

医療用KTN光源

# 光通信デバイス向けに研究していた材料を 断層構造測定装置の光源部品としてプロダクト化

NTTは、長年にわたり「タンタル酸ニオブ酸カリウム (KTN)」という材料の研究を進めている。KTNの結晶は、電圧をかけると光の屈折率が変化する「電気光学 (EO) 効果」が非常に大きく、光変調器などへの応用が期待されるからだ。世界に先駆けて大型で高品質なKTN結晶成長技術を確認したNTTは、KTN結晶のプロダクト化に向けた取り組みを開始している。その一つが、医療分野で急速に普及し始めている断層構造測定装置 (OCT) 向けの光源部品としての利用である。

## KTN結晶成長技術を確認し ビームスキャン現象を発見

タンタル酸ニオブ酸カリウム (KTN) という化合物の結晶である「KTN結晶」(図1左上)は、他の材料に比べて電圧をかけた際の光の屈折率の変化が大きい性質を持つ(図1下)ため、1960年代から研究者に注目される存在だった。しかし結晶を成長させることが困難だったため、プロダクト化はもちろん、研究もなかなか進まなかった。

この状況を変えたのがNTTだ。産業利用が可能な50ミリ角のKTN結晶を作る結晶安定成長技術を2003年に世界で初めて確立したの

である。2016年時点でも同技術については並ぶ者はおらず、圧倒的なアドバンテージがある。

大型で高品質な結晶を作れるようになったことで性質についての研究も進み、2006年にはKTN結晶に加える電圧の変化で光ビームの方向が変化する「光スキャンニング現象」(図1右上)を発見した。同現象によってKTN結晶を高速光偏向素子として利用できることが分かった。電圧の制御だ



NTT デバイスイノベーションセンター ライフアシストプロジェクト  
[左から] プロジェクトマネージャ 佐藤 康博氏  
主任研究員 佐々木 雄三氏

けでビームの方向を変えられるので、ミラーを機械的に動かすタイプの従来のスキャナでは不可能な高速スキャンやランダムスキャンなどを実現できる利点がある。

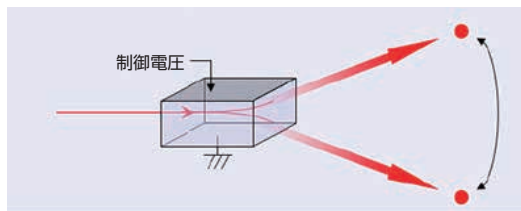
「当初はKTN結晶を、光のオンオフや強弱を制御する光変調器用の素子としてプロダクト化する研究をしていました。しかし、期待した性能が得られないためレーザを可視化する装置で調べたところ、ビームの進行方向の変化が発見されました。」(ライフアシストプロジェクト 主任研究員 佐々木 雄三氏)

KTN結晶のような電気光学 (EO) 結晶を光偏向素子に用いる例はほかにもある。しかし、KTN結晶で生

KTN結晶



KTN結晶を用いた高速光偏向素子



材料	屈折率変化(電界強度500V/mmでの比較)
ニオブ酸リチウム(LN)	0.00009
チタン酸バリウム(BT)	0.005
チタン酸ジルコン酸ランタン鉛(PLZT)	0.00054
タンタル酸ニオブ酸カリウム(KTN)	0.0152

屈折率の変化が桁違いに大きい

図1 KTN結晶の概要と高速光偏向素子としての利用

じる光スキャンニング現象は、他のEO結晶とは異なる原理で生じるもので性質も異なる。最も大きな違いは、光ビームをプラスマイナス7度（全体で14度）という大きな角度で曲げられること。制御電圧も他のEO結晶よりも1桁低い。こうした優れた特徴を持つことからプロダクト化に向けた研究が急速に進み、2009年にはエヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー（NTT-AT）が同技術を利用したKTN スキャナの販売を開始している。

