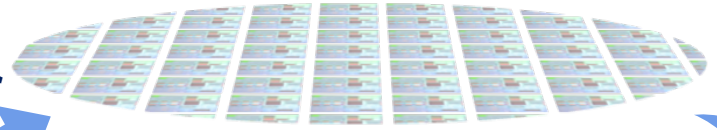
ポイント①

アナログICの
機能層を保護！



上層アナログIC

機能層のみ
剥離



剥離された
薄膜アナログIC

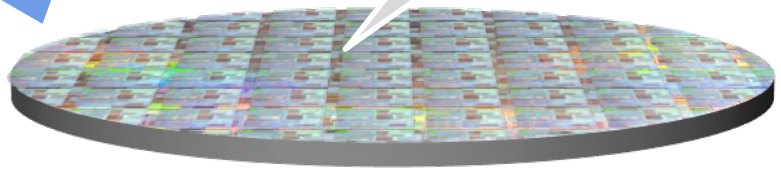
厚み数μm！

※図は、ウエハレベルの一括転写だが
チップレベルなど部分転写も可能。

分子間力
接合

ポイント②

薄膜だから、
接合後に再配線可能！



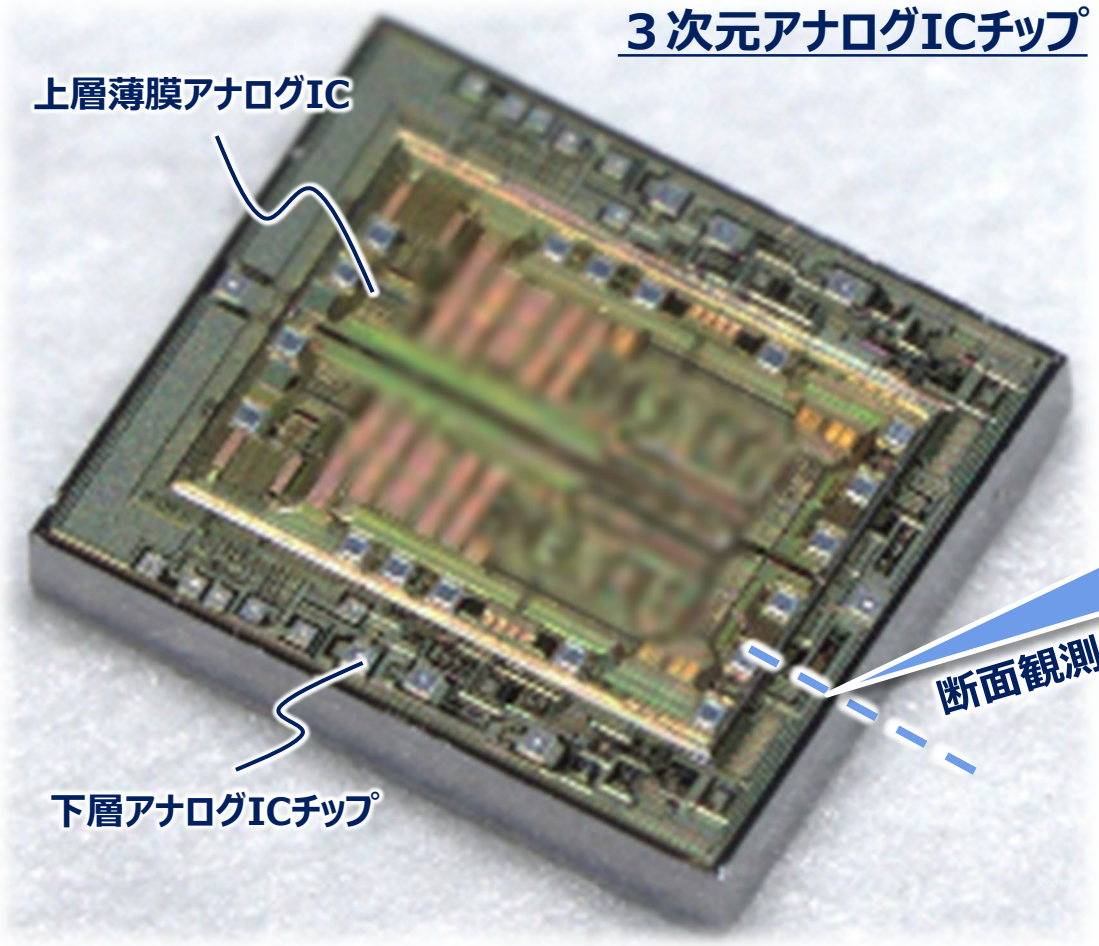
３次元アナログIC

