

ダイヤモンドSAWデバイス



企業レポート

鹿田 真一*

Diamond SAW Devices

Key Words : Diamond, Surface Acoustic Wave, Device, Filter, Resonator

1. はじめに

ダイヤモンドは弾性率、熱伝導率、透光率など物質中最高の特性を持ち、半導体特性を示すなど、優れた材料であり、半導体デバイス、エミッタなど材料の特徴を活かした電子部品の用途が多数知られている。しかしながら、合成、加工が困難なため、工業用に用いられている例は多くない。ここではダイヤモンドの初のデバイスを応用として、高い弾性率を利用した、高周波通信用のSAW(Surface Acoustic Wave: 弾性表面波)デバイスを紹介する。

2. SAWデバイスにおけるダイヤモンドの意義

SAWデバイスは、物質の表面付近にエネルギーが集中して伝搬する弾性表面波を利用したデバイスで、その基本構造は、圧電体基板とその表面に形成されたくし型電極からなる。これらにより電気信号→表面弾性波→電気信号という変換を行い、この際に特定の周波数信号のみを通過させるフーリエ変換デバイスである。帯域通過フィルタや共振器として、利用帯域幅に応じて、水晶、LiTaO₃、LiNbO₃等の単結晶が用いられる。SAWデバイスの中心周波数は、 $f=v/\lambda$ (v : SAWの伝搬速度、 λ : SAWの波長)で表され、そこで高周波化するために伝搬速度が大きい波や材料系が探索されているが、物質中で最高の音波伝搬速度を有するダイヤモンド利用はその究極である。勿論ダイヤモンドは圧電材料では

表1 各種SAW材料の比較

SAW基板材料の種類	伝播速度 (m/s)	電気機械結合係数 (%)	温度係数 (ppm/C)	
水晶 STカット	3158	0.16	0	
LiNbO ₃	128YカットX伝播	3980	5.5	75
	64YカットX伝播	4742	11.3	70
LiTaO ₃	Xカット112Y伝播	3290	0.75	18
	36YカットX伝播	4160	6.0	32
ZnO/サファイア	5500	5.0	35	
ZnO/IDT/ダイヤモンド	10500	1.5	30	
IDT/ZnO/ダイヤモンド	11600	1.2	30	
SiO ₂ /ZnO/IDT/ダイヤモンド	9000	0.5	0	
SiO ₂ /IDT/ZnO/ダイヤモンド	10000	1.4	0	
c軸配向LiNbO ₃ /ダイヤモンド	12000	8.5	25	
c軸配向LiTaO ₃ /ダイヤモンド	10600	3.6	20	
LiNbO ₃ /ダイヤモンド	9100	13.7	25	

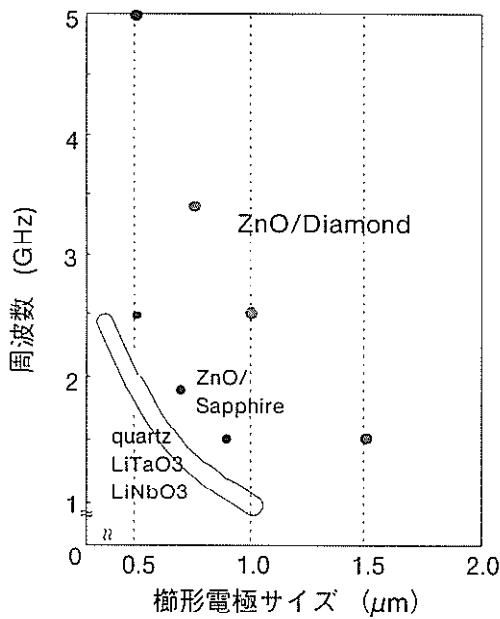
ないため、ZnOなどの圧電薄膜を形成する事が必須である。代表的なSAWデバイスの材料を比較を行ったのが表1である。高周波化の目安として伝搬速度(V)、帯域幅の目安として電気機械結合係数(K^2)、温度安定性の目安として周波数温度係数(TCF)が重要な材料パラメータとして挙げられるが、SiO₂/ZnO/ダイヤモンド系のSAWデバイスは下記の特徴を有する事が判る。

- 1) 通常のSAWの2~3倍の高周波化が可能。
- 2) 最高級の温度安定性を有する。
- 3) 用途としては狭帯域で、フィルタや共振器が適する。

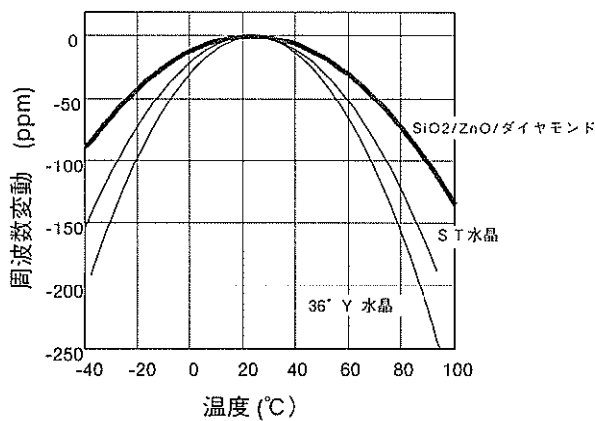
以上まとめて一言で表現すると、水晶SAWデバイスの高周波版という位置付けになる。ダイヤモンドSAWデバイスの周波数、耐電力性、温度特性を図1にまとめて示す。高周波化については材料パラメータから予測される通りで、1 μ mで2.5GHzが得られるなど優位性がある。温度特性もSAWの中でも最も良好な水晶を凌駕する。さらに耐電力性について従来材料のLiTaO₃と比較したものであるが、LiTaO₃



