

UCN偏極解析器の開発に向けた 鉄薄膜の磁気特性の評価

2021/07/13~17 BL05

Akatsuka Hiroaki, Higuchi Takashi

8/31

- BGの評価
- 磁化した鉄の内部磁場を求めるためのフィッティング
- 磁場＋偏極率？の関係

目次

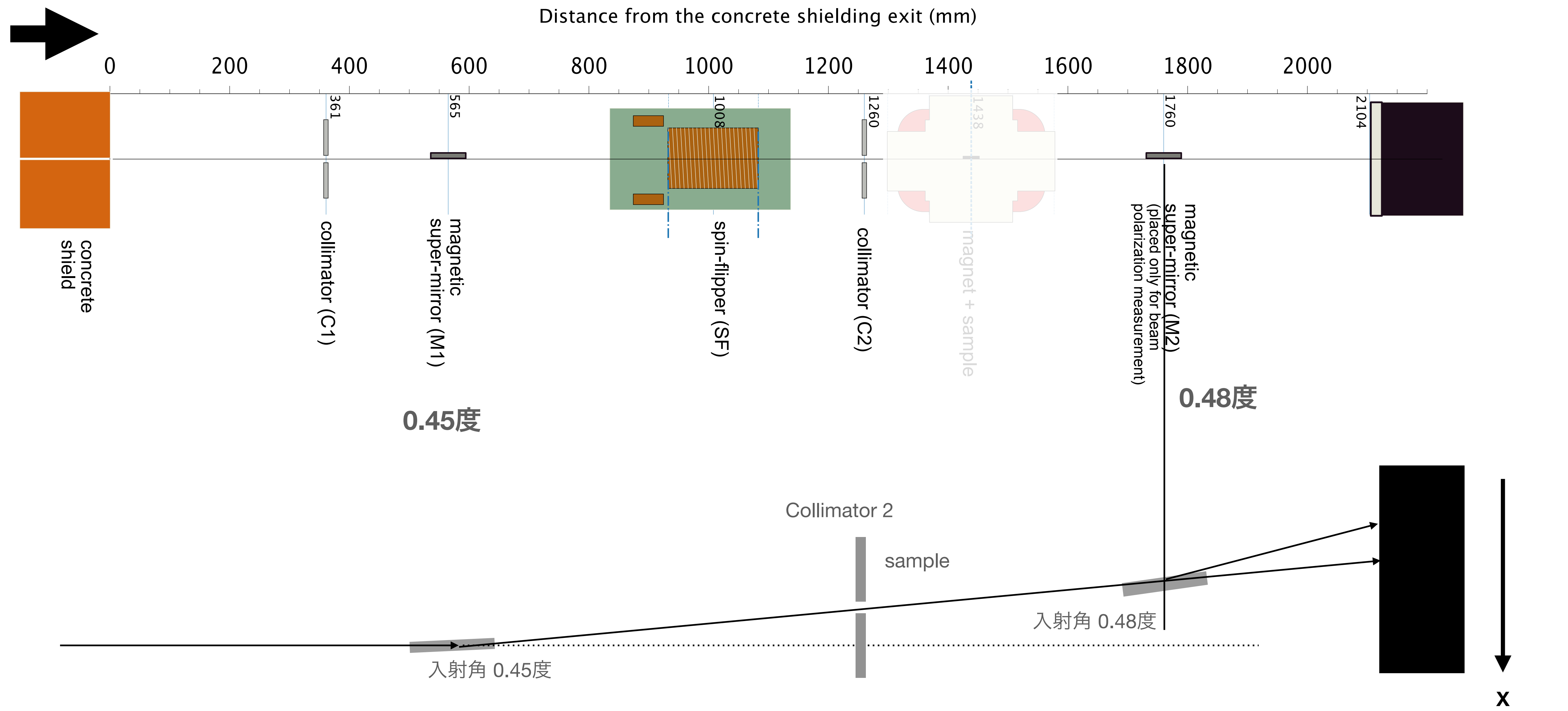
- 目的
- ビームの特性
- 実験結果 (q vs R , $B(\text{mT})$ vs P のグラフ)
- まとめ
- 京大炉実験に向けて

目的

UCN偏極解析器(鉄薄膜内の磁気ポテンシャルによってスピン解析)の開発

- 鉄薄膜への要求
飽和磁化が大きく(スピン解析効率の向上)、保磁力の小さい(漏れ磁場を抑える)
- 鉄薄膜の評価
 - 鉄薄膜がどの程度の磁場によって磁化するかをVSMで測定
 - 中性子反射率計での測定

Setup M2による偏極率測定 (サンプルの代わりにM2を置いて測定)