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

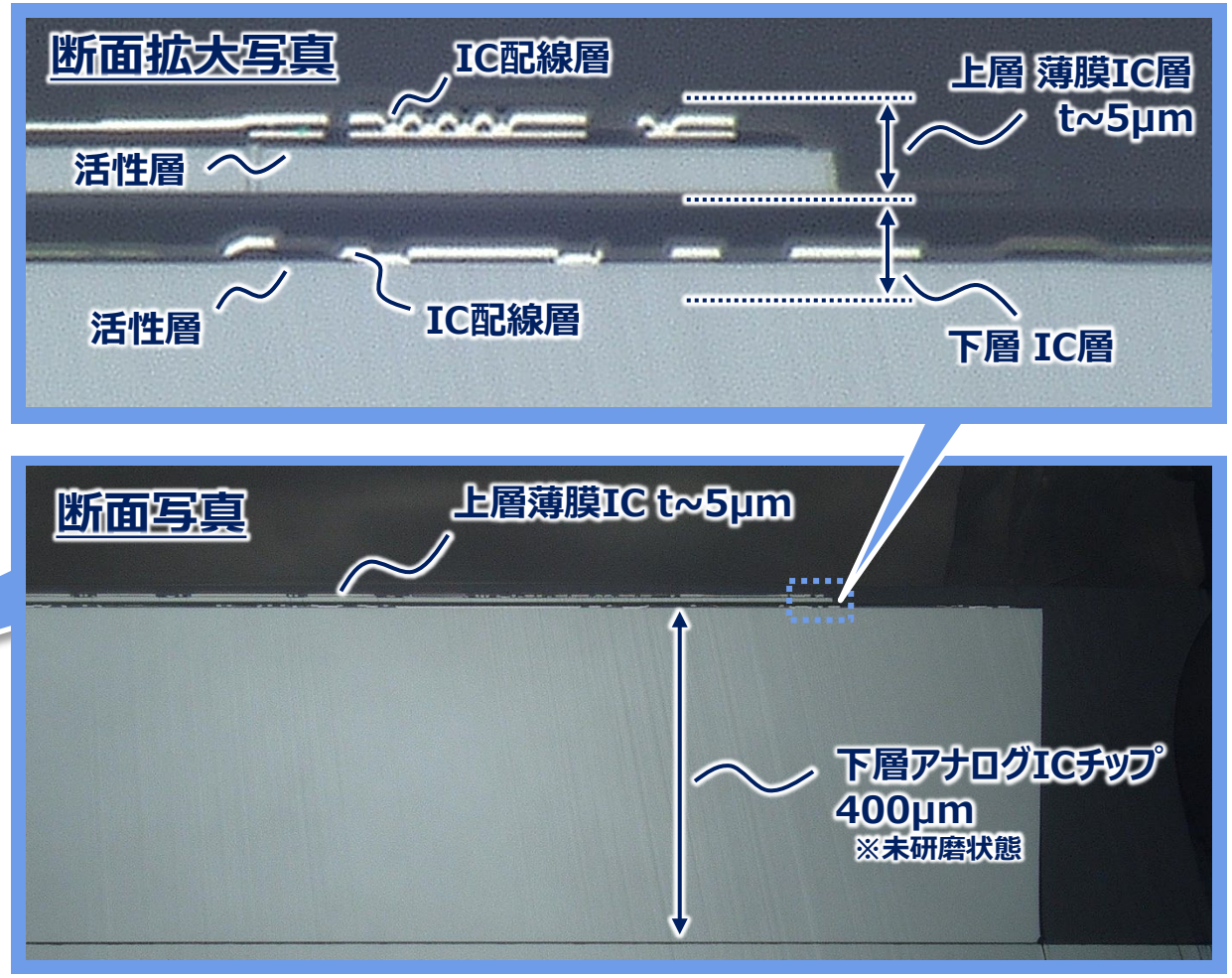
課題解決① プロセス ～ 実証１：３次元集積 ～

NISSHINBO OKI

新たなCFBプロセスで、薄膜ICによる“３次元アナログIC”のプロセス実証に成功！



※ICパターンに一部ぼかし処理



断面写真の撮影：沖エンジニアリング株式会社

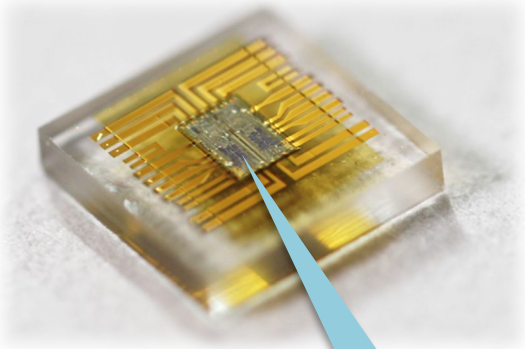
© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

