狭帯域SAWフィルタを実現する中心周波数調整技術

Center Frequency Trimming Technology for the Manufacturing of Narrow-Band Surface Acoustic Wave (SAW) Filters

新　井　博　之　　稲　岡　孝　之
Hiroyuki Arai　　Takayuki Inaoka

要　旨

当社では様々な無線通信機器に組み込まれるキーデバイスであるSAWフィルタの開発・設計・製造・販売を行っている。SAWフィルタの殆どはカスタム製品であり，顧客の様々な仕様に応えるべく開発・設計段階から製造部門も参画し同時進行で製造プロセス開発を行い，早期製品化を実現している。今回，狭帯域SAWフィルタ製品化にあたり，通常製造プロセスでは製造偏差が大きく低歩留まりであったが，フィルタ素子の中心周波数を製造過程において調整することで製造歩留まりを向上させ，安定して生産することを可能にした。その周波数調整技術について，概要を述べる。

Abstract

JRC develops, designs, produces, and sells SAW filters for use as key devices in radio communication equipment. Almost all SAW filters are custom-made, and we realize products meeting this variety of customer needs quickly by having the manufacturing department participate in the development and design stage and works on the manufacturing process as the product is being designed. In the typical manufacturing process of commercial narrow-band SAW filters there is large manufacturing variation leading to decreased yields, but now, new center frequency trimming technology of filter elements during manufacturing has made it possible to increase yields and achieve steady production. This paper will provide an outline of this frequency trimming technology.

1. まえがき

SAWフィルタ製品は，顧客及び当社の開発設計部門の要求品質に応えるため，開発当初より製造部門も参画して必要な製造技術をコンカレントに検討し開発することで，早期立ち上げ，生産を可能にしている。また，高品質・高信頼性製品を目標に，製造工程で徹底した生産上の品質管理を行っている。そのために作業標準を定め，主要な製造条件について管理図等を用い統計的に傾向確認を行い，随時，前工程へフィードバックすることで製造品質の維持向上を図っている。

今回は，特に高信頼性を要求される狭帯域SAWフィルタを実現するため，製造プロセスにて発生する製造偏差を相殺し，ウェハ毎の歩留まりのばらつきを無くし，更に向上させるべく新たに導入した周波数調整技術について述べる。

2. 狭帯域SAWフィルタとその製造

近年，周波数帯の有効利用を促進するため，隣接チャンネルに影響を与えない急峻な減衰量を確保しつつ，温度特性の安定した狭帯域SAWフィルタが求められている。

当社は，これらの市場要求に応えるべく前記の狭帯域SAWフィルタ（図１,２）を開発してきたが，比帯域0.5％以下の狭帯域SAWフィルタを通常の製造プロセスにて製造した場合，その歩留まりは一般的なSAWフィルタに比べ非常に悪く，ウェハ毎にばらつきがある。これは，このフィルタ特性が製造パラメータ（電極膜厚，線幅，材質比率等）に非常に敏感で，現在の製造プロセスの製造偏差以上のものを必要とすることに起因している。このため，当該製品については新たに周波数調整工程を導入し，ばらつきを抑えることを行っている。また，当該製品の製造の際には，製造部門で収集した製造データを品質保証部門でも確認することで安定した製品供給を行っている。