M1, SF, M2でのビームの偏極率測定

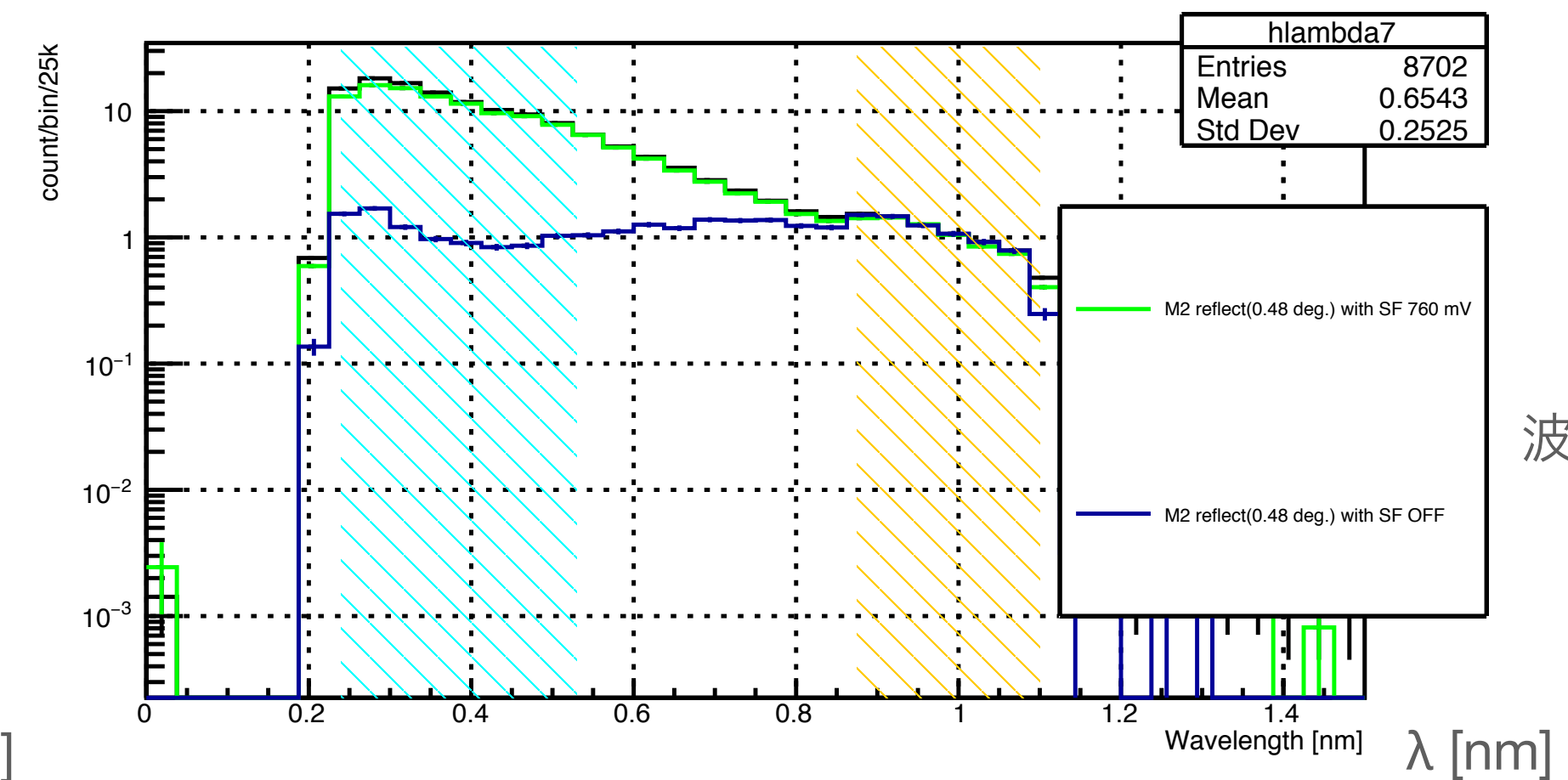
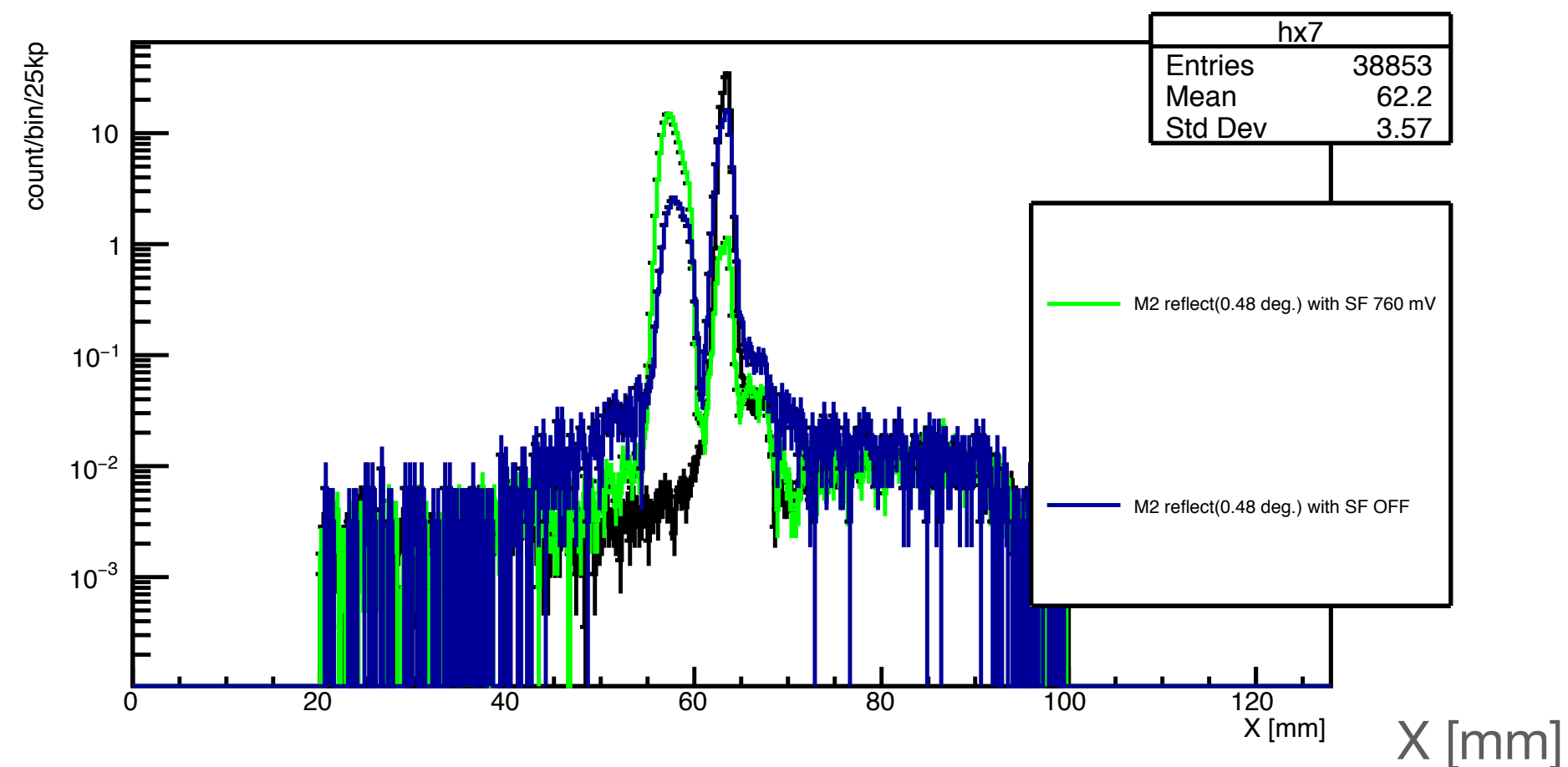
Direct, **SF OFF**, **SF ON**, **Polarization rate**