課題解決① プロセス ～ 実証２：再配線 ～

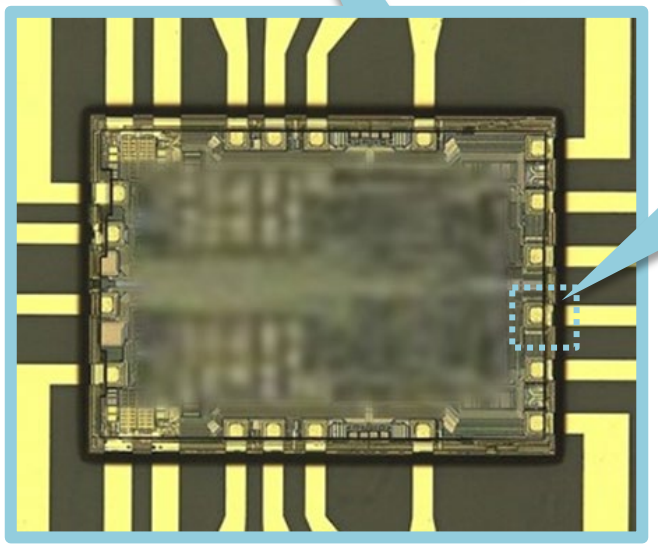
NISSHINBO OKI

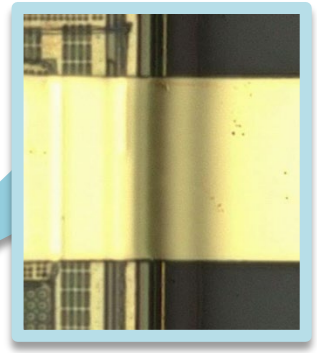
CFBによる“薄膜チップレット技術”は、レガシープロセスで再配線可能！

薄膜だから、再配線に成功！



薄膜アナログICを
ガラス上にCFB
↓
フォトリソによる再配線

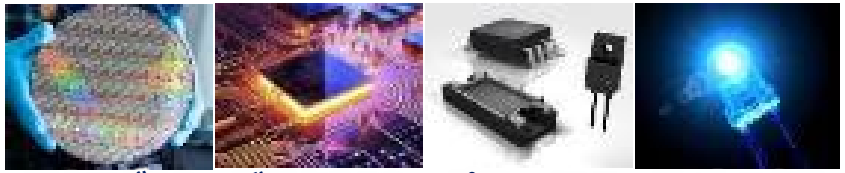




・乗り越えOK
・VIA形成も可能

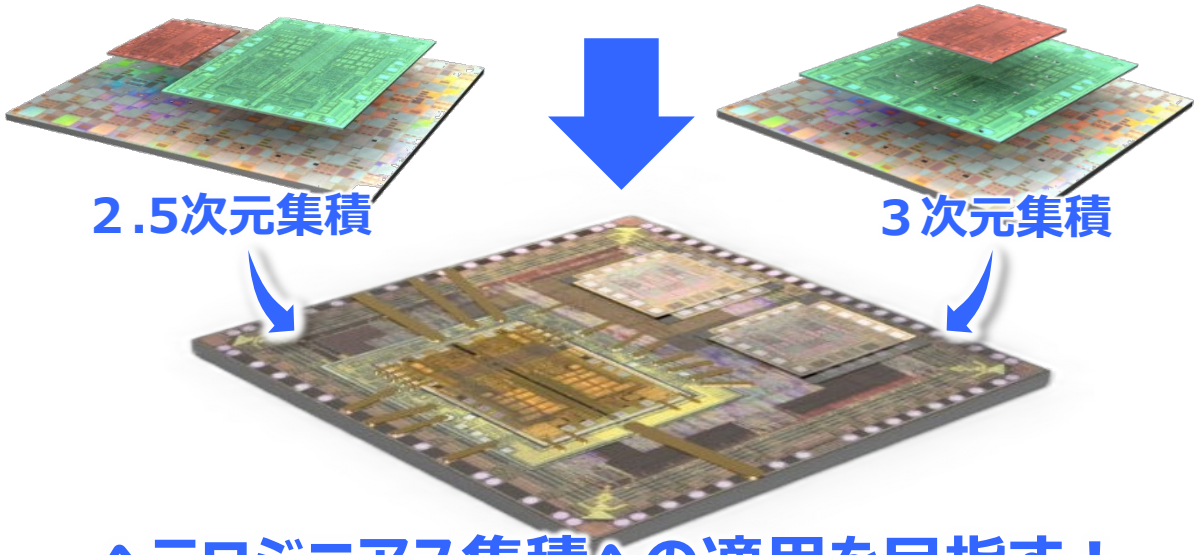
※ICパターンに一部ぼかし処理

“薄膜チップレット”は、ヘテロジニアス集積へ貢献



アナログIC　デジタルIC　パワー/RF　フォトニクス

さまざまな半導体デバイスを薄膜チップレット！



ヘテロジニアス集積への適用を目指す！

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

両社のビジネス役割分担

NISSHINBO　OKI

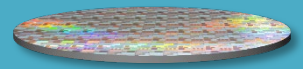
NISD　：半導体前工程によるIC製造と後工程のパッケージ
OKI　：ICからの剥離と接合を行う。

