

単一アト秒パルス用回折限界集光システムの開発 2

Diffraction-limited focusing system for isolated attosecond pulses II

○田丸 裕基^{1,2}, 森 哲³, 澤田 和寛^{1,4}, Fu Yuxi¹, 高橋 栄治¹, 須田 亮²,神成 文彦⁴, 緑川 克美¹, 豊田 光紀³ (1. 理研, 2. 東京理科大, 3. 東北大多元研, 4. 慶応大)○Yuki Tamaru^{1,2}, Satoshi Mori³, Kazuhiro Sawada^{1,4}, Yuxi Fu¹, Eiji. J. Takahashi¹,Akira Suda², Fumihiko Kannari⁴, Katsumi Midorikawa¹, and Mitsunori Toyoda³

(1.RIKEN, 2.Tokyo Univ. of Sci. , 3.IMRAM, Tohoku Univ. , 4. Keio Univ.)

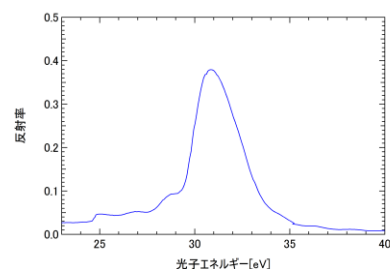
E-mail: yuuki.tamaru@riken.jp

近年のアト秒パルス高出力化の研究によって、EUV 領域でマイクロジュール級の単一アト秒パルス光源(Isolated Attosecond Pulse: IAP)が開発されている[1]。そのような高強度 IAP 光源を回折限界程度まで集光することによって 10^{16} W/cm² を超える強い光電場を励起することができるため、EUV 域における非線形光学への利用が期待されている。我々のグループでは高調波をサブミクロン領域まで集光する為の多層膜コートをしたシュワルツシルト(Schwarzchild: SS)対物鏡[2]を用いた集光システムの開発を目指している。

SS 光学系は球形凸面鏡と球形凹面鏡の 2 枚の多層膜鏡の組合せからなる。そのため IAP の高効率集光の実現には光学系のスループット、つまりそれぞれの多層膜鏡における反射率および反射帯域が非常に重要になる。そこで本研究では、光子エネルギー 31 eV(波長 40 nm)において高反射率な多層膜鏡の実現を目指して、物質対および製膜条件の検討を行った。物質対に関しては、高次高調波を用いた反射率測定から、Mg をスペーサー層として用いた SiC/Mg、Cr/Mg の 2 種の物質対が EUV 領域における高反射率が期待できることが分かった[3]。そこで今回は SS 光学系用にバンド幅がより広くなるように SiC/Mg、Cr/Mg の膜厚比および周期数の設計を行った(図 1)。この設計指針に基づき多層膜鏡をマグネトロンスパッタ装置でテスト基板(Si)上に製膜した。製膜した多層膜鏡は分子科学研究所の極端紫外光研究施設(UVSOR)の BL5B での反射率測定の結果、SiC/Mg で~40%の反射率を実現することに成功した。またこの多層膜鏡で回折限界程度(直径 100 nm)まで集光したと仮定とした場合、 10^{16} W/cm² を超える集光強度が実現できることも分かった。今後は今回設計をした条件の SiC/Mg 多層膜鏡を SS 光学系に採用する予定である。

物質対	周期長[Å]	膜厚比	周期数	最大反射率	FWHM[eV]
Cr/Mg	214	0.31	20	56	3.6
Cr/Mg	218	0.4	20	51	4.28
Cr/Mg	224	0.5	20	43	4.76
SiC/Mg	214	0.33	13	51	3.22
SiC/Mg	214	0.33	10	49	3.54
SiC/Mg	214	0.33	7	43	4.24

(a)



(b)

図 1: (a) 多層膜鏡の設計条件と理論最大反射率 (b) SiC/Mg (膜厚比:0.33, 周期数:13) での反射率

[1] E. J. Takahashi *et al.*, Nat. Commun. **4** 2691 (2013). [2] M. Toyoda *et al.*, Appl. Phys. Exp. **5** 112501 (2012). [3] 澤田他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 14p-A15-2 (2015).