up, down共にM1で

偏極率~0.8の領域

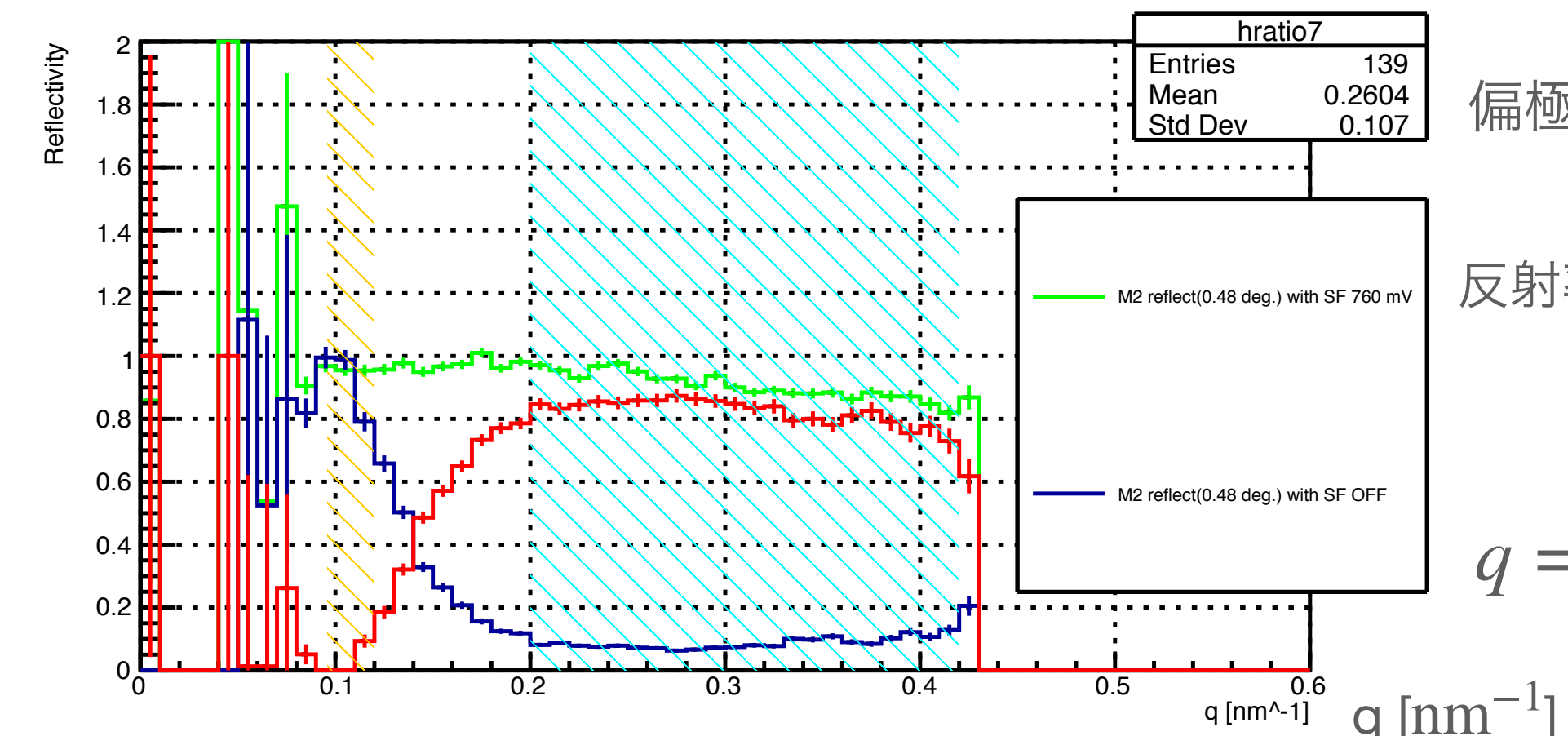
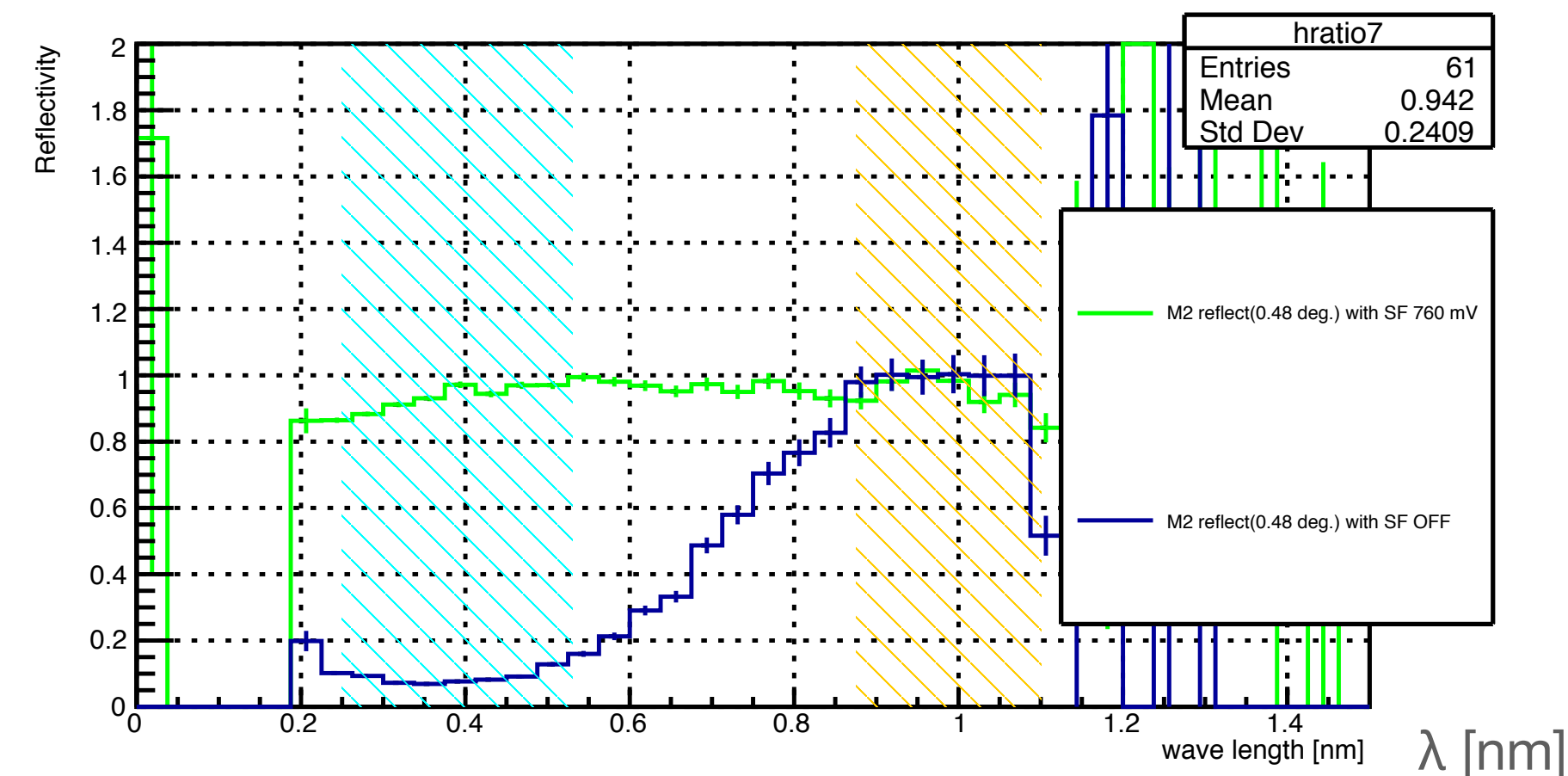
反射されている領域

