

22. プロトン交換 LiNbO_3 光導波路の特性

稲垣 順三

光導波路は、透明な誘電体中に周囲より屈折率の高い領域を形成したもので、光はこの部分に集中して伝搬する。機能的な光導波路材料としては、負の一軸性結晶である LiNbO_3 が、その大きな電気光学効果・音響光学効果・非線形光学効果の為に有力視されている。今回は、光導波路の作成方法として、溶解した安息香酸 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, M.P. 121°C , B.P. 250°C) 中に LiNbO_3 単結晶を浸す、プロトン交換法を採用した。

プロトン交換 LiNbO_3 光導波路は、弱酸である安息香酸中の H^+ と LiNbO_3 中の Li^+ を交換することにより LiNbO_3 表面の屈折率を増加させるものであるが、今回は特特、0~5%の安息香酸リチウム ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOLi}$) を混合してプロトン交換を行い、作成した導波路は、プリズム結合法により有効屈折率 N_{eff} を測定し、屈折率分布がステップ型であると予想されるので

$$N_{\text{eff}}^2 = n_g^2 - \frac{\lambda^2 P^2}{4a^2}$$

N_{eff} : 有効屈折率 λ : レーザーの波長 ($6328\text{\AA}$) P : モード番号+1

なる関係を用いて、導波層の屈折率 n_g と導波層の深さ a を決定した。そして最終的には、安息香酸リチウムの濃度と屈折率変化あるいは拡散係数との間の相関関係を求めた。

純粋な安息香酸を用いてプロトン交換した場合、屈折率は異常光線に対するものだけ約0.125増加し、安息香酸リチウムの濃度が増加すると、屈折率の増加分変わらずかならず減少した。(図1) また拡散係数は、安息香酸リチウムの濃度が増加すると急激に減少した。(図2) Li がプロトン交換において大きな影響力を持つものと考えられる。なお、2%以上安息香酸リチウムを混合させた場合は、導波層の屈折率と深さを決定するのに十分な導波路は得られなかった。

また、導波層の自然分極の様子を調べる為にC面をエッチング ($\text{HF}:\text{HNO}_3 = 2:1$) したところ、本来 LiNbO_3 は+C面か-C面に比較してエッチングされにくいのであるが、プロトン交換することによって、+C面も-C面と同程度にエッチングされるようになった。

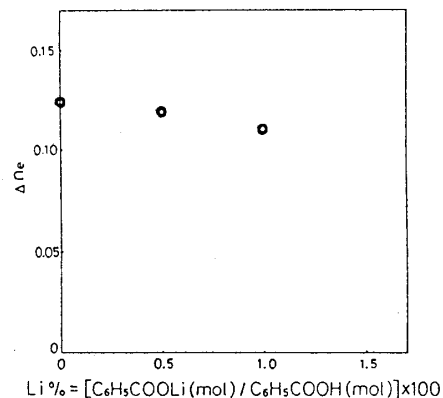


図 1

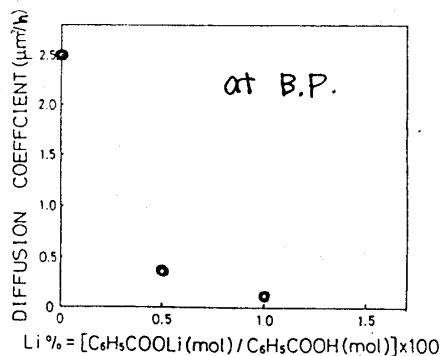


図 2