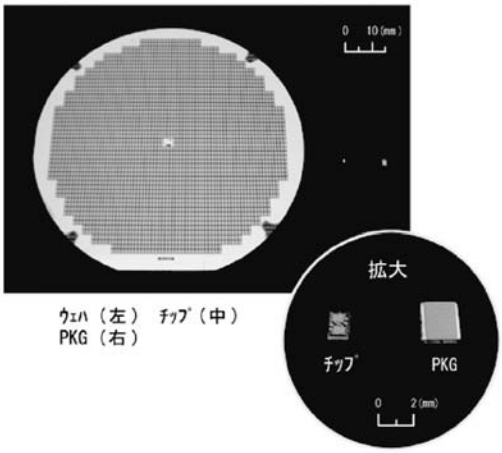


図1　SAWフィルタ用ウエハと製品例
Fig.1　SAW filter wafer structure and photo of sample

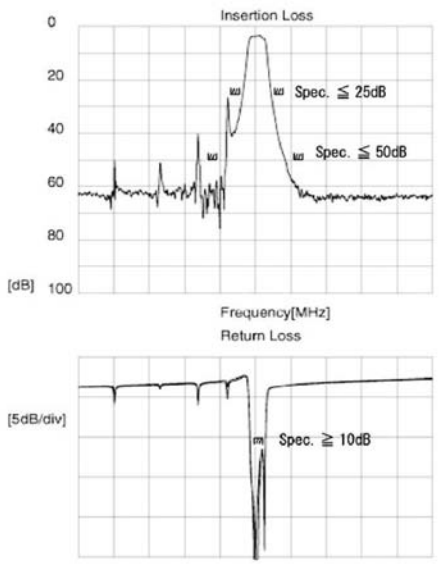


図2　狭帯域SAWフィルタ特性図
Fig.2　Narrow-band SAW filter characteristics

更に，これらの製造データは，常時閲覧可能で，品質確保に対応の他，新規製品の設計や顧客からの問い合わせ等，幅広く利用されている。

3. 周波数調整技術の概要

SAWフィルタの中心周波数を決定する要因は，電極指の膜構造，線幅，膜厚，材質等である。中心周波数を変化させるには，これらの要因を単一あるいは複数変化させれば良いことになるが，今回必要とするのは，既にウェハ上に出来上がったフィルタ素子の中心周波数調整である。そのため，フィルタ素子電極指上の保護膜の膜厚調整を行うことにより中心周波数を目標値に合わせる技法を用いている。尚，この保護膜の膜厚調整には，異方性で調整制御が比較的容易なドライエッチング法を採用している（図3，4）。

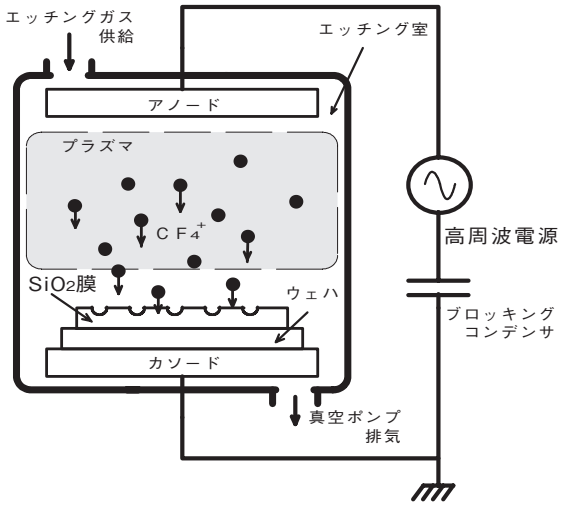
ドライエッチング法とはガスとの反応やスパッタリング等を用いて対象物を切削する方法[1]で，例えば対象物がSiO_2膜の場合，一般にフッ素系ガスとの反応によりエッチングする。このようにして，SiO_2膜を切削して行くことで，中心周波数を可変できる。

当社ではこの周波数調整技術を基幹とし，個々のウェハを調整することにより，歩留まりの向上と安定を図っている。

4. 周波数調整技術

4.1 全面均等調整方式（従来方式）

SAWフィルタ製造工程では通常ウェハプロセス終了後，RFプローブ全数検査を行い，良品チップのみをアッセンブリプロセスに送っていた。この時，通常ウェハプロセスで発生する製造偏差により，ウェハ毎に面付けされたフィルタ素子の平均中心周波数にはばらつきがあり，これが歩留まりのばらつきとなった。



エッチング室内に常にCF_4ガスを供給しつつ，真空ポンプにて室内の圧力を一定に保つ。
室内にプラズマ発生させるとCF_4とSiO_2膜は下述のように反応する。
$CF_4+SiO_2 \rightarrow SiF_4+CO+O$