中性子検出位置



反射成分の
波長スペクトラム

反射率の
波長依存性



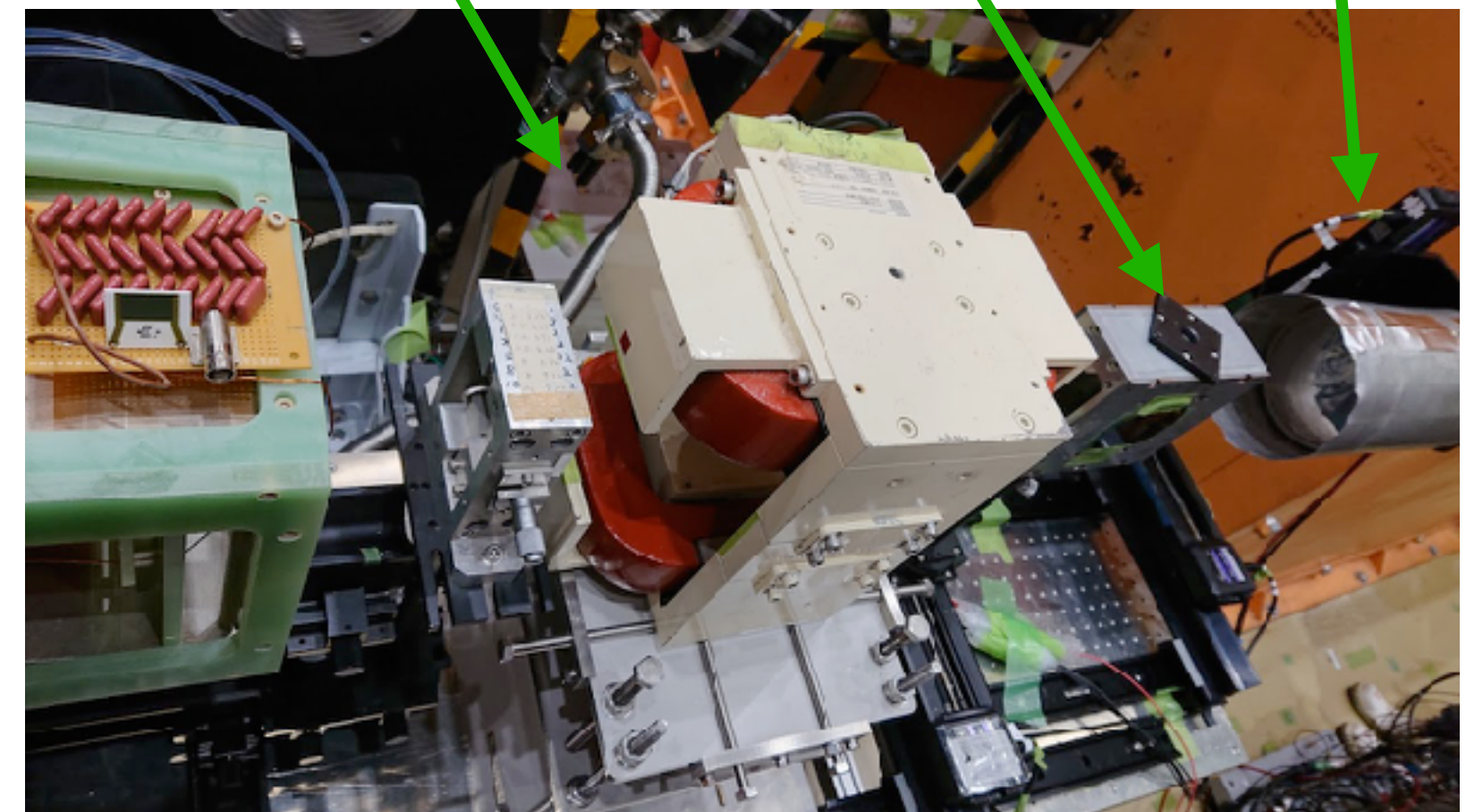
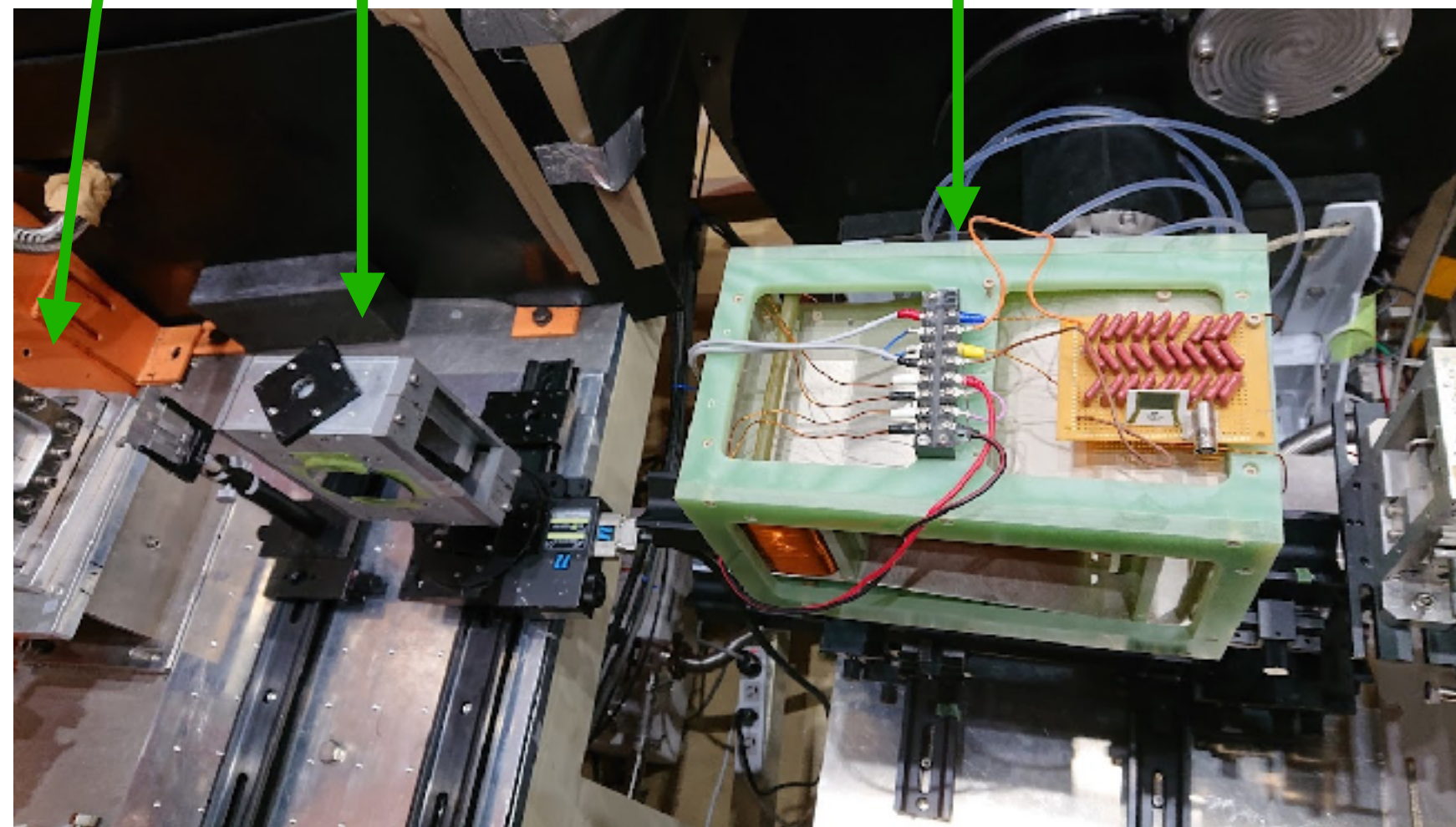
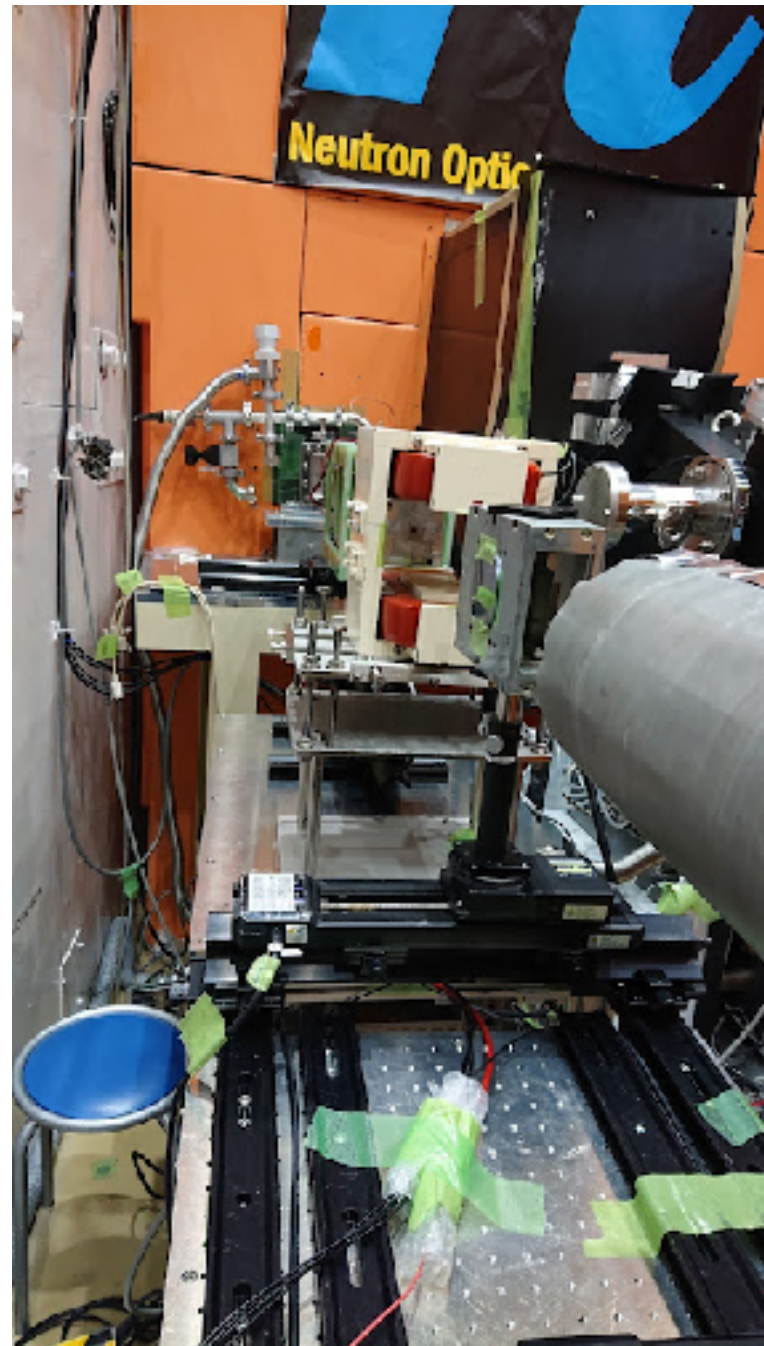
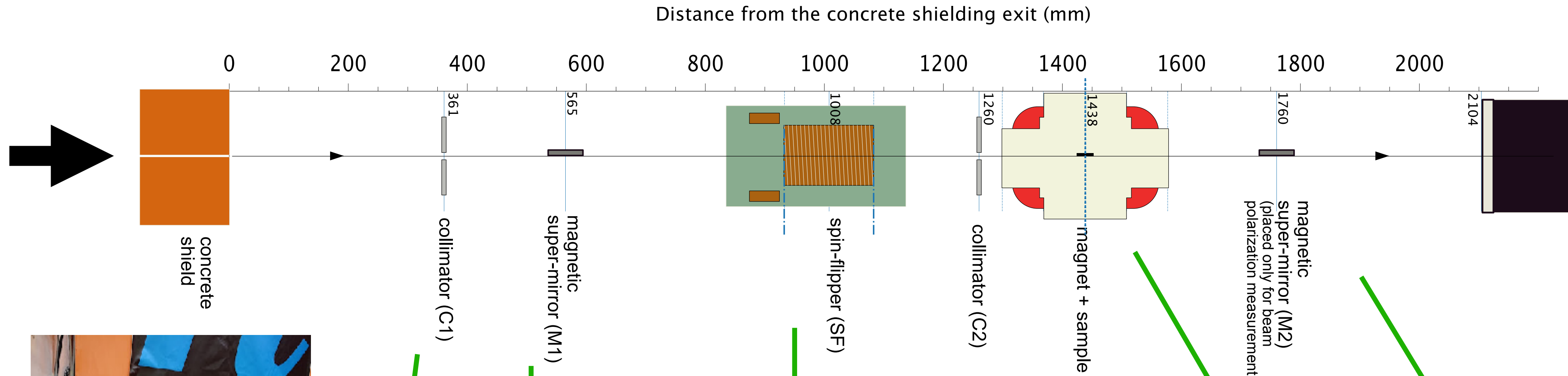
$$\text{偏極率 } P = \frac{R_{\text{off}} - R_{\text{on}}}{R_{\text{off}} + R_{\text{on}}}$$