再配線工程は、
汎用設備でレガシープロセス可能。
すなわち、両社可能！

インゴット・ウエハー

1) 前工程 NISSHINBO

上層アナログIC


下層アナログIC

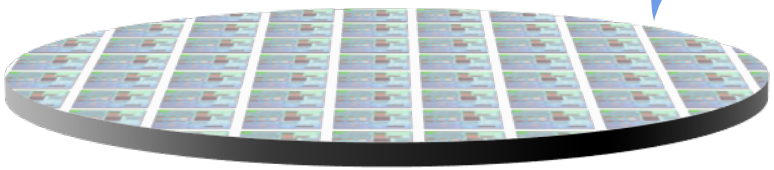
2) CFB工程 OKI

保護→剥離
→接合→再配線

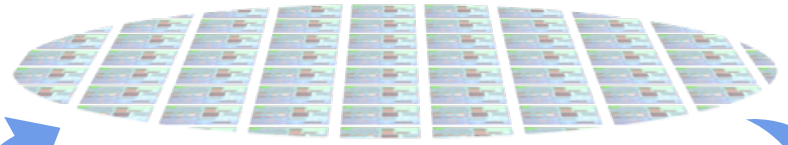
3次元アナログIC

3) 後工程 NISSHINBO

CFBによる薄膜チップレット技術

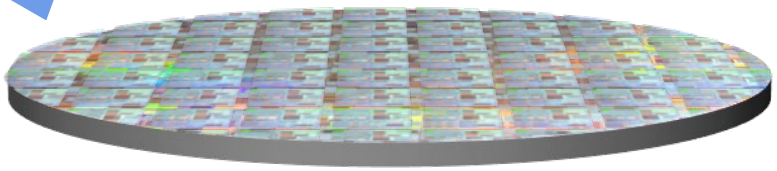

上層アナログIC

保護・剥離！


薄膜アナログIC

接合！

再配線可能！


3次元アナログIC

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

目次

1．背景・課題

2．課題解決①　プロセス　　OKI

3．課題解決②　特性　　日清紡マイクロデバイス

4．サマリー

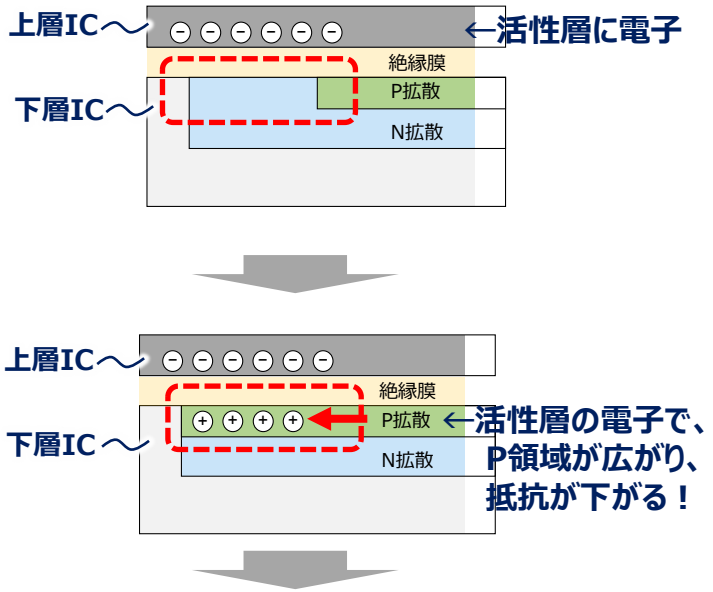
© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

課題解決② 特性 ～ 問題の明確化 ～

NISSHINBO OKI

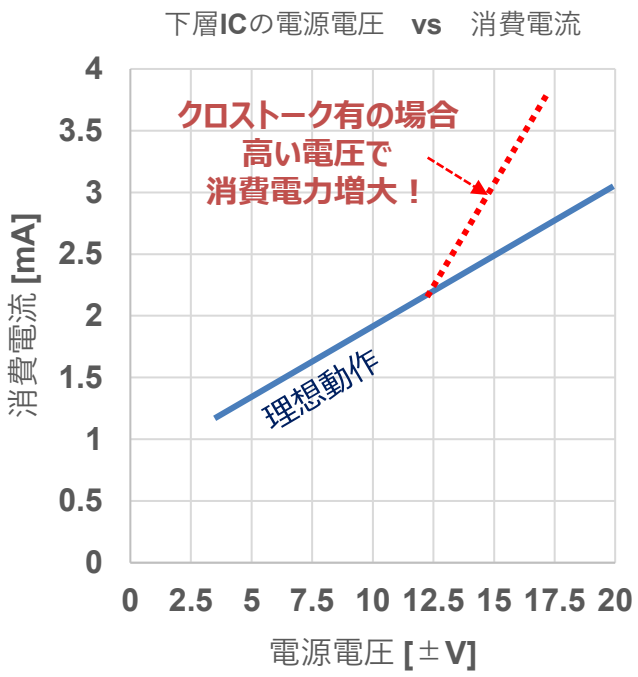
積層したアナログICは、極めて薄い！このため、上下IC間でクロストークが発生する。
波形の線形性が保てなくなる＝波形にノイズが現れる