図3　ドライエッチング装置の概略図
Fig.3　Diagrammatic illustration of the dry etching equipment

図4　周波数調整作業
Fig.4　Frequency trimming operation

全面均等調整方式では通常ウェハプロセスの後に周波数調整工程（図5　フローチャート1）を導入し，ウェハ全体の平均中心周波数を同一のものとすることによりウェハ毎の歩留まりのばらつきを抑えた。

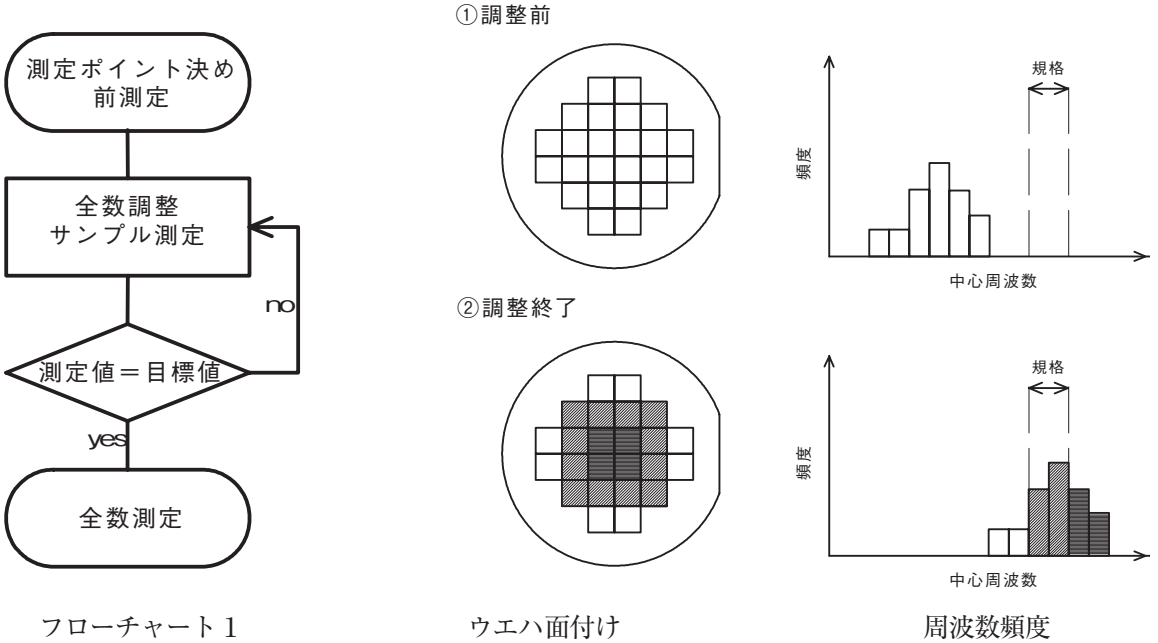


図5　全面均等調整方式（従来方式）
Fig.5　Comprehensive frequency trimming method (conventional method)

作業Ⅰ（調整前：サンプル測定）

まず，面付けされたフィルタ素子の最大中心周波数を，目標中心周波数よりも調整量を考慮した低い中心周波数になるようにウェハを製造する。この時，目標中心周波数はウェハに面付けされているフィルタ素子を均等に抜き取り測定し，その中心周波数を測定して，最も歩留まりが高くなる値とする（図５-①）。図５例の場合，24エリアの全てで規格を満足せず，RFプローブ歩留まりは０%である。

作業Ⅱ（全面均等調整）

次に，出来上がったウェハの平均中心周波数を目標値に合わせるように，ウェハ全面を均等にエッチング処理（周波数調整）する。その結果，中心部の４チップ及び最外周８チップが規格を外れ，その間の12チップが規格を満足し，RFプローブ歩留まりは50%となる（図５-②）。

この調整工程導入により，ウェハ毎の平均中心周波数はほぼ同一となり，RFプローブ歩留まりは無調整に比べ向上し，ロット間でも安定するようになった。

但し，ウェハ全面（ウェハに面付けされた全フィルタ素子）を一度に処理するため，平均中心周波数を変化させることはできるが標準偏差を変化させることは難しい欠点がある。その結果，狭帯域SAWフィルタは大抵，中心周波数のばらつきが規格範囲を超えているため，RFプローブ歩留まりは安定するが低いままであった。