反射率、偏極率の
q依存性

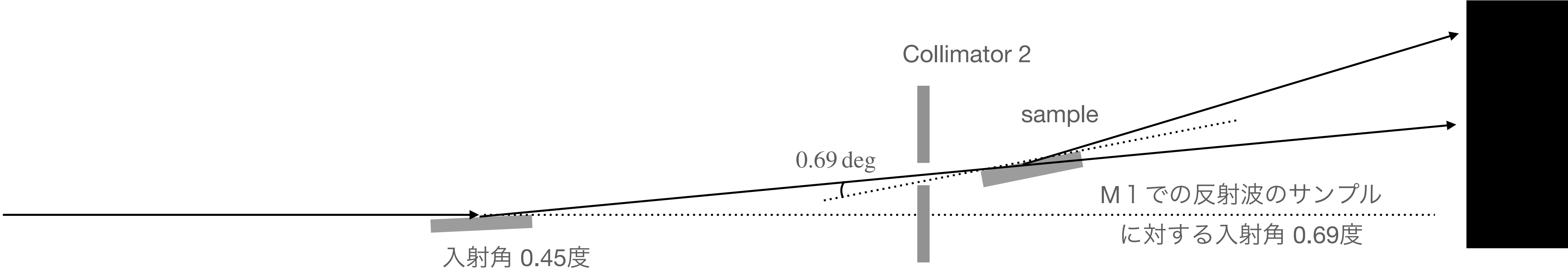
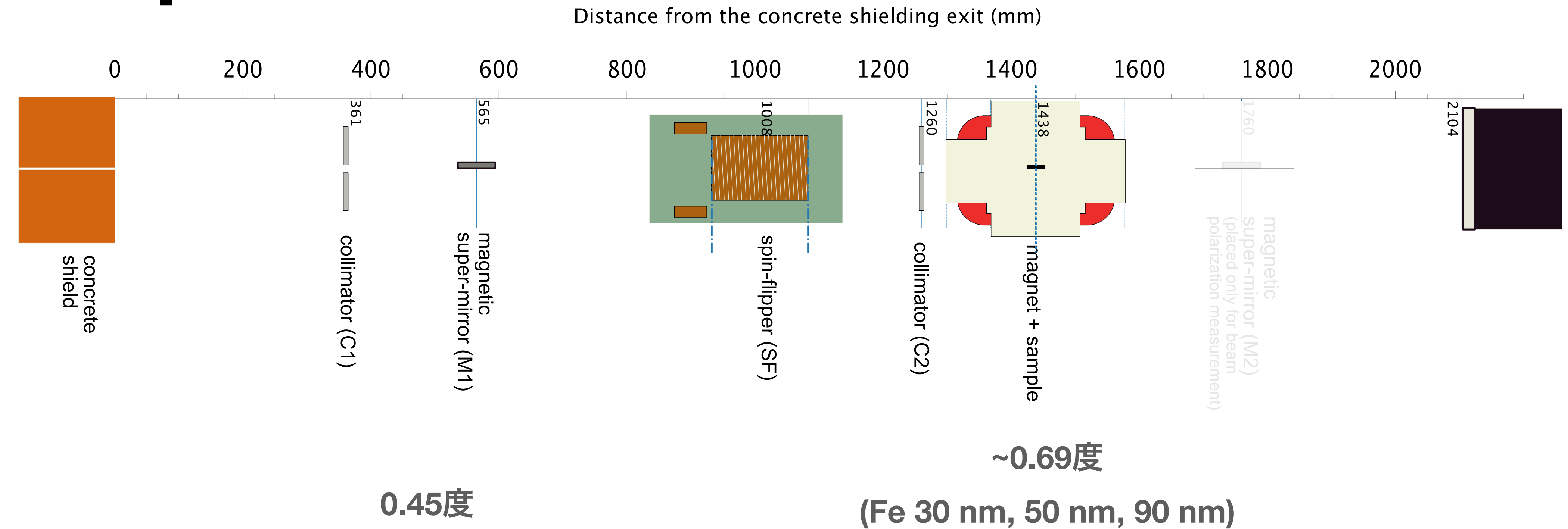
$$q = \frac{4\pi \sin \theta}{\lambda}$$

