

ダイナミックオーロラ PLD 法を用いた Mn_3CuN 薄膜の作製と評価

川口 昂彦, 鈴木 淳平, 坂元 尚紀, 鈴木 久男, 脇谷 尚樹
(静岡大)

Preparation and characterization of Mn_3CuN thin films by Dynamic Aurora PLD

T. Kawaguchi, J. Suzuki, N. Sakamoto, H. Suzuki, N. Wakiya
(Shizuoka Univ.)

はじめに

逆ペロブスカイト構造(B_3AN)を持つ遷移金属窒化物は、負熱膨張や異常ホール効果の発現、超伝導体やハーフメタルといった興味深い特性を発現する物質群である。その中でも Mn_3CuN は、約 150 K で強磁性転移を示し、最大 2000 ppm に及ぶ巨大磁歪を示す。この系の薄膜作製には、従来研究ではマグネトロンスパッタ法やプラズマ支援 MBE 法などが用いられている。すなわち窒化物相の形成のために、反応性の高い窒素プラズマを供給することが重要である。これらに対し、我々は成膜中に磁場印加が可能な、ダイナミックオーロラ PLD 法を独自に開発してきた。本手法ではプルームの再結合が磁場印加により抑制され、原料元素をイオンの状態で基板に供給することが出来る。すなわち、プラズマ化電源無しに窒化物ターゲットのアブレーションのみで窒素プラズマを供給できると考えられる。そこでダイナミックオーロラ PLD 法を用いて Mn_3CuN 薄膜を作製したので報告する。

実験方法

Mn_3CuN 薄膜は、ダイナミックオーロラ PLD 法を用いて MgO (001) 基板上に成長した。 Nd:YAG レーザー4倍波(266 nm)を用い、 $\text{Mn}_2\text{N-Cu}$ 混合粉末を放電プラズマ焼結(SPS)した焼結体をターゲットに用いた。到達真空度は 10^{-6} Torr で成膜温度と印加磁場を成長条件として、膜厚が 100 nm 程度となるよう成膜時間を調整した。得られた薄膜は、X 線回折(XRD)、電子線マイクロアナライザ(EPMA)、透過型電子顕微鏡(TEM)、四短針法による抵抗率測定および SQUID を用いた磁化率測定などによって評価した。

実験結果

Fig. 1 に 500°C, 2000 G の条件で作製した Mn_3CuN 薄膜の TEM による電子線回折像を示す。制限視野は薄膜だけでなく基板も含んでいる。この結果から、得られた薄膜には Mn_3CuN 相だけでなく、 MnO 相および Cu 相が形成していることが分かる。これは、到達真空度が 10^{-6} Torr 程度であるため成長チャンバ中の残留酸素が原因であると考えられる。興味深いことにいずれの回折点も方位が揃っており、すべての相が MgO 上にエピタキシャル関係を保って形成していることがわかる。このことから、残留酸素により Mn_3CuN が酸化・分解することで、 MnO 相と Cu 相が形成したのではないかと推察される。

Fig. 2 にこの薄膜の磁化率測定の結果を示す。 MnO 相や Cu 相は反強磁性や常磁性であるため、150 K 付近で観測されている強磁性転移は Mn_3CuN 相のものであると考えられる。 Mn_3CuN 相に窒素欠損が存在するとキュリー一点が 150 K よりも上昇することが報告されているため、この薄膜中の Mn_3CuN 相には窒素欠損がほぼ無いことが期待される。すなわち、ダイナミックオーロラ PLD 法での成膜により窒化物相の十分な窒化が実現したと考えられる。

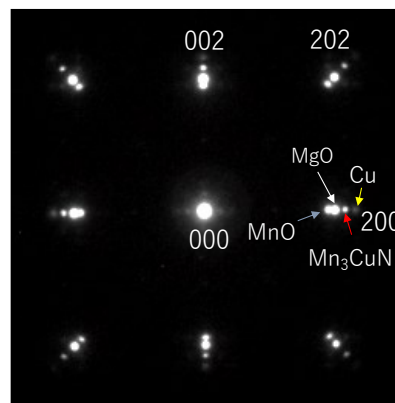


Fig. 1 TEM electron diffraction of Mn_3CuN thin film grown on MgO substrate by Dynamic Aurora PLD.

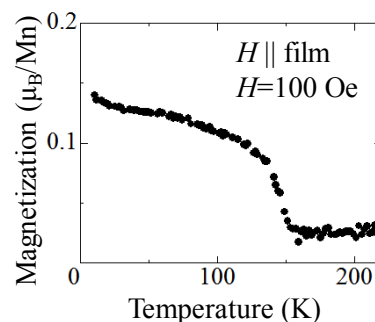


Fig. 2 Temperature dependence of magnetization of the Mn_3CuN thin film shown in Fig. 1.