4.2 マスキング調整方式（新方式）

全面均等調整方式（従来方式）の欠点を改善したマスキング調整方式では，全面均等調整方式の全数測定前にマスキング調整－サンプル測定の処理（図７　フローチャート２）を追加している。

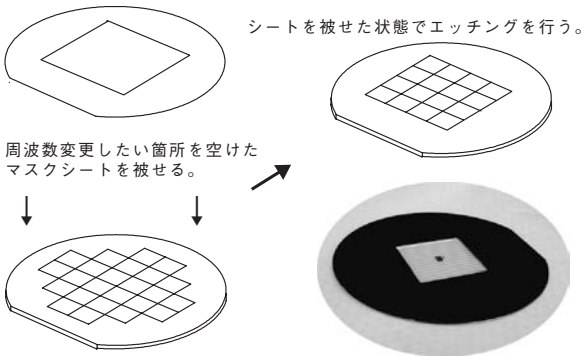


図6　マスキングシート
Fig.6　Masking sheet

作業Ⅰ（調整前：サンプル測定）

まず，全面均等調整方式と同様にウェハのサンプル測定を行う。この時，個々の中心周波数の値とそれに対応した位置情報（ウェハ内のどこに面付けされているか）を記録する（図７-①）。

作業Ⅱ（マスキング調整）

次に，測定値の上限が規格範囲内に入るよう調整を行う。再度，サンプル測定を行い，先と同じデータを取得する（図７-②）。このデータにおいて規格内にあるチップ周辺をマスキングシートで覆い，規格外のチップ周辺のみ処理されるよう周波数調整を行う。この処理をマスキング調整という（図６）。このマスキング調整－サンプル測定を全サンプルチップが規格内になるまで繰り返す。図７例では②及び③の２回実施している。RFプローブ歩留まりは②終了段階で83%，③終了段階で100%となる。この方式で規格を満足しないフィルタ素子のみを調整することにより，ウェハに面付けされたフィルタ素子の中心周波数の標準偏差は小さく

