

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		破壊による X 線発生メカニズムの解明と応用			
研究テーマ (欧文) AZ		Investigation of mechanism of mechanical stress X-ray emission and its application			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)イマシュク	名)ススム	研究期間 B	2014 ~ 2016 年
	漢字 CB	今宿	晋	報告年度 YR	2016 年
	ローマ字 CZ	Imashuku	Susumu	研究機関名	京都大学(2015年2月まで) 東北大学(2015年3月以降)
研究代表者 CD 所属機関・職名		京都大学工学研究科・助教(2015年2月まで) 東北大学金属材料研究所・准教授(2015年3月以降)			
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>報告者は、低真空中 (1Pa) で氷砂糖(スクロースの単結晶)を破壊したところ、X 線が発生することを見出した。これは、破壊の際、破断面が帯電することで、電場が発生し、その電場によって、加速された浮遊電子が氷砂糖表面などに照射されて X 線が発生したと考えられる。この X 線の発生機構から絶縁体であれば、X 線が発生すると予想されるが、フッ化リチウム(LiF)や塩化ナトリウム(NaCl)の単結晶の場合は X 線が発生しなかった。そこで、どのような性質が X 線発生に影響を与えるかを調べ、本研究では、圧電性に着目をして研究を行った。</p> <p>高い圧電定数を持つ $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ の単結晶を作製し、1 Pa の真空中で破壊したところ、X 線を検出したが、強度は氷砂糖の場合よりも小さかった。この原因は、発生した X 線が Pb などの重元素によって吸収されたためと考えられる。そこで、次に、$\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ よりも圧電定数は小さいが、氷砂糖よりも高い圧電定数をもつ四ほう酸リチウム($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)の単結晶を作製して、同様に真空中で破壊したところ、X 線は発生したが、その強度は氷砂糖の場合よりも小さかった。一方、市販されている水晶($\alpha\text{-SiO}_2$)を真空中で破壊したところ、圧電定数は $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ より小さいにもかかわらず、X 線の強度は $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ より大きく、氷砂糖とほぼ同じ大きさであった。$\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ と $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ の単結晶は高純度試薬から作製したため、純度が高いが、氷砂糖と水晶は市販されているものであるため、それらの純度は高くないと考えられる。したがって、破壊によって発生する X 線の強度は圧電定数よりも結晶中の不純物の濃度のほうが関係しており、不純物がある程度含まれていると X 線強度が大きくなると考えられる。</p>					
キーワード FA	X 線	圧電体	破壊	単結晶	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Mechanical Stress X-ray Emission from Piezoelectric Material							
	著者名 ^{GA}	S. Imashuku, S. Hifumi, K. Yokoi, S. Matsuoka, and J. kawai		雑誌名 ^{GC}	Advances in X-ray Analysis				
	ページ ^{GF}	2 1 8 ~ 2 2 2		発行年 ^{GE}	2	0	1	5	巻号 ^{GD}
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}			雑誌名 ^{GC}					
	ページ ^{GF}	~		発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}			雑誌名 ^{GC}					
	ページ ^{GF}	~		発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}
図書	著者名 ^{HA}	Susumu Imashuku							
	書名 ^{HC}	Handbook of X-ray Imaging - Physics and Technology (Chapter 1.22)							
	出版者 ^{HB}	CRC Press	発行年 ^{HD}	2018 (in press)			総ページ ^{HE}	2 5 0 0 (担当分: 1 2 ページ)	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

We discovered a phenomenon of generating X-rays by fracturing a crystal sugar at 1 Pa. At fracture, the two faces of the crack of the crystal sugar would have opposite charges and suspended electrons are accelerated by the local electric field created by the charges on the faces. Then, X-rays are emitted from crystal the sugar bombarded with the suspended electrons. This mechanism of the mechanical stress X-ray emission implies that we can generate X-rays by fracturing insulating materials. However, we could not generate X-rays by fracturing lithium fluoride (LiF) and sodium chloride (NaCl). In the present study, we investigated which properties of materials affect the mechanical stress X-ray emission. Among these properties, we focused on piezoelectricity.

We first investigated the mechanical stress X-ray emission of $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ single crystal because it has high piezoelectric constant. The $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ single crystal emitted X-rays by fracturing it at 1 Pa, but the X-ray intensity were lower than that of the crystal sugar. The low intensity might be caused by the absorption of X-rays by heavy elements such as tin. Then, we investigated the mechanical stress X-ray emission of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ single crystal because it consists of light elements and show piezoelectricity. The $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ single crystal also emitted X-rays by fracturing it at 1 Pa, but the X-ray intensity were lower than that of the crystal sugar. When we fractured a commercially available quartz ($\alpha\text{-SiO}_2$) single crystal at 1 Pa, the X-ray intensity was higher than that of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ and $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ single crystals and as high as that of the crystal sugar, although a piezoelectric constant of quartz ($\alpha\text{-SiO}_2$) was lower than that of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ and $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$. We grew the $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ and $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ single crystals from raw materials with high purities. On the other hand, the crystal sugar and the quartz single crystal were commercially available and produced for eating and ornament, respectively. Thus, purities of the crystal sugar and quartz single crystal is lower than those of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ and $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ single crystals. Therefore, the mechanical stress X-ray emission is related to purity of piezoelectric crystal rather than the piezoelectric constant.