クロストーク発生メカニズム

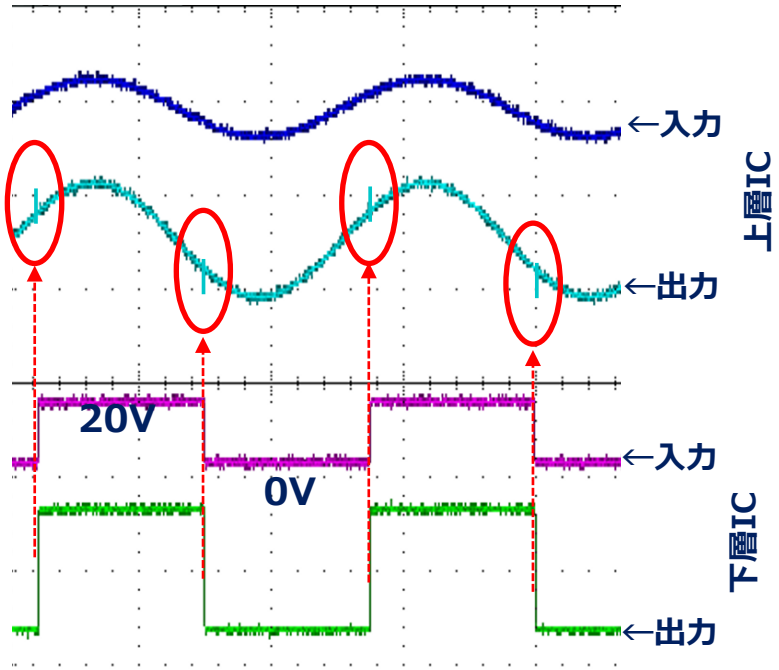


クロストークノイズが発生！

クロストーク発生時の特性影響



動作波形にノイズが発生！



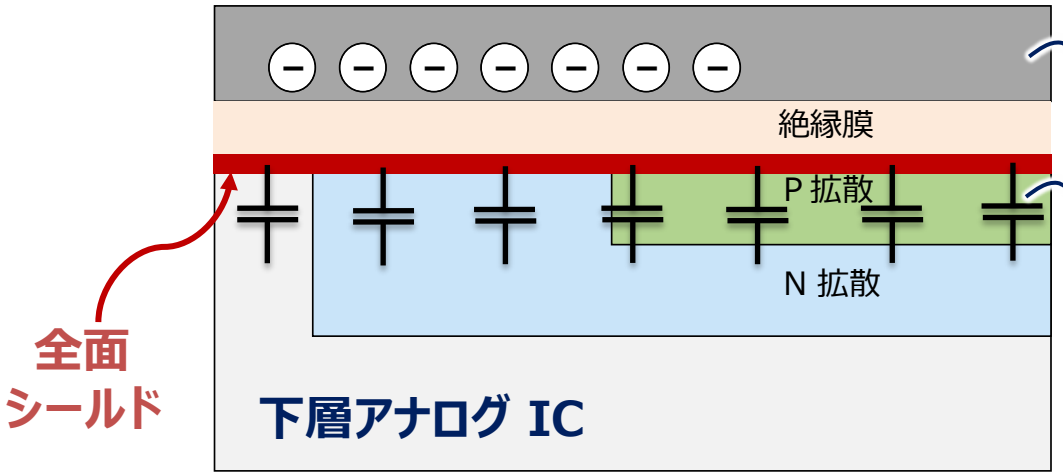
© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