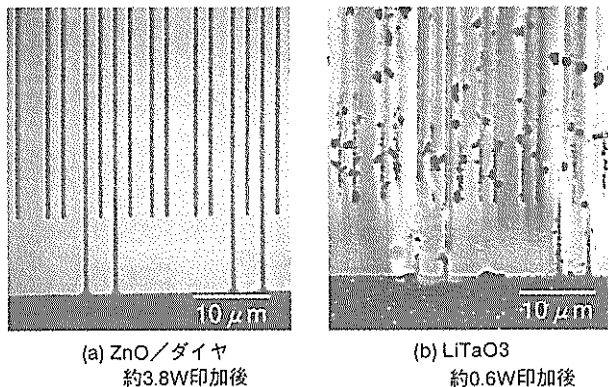
* Shinichi SHIKATA
1954年7月生
1980年京都大学・工学研究科・高分子専攻修士
現在、住友電気工業(株)・電子部品事業部・技術部、部長、周波数デバイス
TEL 072-771-0968
FAX 072-771-2072
E-Mail shikata-shinichi@sei.co.jp



(a) くし型電極線幅と周波数の関係



(b) 温度特性



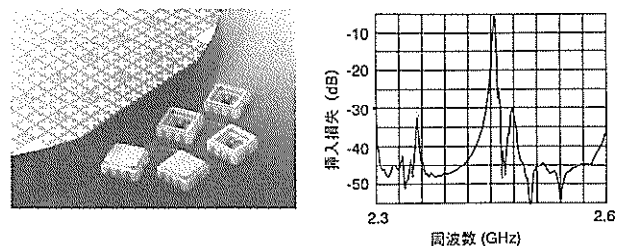
(c) 耐電力性 - 高電力印加後の電極部の走査型顕微鏡

図1 ダイヤモンドSAWデバイスの特徴

小さい電力印加により電極の破壊や基板のクラックが観察されるのに対して、ダイヤモンドにおいては高電力印加後も劣化が観察されなかった。この大きな差は、ダイヤモンドの高弾性に由来するSAWの小振幅と高熱伝導に由来する熱放散が、電極の劣化を抑制できているためと考えられる。この特徴は今後、分波器のような耐電力性の必要な用途への応用上、極めて重要なものと考えられる。

3. ダイヤモンドSAWデバイスの応用

ダイヤモンドSAWデバイスの用途としては、狭帯域用に優れた特徴を活かした狭帯域フィルタや発振器用の共振器などがあり、光通信用、無線通信に広く用途が考えられる。例として最初に開発された2.488GHz光通信用タイミング抽出フィルタについて述べる。これは高速光ファイバ通信の幹線系の受信信号の復元の際のタイミング抽出にもちいられた。SAWとしては二次のセザワモードを用い、伝播速度は約10,000m/s、IDT電極の線幅は1.0μmであり、フィルタの構成には2ポート共振器設計を用いた。チップサイズは1.4×1.1mmと小さい。素子外観写真と透過特性を図2に示す。水晶に比較して、低損失で温度変動が小さい他、小型、低位相傾斜など様々な特徴がある。その他光通信用途としては、ダイヤモンドSAW共振器を用いた発振器即ちSO(SAW Oscillator)や電圧制御発振器VCSO(Voltage Controlled SAW Oscillator)がある。光通信の幹線系からLANの広い用途で、クロックやPLL回路の中に用いられる。従来であれば低周波発振器の出力を逡倍して作っていたものが、直接高周波発振を可能とするデバイスとして使用する事により、位相雑音を低減する事が出来る。逡倍数をnとすると位相雑音は20lognの増加となる。これは例えば10逡倍で



(a) デバイス概観 (b) 周波数透過特性

図2 ダイヤモンドSAWデバイスによる2.5GHz共振器

20dBにもなるため、直接高周波発振のメリットは大きい。無線通信として、まずダイヤモンドSAW共振器を用いた局部発振器が挙げられる。周波数変換器に入力する低位相雑音の小型発振器は、高周波を用いる衛星通信、ミリ波、マイクロ波を用いた需要が大きい。高周波のクロック源としての用途も、振動や信頼性に強い特徴が活かせる分野である。IF(中間周波)フィルタについては、重み付け設計を用

いて矩形の周波数特性を得る。ダイヤモンドを用いる事により、高周波化が可能になる。こういった矩形の周波数特性を有するフィルタは、例えばマイクロ波からミリ波帯の無線システムの第一IFフィルタや、衛星通信のフィルタなどとしての用途が考えられる。その他、各種発振器の不要波除去や、無線基地局のフィルタなどの用途も高周波ダイヤモンドSAWデバイスならではの応用である。以上、光通信及び無線通信の用途をまとめて、表2に示す。

表2 ダイヤモンドSAWデバイスの用途

用途	分野	適応回路
リタイミングフィルタ	光通信	PLL回路
VCSO用共振器	光通信、無線通信	PLL回路
SO用共振器	光通信、無線通信	クロック源
VCSO用共振器	無線通信	局部発振器(LO)
IFフィルタ	無線通信	周波数変換
その他フィルタ	無線通信	不要波除去 信号抽出
RFフィルタ	無線通信	不要波除去

4. おわりに

ダイヤモンドSAWデバイスの実用化は漸く緒についたばかりであるが、まだ圧電薄膜としてはZnO系を利用しているのみに過ぎず、ダイヤモンドをベースにした材料系は多種多様なものが考えられる。また、現在3.8GHzまで実用化されているが、基本波で5GHz、高周波を用いて10GHzまでの試作例がある。今後材料、設計の開発が進み、従来のSAWデバイスでは全く不可能な周波数領域で新しい応用が可能になる事を期待したい。