### KTN結晶を波長掃引光源に応用 検査高度化や負担軽減を実現

KTN結晶の応用先としてNTTデバイスイノベーションセンタがプロダクト化を進めているものの一つが波長掃引光源である。これは、出力する光の波長を時間的に変えられる光源のことである。

波長掃引光源は、医療分野で急速に普及し始めている断層構造測定装置（OCT）の光源として利用されている。様々な波長の光を物体に照射し、その反射光を分析することで、物体の内部の構造を調べることができる。医療分野でのOCTの利用は、眼科での眼底検査などから始まったが、最近では血管内壁検査にも使われるなど、利用範囲が広がっている。

OCTの利用範囲が広がるにつれて、波長を変化させる速度の高速化が求められるようになってきた。これを高速化できれば、照射方向の構造計測を短時間で実施できるようになるからである。短時間で計測を

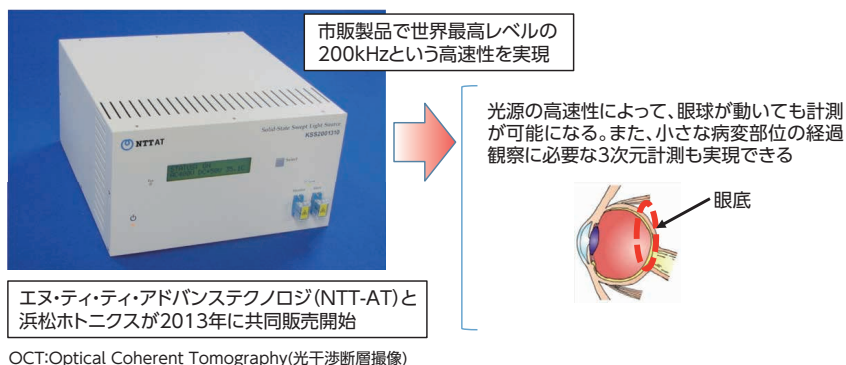


図2 開発した技術を応用してOCT向けの高速度波長掃引光源を製品化

施できれば、患者の負担が軽くなるし、調査対象やその周りが動いても計測が可能になる利点がある。また、多数の計測が必要な3次元計測にも高速化は欠かせない。

KTN結晶の高速光偏向素子としての性質を利用すれば高速な波長掃引光源を実現できる。そこでNTT研究所では、NTT-ATと共同で製品化に向けた取り組みを開始した。OCT関連のノウハウを持つ浜松ホトニクスともコ・イノベーション体制を築き、2013年にはOCT向けの高速度波長掃引光源の製品化を達成した（図2）。同製品の最大の特徴は、市販製品で世界最高レベルの200kHzという高速性を実現したことである。他の光源は数十kHz程度のものが多く、文字通り桁違いの高速性を実現している。「ミラーを機械的に動かすタイプの光源にも同等の高速性を備えるものはあります。しかし機械的な方式の光源は、毎回一定の動作をするという繰り返し特性にやや問題があります。それに比べてKTN結晶を使った光源は、KTN結晶自体がさらに数桁程高速な動作が可能であるため、200kHzでは安定した波

長掃引動作が可能です。

波長掃引の繰り返し安定性が重要な計測もあり、安定かつ正確な計測が期待できます。」（佐々木氏）

NTTデバイスイノベーションセンタでは、波長掃引光源の改良を主に2つの観点で進めている。

1つは、さらなる高速化である。光源をさらに高速化できれば、現在は血液を止めて実施している血管内壁の検査を止めずに実施できるようになるなど、さまざまな効果が期待できるからである。2014年には350kHzの光源開発に成功するなど、着実に成果は挙がりつつある。

もう1つは、OCTで対象の動きを測定できるようにすることである。「例えば、眼底のさらに下にある血管の血流を観測できるようになると、網膜の疾患の原因となる異常などを早い段階で検知できるようになります。光のドップラー効果を使うことで対象の動きを測定できますが、従来の測定と両立するには光源に高い性能が求められます。KTN結晶の性能を最大限引出し、そうした測定に向けた光源の開発を進めています。」（佐々木氏）