課題解決② 特性 ～ 解決方法 ～

NISSHINBO OKI

特性課題解決のため、独自技術の局所シールド適用！
シールド効果を発揮しつつ、特性低下の要因となる寄生容量を最小化

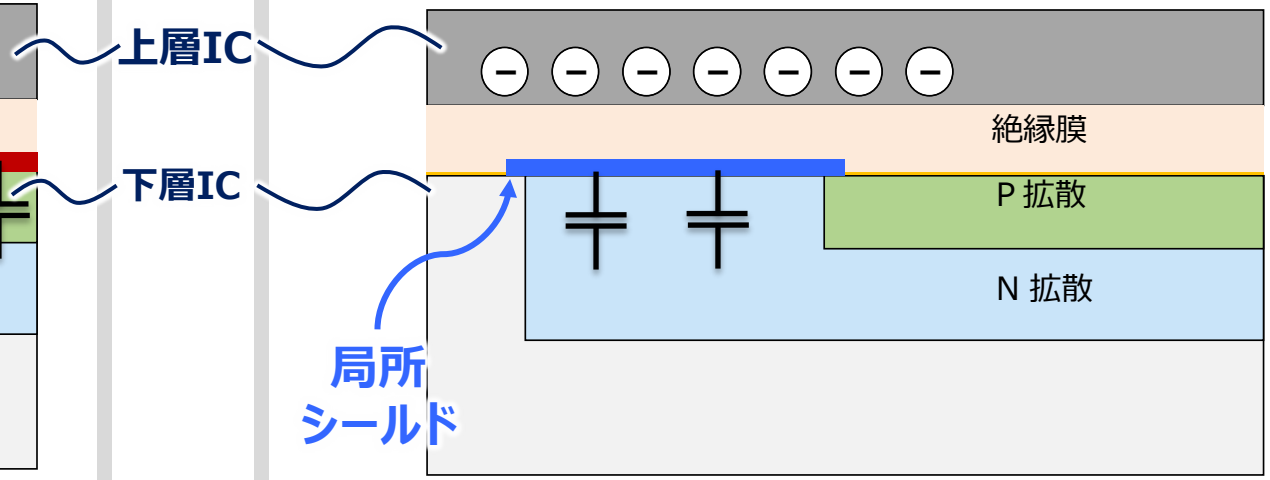
“全面” シールド
問題：シールドで発生する寄生容量



回路動作が低速化

半導体素子とシールド間で寄生容量が増加

“局所” シールド
解決：最適な局所配置！



理想的な回路動作！

半導体素子とシールド間の寄生容量を最小化
オペアンプの高精度化で培ってきたシールド設計技術

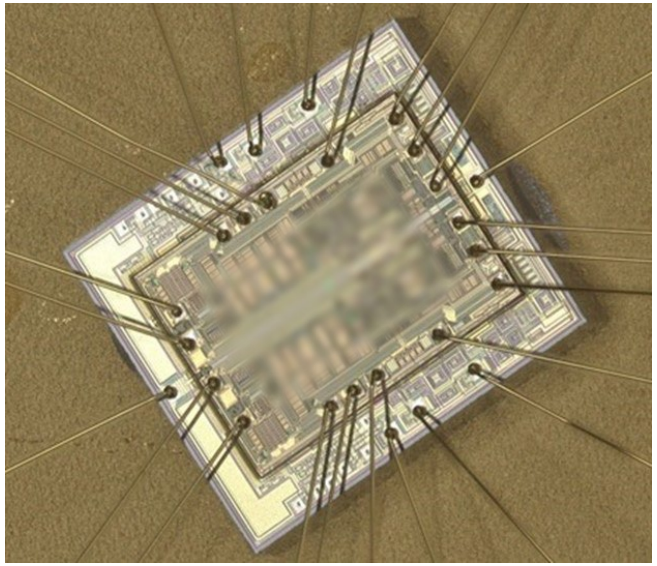
© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