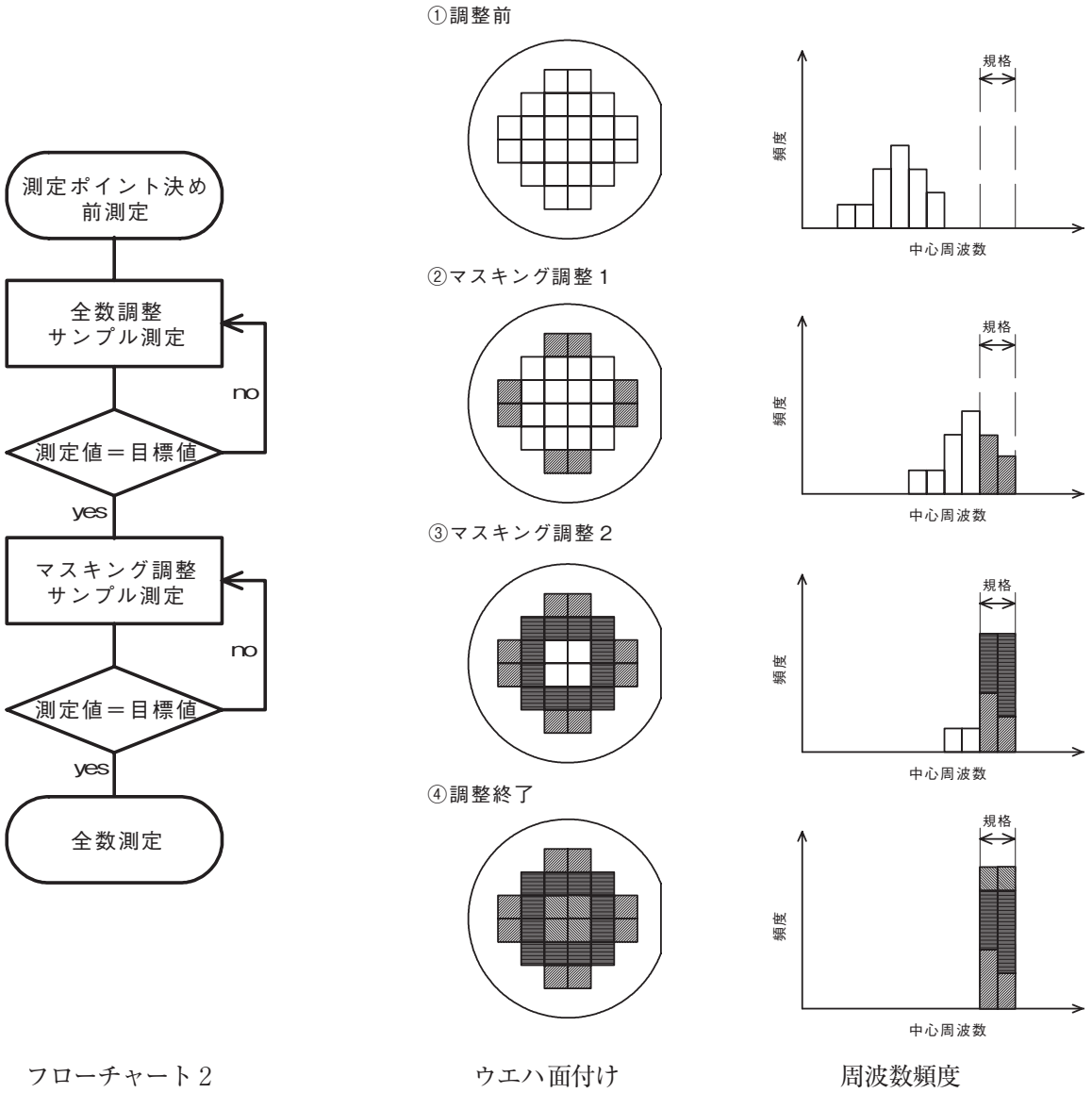


図7　マスキング調整方式（新方式）

Fig.7　Masking frequency trimming method (new method)

なる。結果，中心周波数のばらつきを規格範囲以下に調整でき，歩留まりの大幅な向上が実現する。尚，この方式での歩留まりの理論値は100％であるが，工数等の要因により若干落ちる。

5. まとめ

製品の特性規格（中心周波数，減衰量等）により若干の差違はあるが，周波数調整導入により概ね下表の結果が得られる。

表1　周波数調整導入によるRFプローブ歩留まり

Table 1　Improvement in RF probe quality resulting from frequency trimming

方　式	RFプローブ歩留まり	
	理論値	実測値
無調整	0%	0～10%
全面均等調整	50%	20～30%
マスキング調整	100%	60～80%

6. あとがき

今回，狭帯域SAWフィルタを製造する上で欠かせない周波数調整技術について紹介した。この技術は当該製品の歩留まりを大幅に上げ，常に安定した品位の製品を日々作り上げている。しかし，この技術はまだ改良の余地があり，今後もより完成された技術に近づけていくよう努める。また，他の製品群への応用も可能であり，改良と併せて水平展開していく。

尚，この技術は製造部門のみでなされたもので無く，開発・設計部門，品質保証部門等とのコンカレントエンジニアリングによって生み出されたものであり，今後も，新技術開発へと繋げていきたい。

最後に本技術の開発，紹介に当たり，多大なるご指導，ご協力を頂いた関係各位に深く感謝致します。

関連特許出願　１件出願中

参考文献

（1）真空技術用語辞典　工業調査会 1996年, p61

用　語　一　覧

SAW: Surface Acoustic Wave（弾性表面波）
RF: Radio Frequency（高周波）
CF4: Carbon Tetrafluoride（四フッ化メタン）
SiO2: Silicon dioxide（二酸化ケイ素）
SiF4: Tetrafluorosilane（四フッ化ケイ素）
CO: Carbon monoxide（一酸化炭素）
C: Carbon（炭素）