q=0.2~0.42の領域では偏極率が80%以上ある

Setup 鉄薄膜の反射率測定

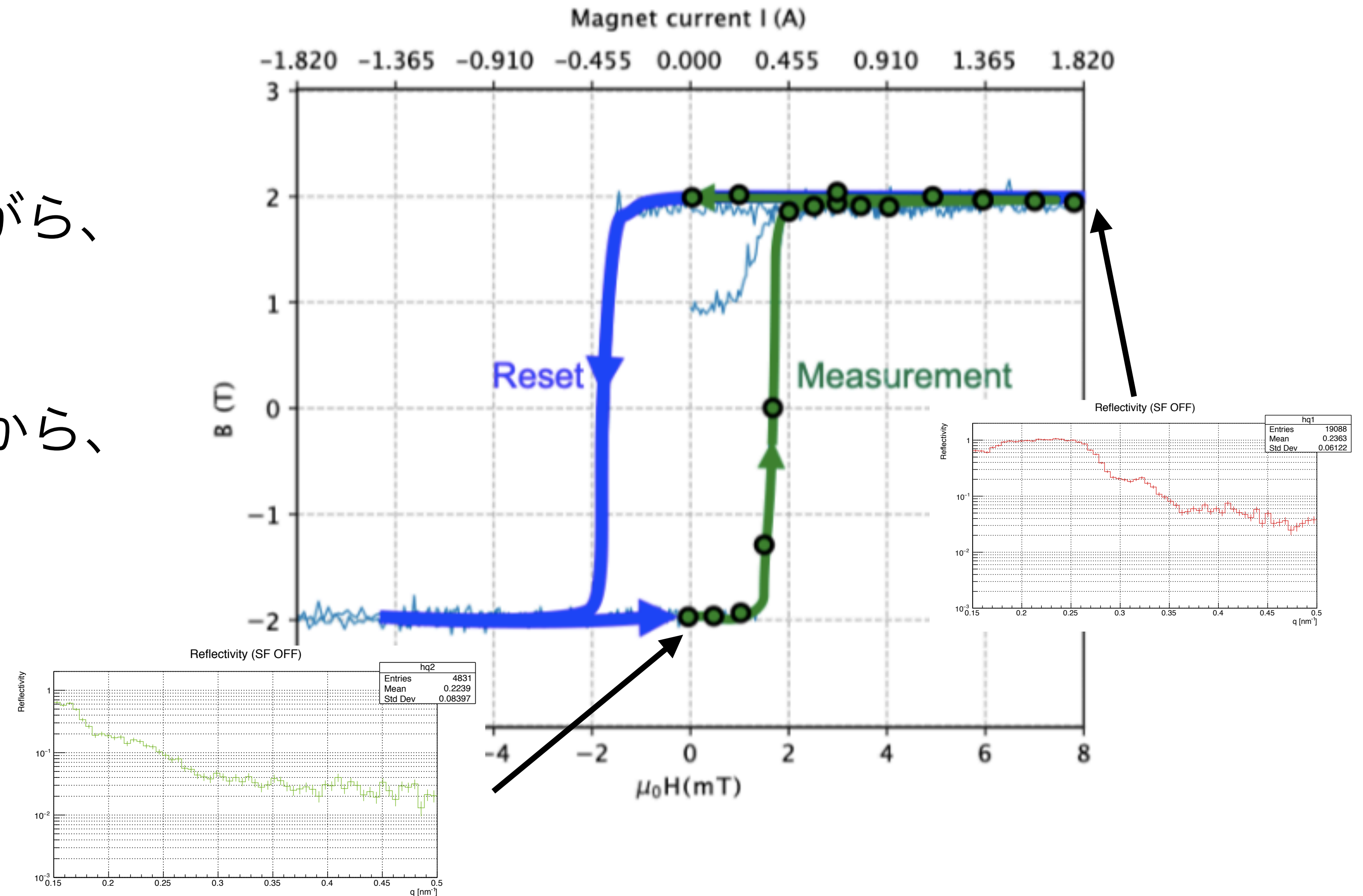


Setup 鉄薄膜の反射率測定



測定手順

- まず、-8.01 mTを印加
- 次に、印加磁場を上げながら、反射率を測定
- AFP ON, OFFでの反射率から、偏極率を求めた



q-dependence of the polarization power

Color coding by the magnitude of the magnetic field applied to the sample

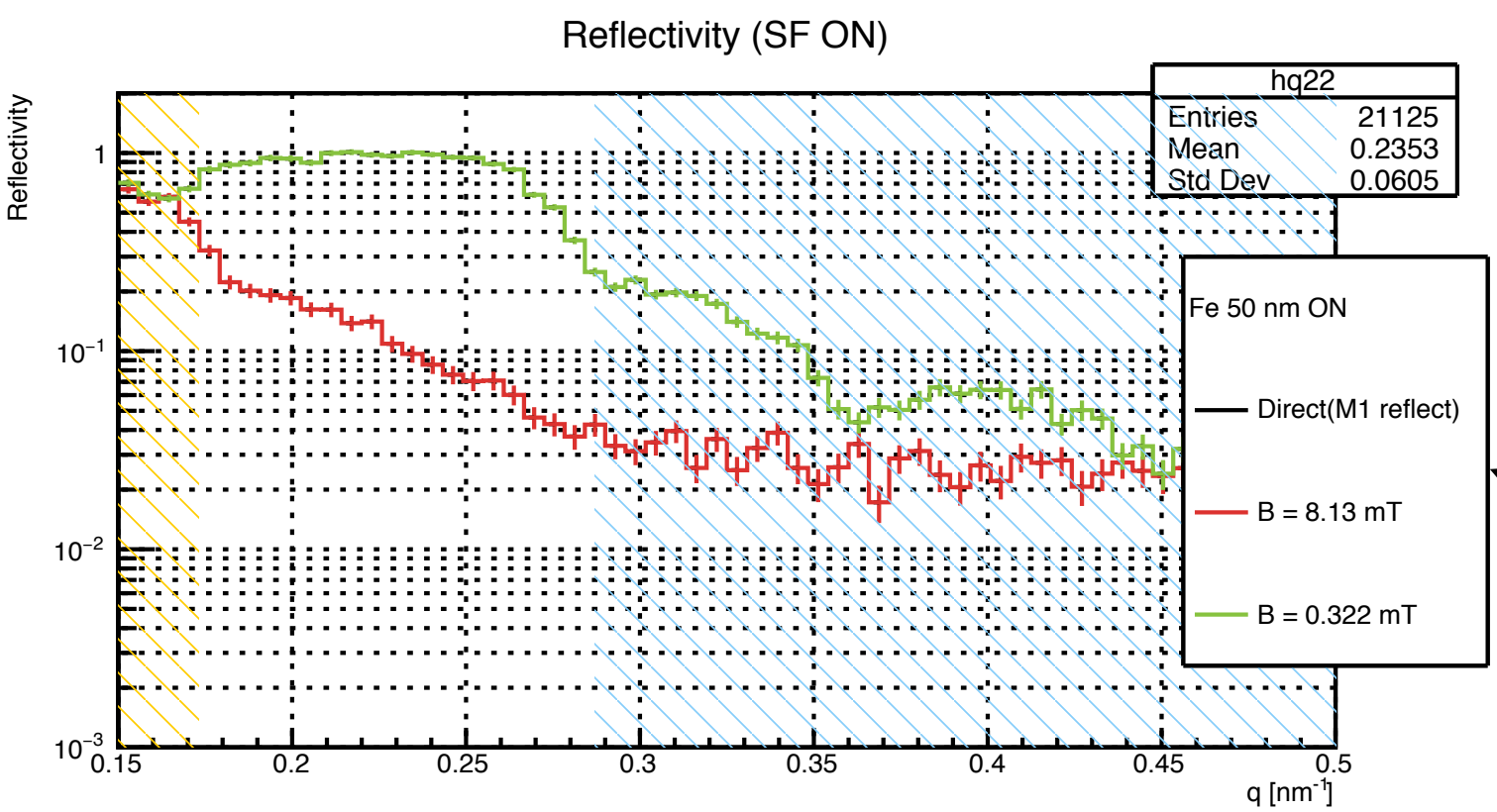
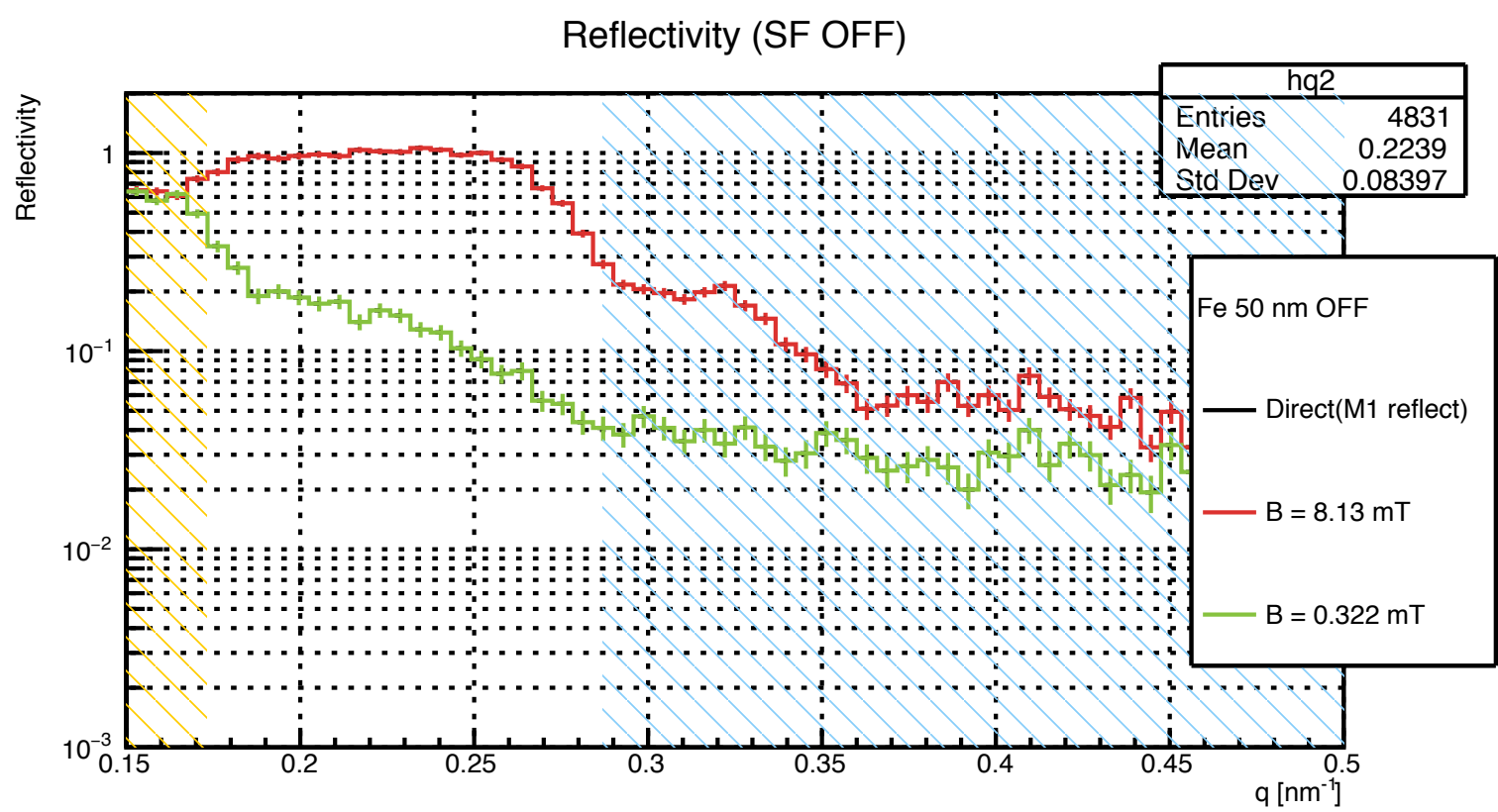
up, down共にM1で