課題解決② 特性 ～ 動作実証 ～

NISSHINBO OKI

３次元アナログICの測定から、クロストークノイズの無い理想的な動作を確認！

3次元アナログIC実装

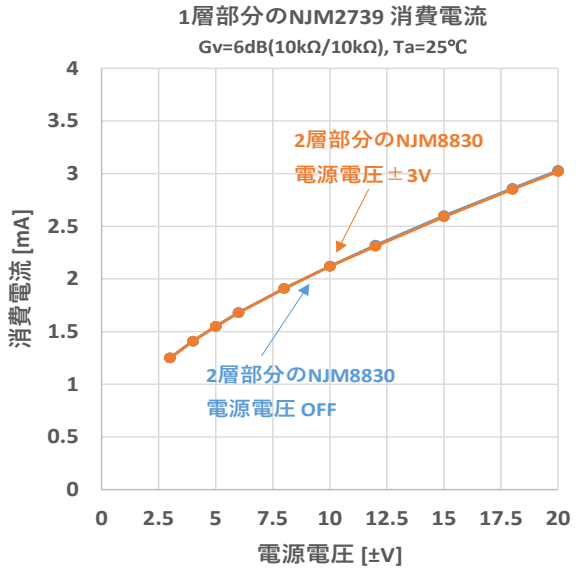


パッケージに実装

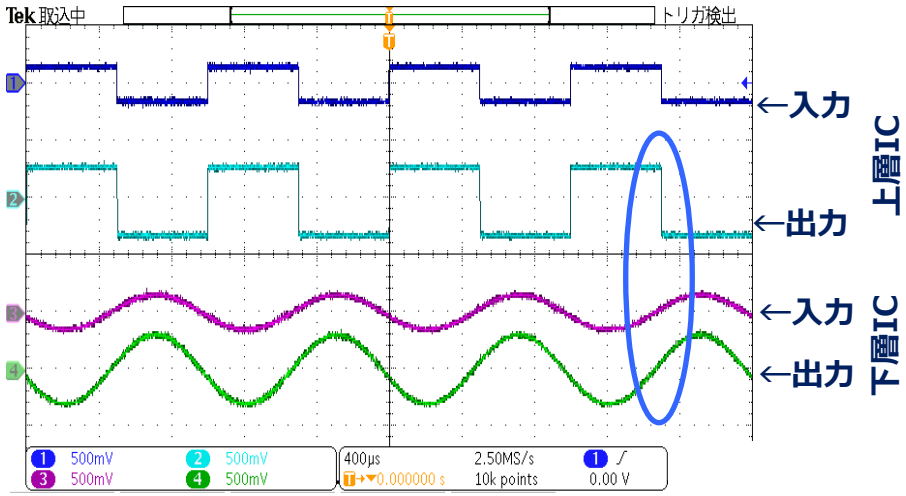
※ICパターンに一部ぼかし処理

測定

3次元アナログICの動作特性



電圧 vs 消費電力
電力増大が無い理想特性！



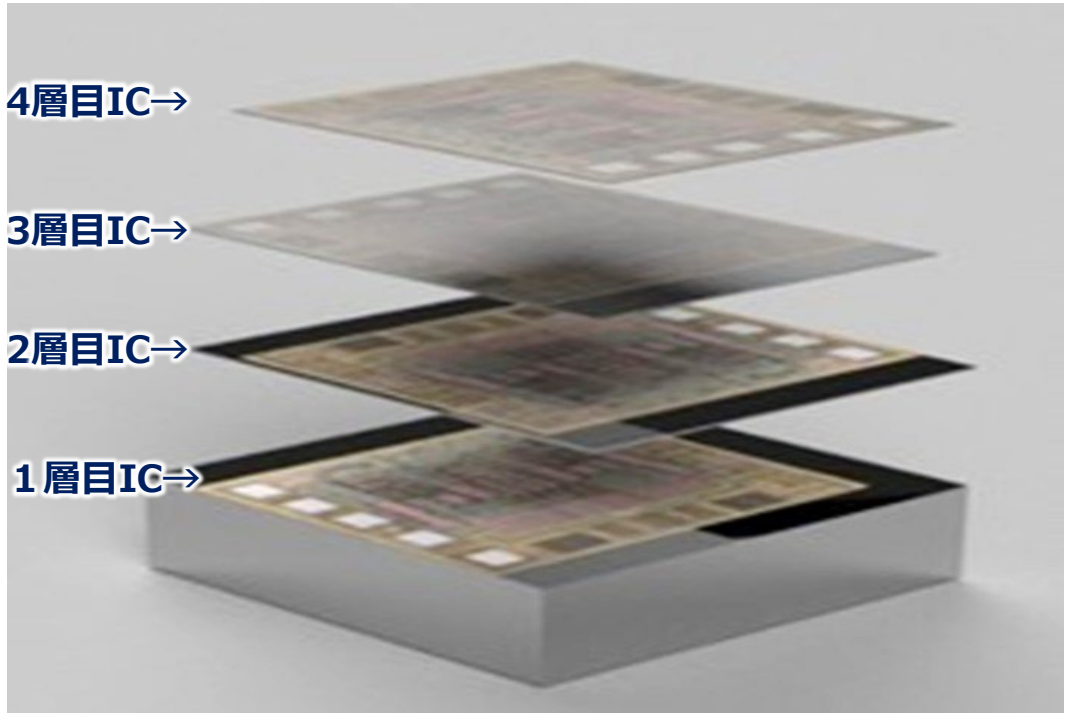
動作波形
上下ICでクロストークなし！

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

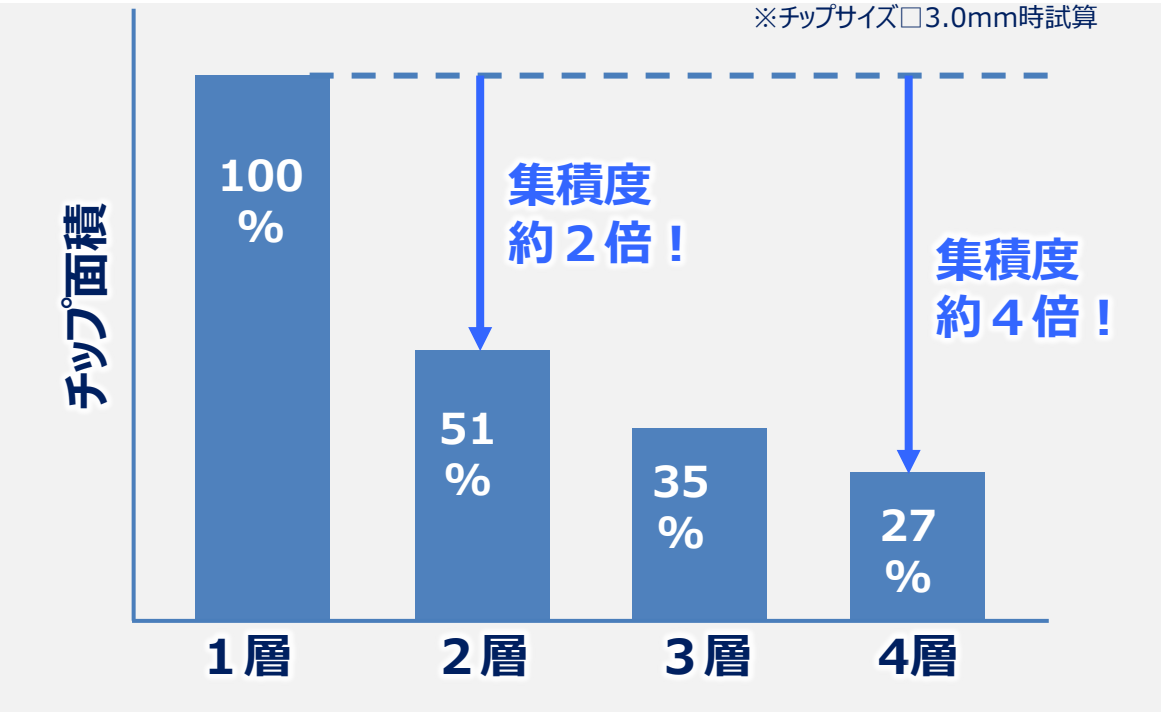
薄膜３次元集積の応用例の紹介

NISSHINBO　OKI

回転CFBによる３次元集積の例をご紹介。
同じICを回転しながら積層することで、再配線も不要で、４層までの３次元集積が可能。



同じICを回転しながら４層集積可能！
（特別な設備は不要、この場合は再配線も不要）



回転CFBによる３次元集積のチップ面積効果

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.

