これまで調べた非線形結晶の使い方について etc

1995 年度入学　0081　東 武大

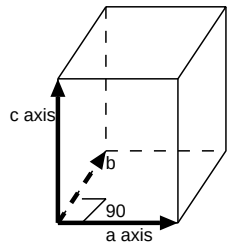
平成 10 年 11 月 8 日

1　結晶購入に必要な情報について

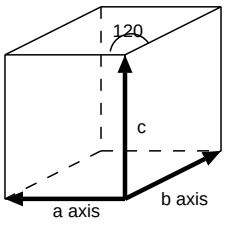
down conversion 用の結晶を購入するに当たり、どのような情報が必要であるかをまとめた。以下は今日 (11/05)、宮地先生に質問して得たことである。

- 結晶の種類と形状 : 種類は今まで見てきた通り、KDP か$\beta - BaB_2O_4$とする。形状も直方体にすれば問題ないであろう。
- 結晶の面方位について:結晶を発注する際には、面を削るときにどの miller 面に対して 49.2 ° とするのかを指定する必要がある。この図書館の　結晶光学」という本によれば、一軸結晶では、**Bravais** 格子ベクトルのうち c 軸を光学軸とする。従って、面方位数は、(001) 面とすればよい。
- 光学軸との角度の指定:先に述べた miller 面とのなす角は古結君の用意した論文に沿うなら、49.2 ° と指定する。ただ、面方位精度は 0.25 ° より細かくすると研磨に大変費用がかかる。必要な精度はまだ見積もってはいないが、恐らく 0.25 ° 程度の精度があれば十分であろう。
- 表面粗さ: これは、$0.03_{\mu m}$より細かくするようだと非常にコストがかかる。現実には $\frac{\lambda}{4}$ ~ $\frac{\lambda}{2}$程度の表面粗さがあれば十分である。従って、Ar-ion laser を使うなら $0.17_{\mu m}$程度があれば良い。

用いる結晶の Bravais 格子は、下図に示すように、KDP が正方結晶であり、BaB_2O_4が六方結晶である。いずれも単軸結晶であり、よって光学軸 (optical axis) は **c** 軸にとって良い。



The Bravais lattice of KDP, whose space symmetry is D_{2d} is tetragonal crystal. The angle between a and b is 90. Its optical axis is c vector.



The Bravais lattice of BaB2O4 ,whose space symmetry is R \bar{3} c , is hexagonal crystal. The angle between a and b is 120. Its optical axis is c vector.

図 1: KDP と BaB_2O_4の Bravais 格子。前者は正方結晶、後者は六方結晶

2　今までの論文における down conversion 用の結晶の使用例

今まで P1 で集めた論文の中から、用いられた非線形結晶の特性を表にしてまとめることにした。これによって、先人たちがどのようにして非線形結晶を用いてきたかを知ることが可能となり、私たちの実験において結晶の発注をする際のヒントとなる。

引用論文	結晶	厚さ	結晶軸の cut の角	レーザー	強度	type
Rev.Lt75(4337)1995	BBO	3mm	beam 方向に対し 49.2 °	Ar-ion	150mW	II
Rev.Lt75(3034)1995	$LiIO_3$	??	no information	Ar-ion	100mW	??
RevA45(7729)1992	KDP	10cm	結晶の右端の面に対し 53 °	Ar-ion	??	I
Rev.Lt77(1917)1996	BBO	0.5mm	beam 方向に対し 49.2 °	Ar-ion	300mW	II
Rev.Lt59(2044)1987	KDP	8cm	no information	Ar-ion	??	??
Rev.Lt61(0050)1988	KDP	??	no information	Ar-ion	??	??
RevA53(2804)1996	BBO	3mm	beam 方向に対し 49.2 °	Ar-ion	??	II
RevA47(2472)1992	KDP	10cm	beam 方向に対して 50.6 °	Ar-ion	90mW	??
RevA44(4614)1991	$LiIO_3$	25mm	no information	Ar-ion	??	I

以下の論文のリストについて、

- スペースの都合上慣習的な表記はやめて、Rev.Lt は Physical Review Letter を、RevA は Physical Review A を表すことにする。
- beam 方向に対して何度とあるのは、先日古結君が用意した論文の図にあるのと同様、結晶の主軸 (つまり一軸結晶では Bravais lattice の c 軸) とレーザーの入射 pump 光とのなす角である。(図は古結君のレジュメ参照)
- これらの実験で用いられた Ar-ion レーザーの波長は全て 351.1nm である
- これらの情報は、論文にあらわに書いてあったものを記したものであり、書いてない情報は??とした。

3　前回のレポートの補足及び訂正

前回のパラメトリック現象に関するレポートで、私が誤解していたところがあったので、ここで訂正しておく。

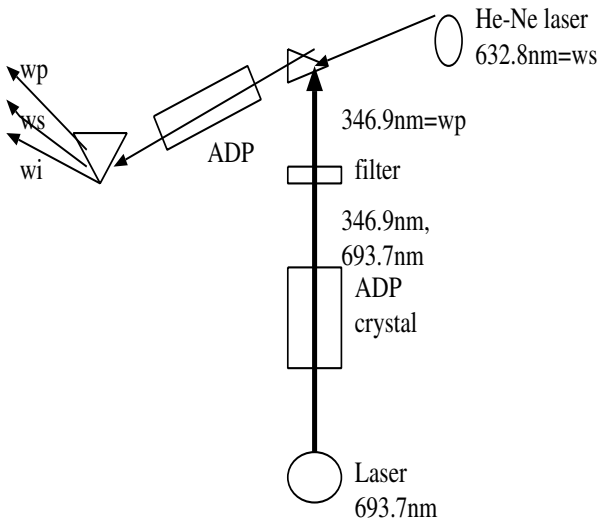
3.1　parametric amplification と parametric frequency conversion の違い

まず、parametric 増幅について初めて実験的に検証した[1]時の set up を図に示す。また、彼らの提示したセットアップは、Ar ion laser を購入する代わりに、非線形結晶で down conversion を起こしておいて、filter を通して波長の長い光を遮ることで、紫外光を手に入れることができることを示唆しているとも思われる。このように、parametric 増幅とは、非常に強力な pump 光を照射させて、He-Ne レーザーの sigmnal 光を増幅させる過程であり、parametric frequency conversion と似ている。しかし、両者の本質的な違いは、

- parametric amplification では、照射される強力な pump 光の周波数が、$\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$、つまり signal 光と pump 光の和であるのに対し、
- parametric frequency conversion では、強力な pump 光の周波数が、$\omega_2 = \omega_3 - \omega_1$の、差で表される

点にある。いずれも、私たちが問題にしている down conversion の逆過程である。

[1] C.Wang and G.W.racette 'Measurement of parametric gain accompanying optical difference frequency generation' *Appl.Phys.Lett.* **6**,169(1965)



Scematic of the first experiment
to observe the parametric amplifier
by Wang and Raccete (1965)

|wp,ws,wi>=>|wp-1,ws+1,wi+1>