反射されている領域

偏極率~0.8の領域

反射率のq依存性
スピントリッパOFF

$$q = \frac{4\pi \sin \theta}{\lambda}$$

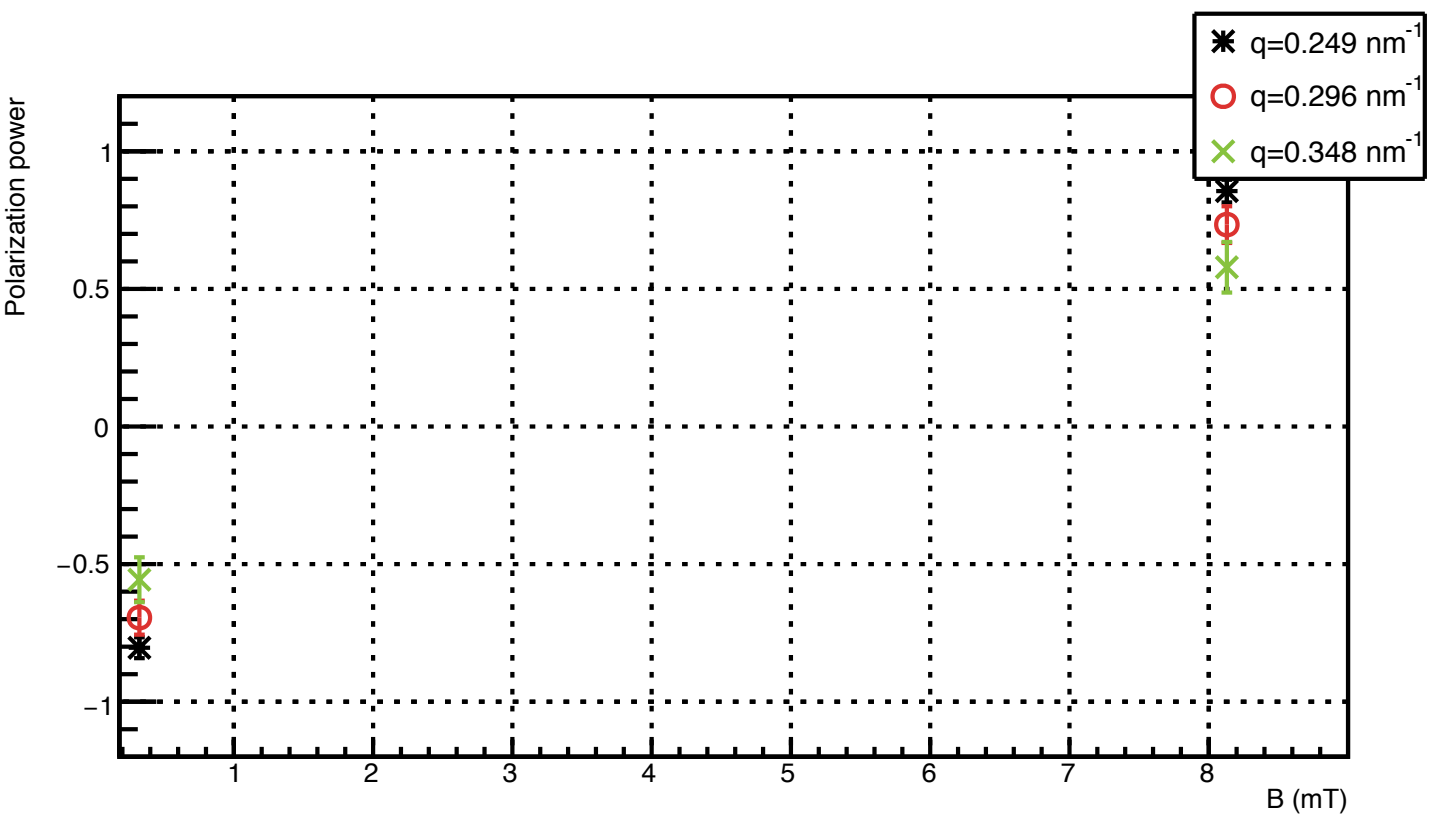
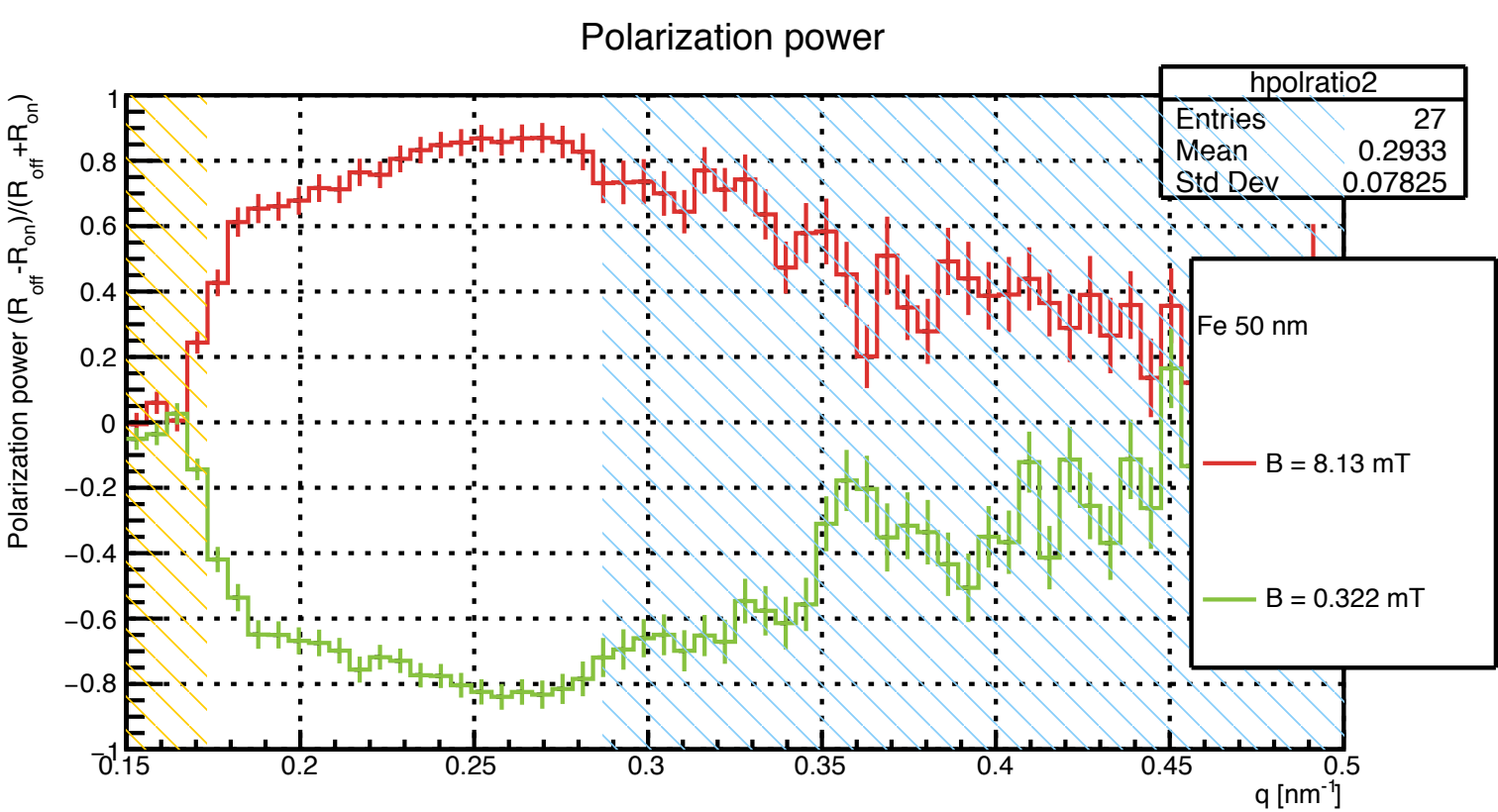