日清紡マイクロデバイス　x OKI　新技術まとめ

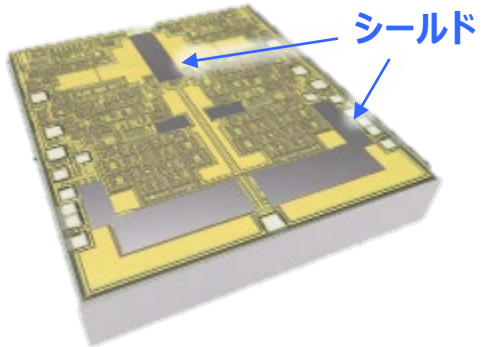
NISSHINBO　OKI

“薄膜チップレット技術” で、3次元アナログICを実証。

NISSHINBO

アナログIC技術

高音質ICで長年培った
局所シールド技術



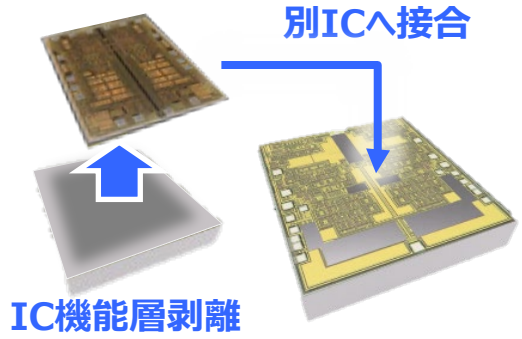
クロストークノイズ防止し
最大限特性を発揮

×

OKI

CFB技術

プリンター事業で長年培った
半導体薄膜接合技術

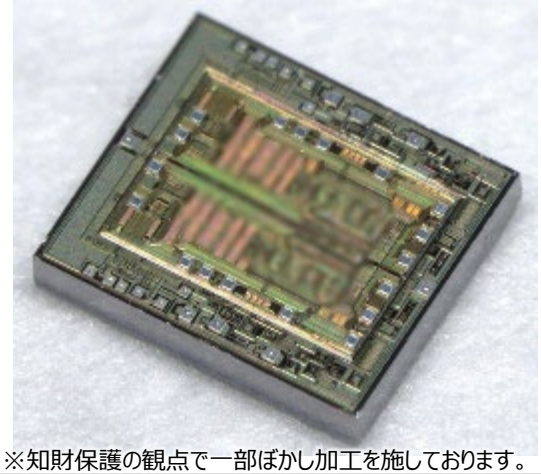


アナログIC機能層を薄膜で剥離し
異種アナログICへ接合

NISSHINBO × OKI

アナログICの薄膜チップレット技術

3次元集積に成功！

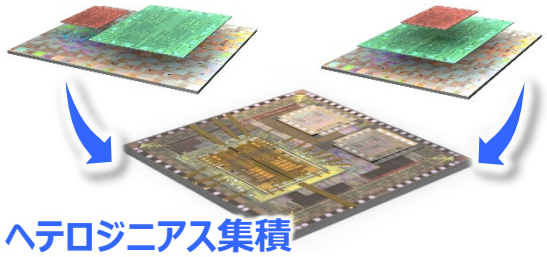


※知財保護の観点で一部ぼかし加工を施しております。

ヘテロジニアス集積へ！

アナログIC　デジタルIC　パワー/RF　フォトニクス

2.5次元集積　3次元集積



ヘテロジニアス集積

*CFB：Crystal Film Bondingの略。OKI日本登録商標。

© Copyright Nisshinbo Micro Devices Inc.
© Copyright Oki Electric Industry Co., Ltd.