

氏名(本籍)	きたむらまさる 北村優(東京都)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第2318号
学位授与年月日	平成19年9月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	放射光軟X線分光用YB ₆₆ 結晶の評価に関する研究
主査	筑波大学教授 理学博士 大嶋建一
副査	筑波大学教授 理学博士 秋本克洋
副査	筑波大学教授 工学博士 喜多英治
副査	筑波大学准教授 工学博士 谷本久典
副査	(独)物質・材料研究機構主席研究員 工学博士 福島整

論文の内容の要旨

近年、放射光による物質の吸収端を分析する XAFS (X-ray absorption fine structure) 法などの X 線スペクトロスコーピー技術が急速に発展している。特に、1 - 2keV のエネルギーを持つ軟 X 線領域には、重要な元素である Na, Mg, Al, Si の K 吸収端や Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr の L 吸収端が存在し、それらの吸収端を測定することは極めて重要である。放射光を用いた吸収端の測定には分光器が必要となり、この際、2d 値 (d は結晶の面間隔) が大きく、高品質な単結晶が要求される。従来から、Beryl 結晶、InSb 結晶および α -Quartz 結晶が用いられてきたが、それら結晶には目的とする物質の吸収端を含み、さらに、耐久性・耐熱性に欠点がある。従って、これら結晶は高輝度化した第三世代の放射光光源に対しては使用することは出来ない。このような背景の中、(独)物質・材料研究機構の田中高穂らは大きな 2d 値 ((400) 面では 11.76Å の値を持つ)、かつ 1 - 2keV 範囲の軟 X 線エネルギー領域に吸収端を持たない無機材料の YB₆₆ 単結晶の高品質化を達成した。

本研究では、YB₆₆ 単結晶が第三世代の放射光光源である Spring-8 において 1 - 2keV 範囲の軟 X 線エネルギー領域の分光研究にいかにも利用できるかどうかを目的に研究を遂行した。

まず、実験に入る前に YB₆₆ 単結晶の (400) 面が軟 X 線領域でどのような分光特性を示すかを Lee による「多層膜モデルによるロッキングカーブ計算」を行い、高いエネルギー分解能が得られることを確認した。引き続き、Spring-8 の (独)物質・材料研究機構専用ビームライン BL15XU において次に示すような YB₆₆ 単結晶の特性実験を実施した。

- 1) 熱解析：YB₆₆ 単結晶を用いて良好な分光が得られる許容熱負荷条件は 1.1keV では 1.6W/mm²、2keV では 2.2W/mm² 以下であることが判った。一方、フォトンフラックスは 10⁹photons/sec. であった。
- 2) エネルギー分解能：1.3keV では 0.15eV、2.1keV では 0.42eV であった。反射率はいずれも 5% 程度であった。
- 3) 耐久性：約 1000 時間のアンジュレーター光照射でも結晶性の劣化がみられず、高輝度放射光光源に対して十分な耐久性があることが判った。
- 4) 結晶の固定法：結晶と結晶ホルダーとの間の界面剤として液体の GaIn を用いたが、両者の熱接触が良

好に保たれていることが判った。

以上のように、 YB_{66} 単結晶が高輝度放射光軟 X 線分光結晶として十分使用可能なことが判明したので、以下に示す物質からの分光実験を行った。

- 1) Mg, Al, Si の K 吸収端近傍構造 (XANES) での測定を行い、良質なデータを得た。また、超電導物質 MgB_2 の Mg に関する XANES を測定し、超電導機構を論じた。
- 2) XPS による Ag の $3d_{5/2}$ のスペクトルを測定し、 YB_{66} 単結晶の良質さが実証された。
- 3) 光電子顕微鏡を用いた Ag/Si の微細パターンを観測し、実用性を論じた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究はいままで困難であった高輝度放射光 X 線 1 - 2keV 領域の軟 X 線分光研究に対して、最近日本で開発された 2d 値 ((400) 面では 11.76Å の値を持つ)、かつ 1 - 2keV 範囲のエネルギー領域に吸収端を持たない無機材料の YB_{66} 単結晶の導入し、さまざまな角度からその結晶の評価実験を行い、有用性を見出したことは非常に価値がある。さらに、本研究の成果は今後、Mg, Al, Si 等を含む実用物質を用いる新機能材料の開発の際に多いに役に立つことは高く評価出来る。

よって、著者は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。