反射率のq依存性
スピントリッパON

legendで
サンプルに印加した
磁場の大きさを示す

$$P = \frac{R_{\text{off}} - R_{\text{on}}}{R_{\text{off}} + R_{\text{on}}}$$

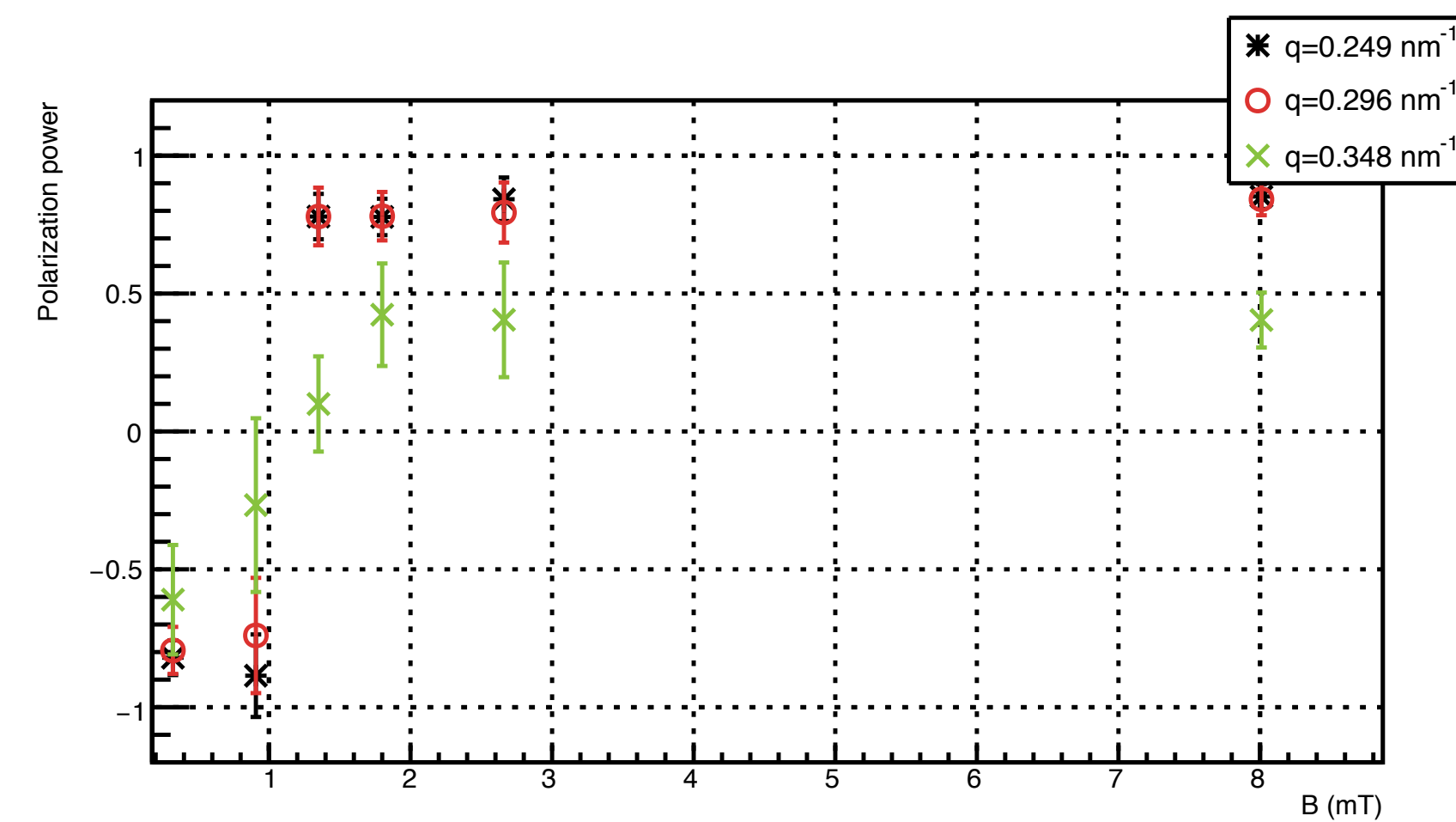
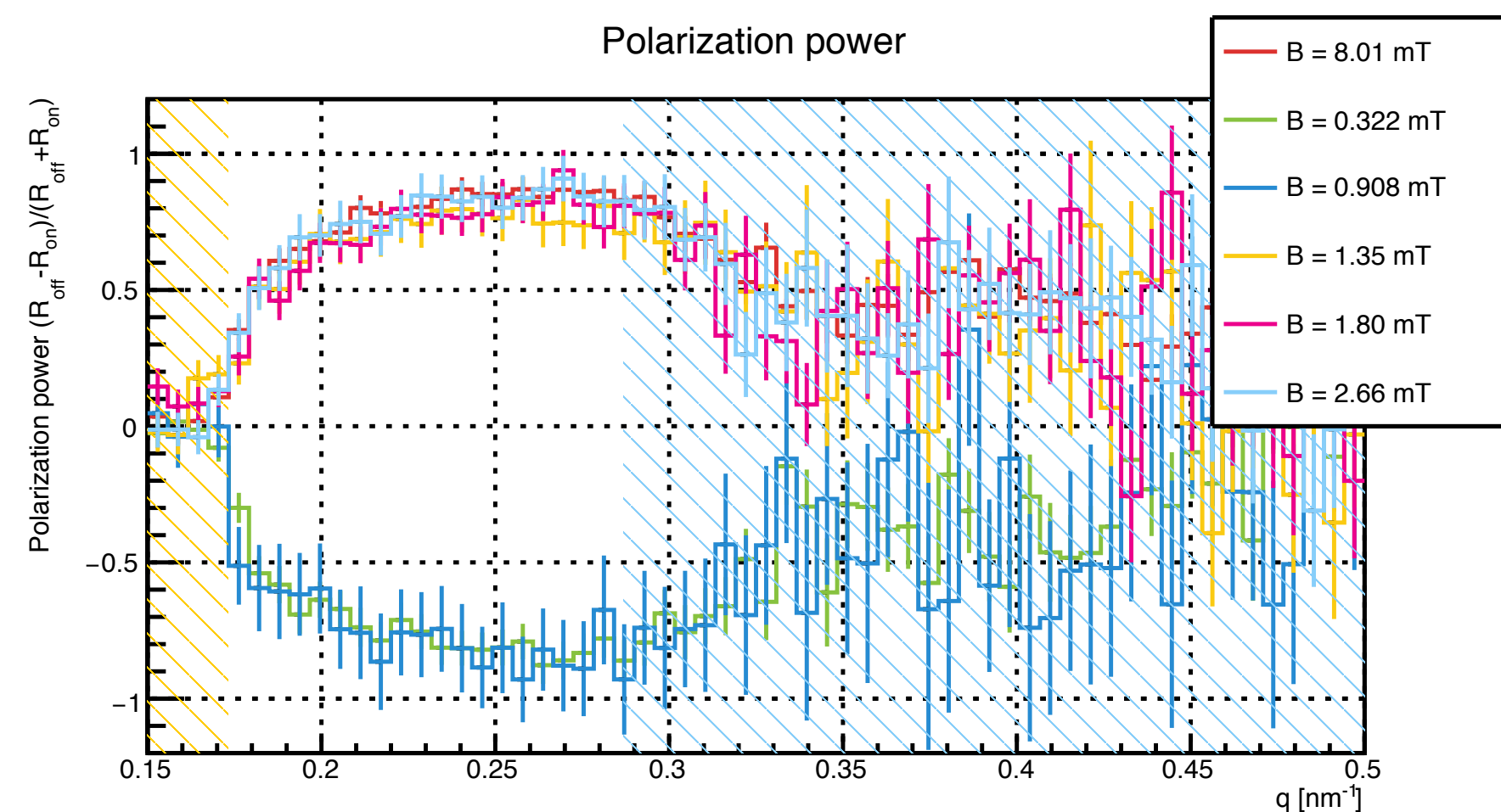
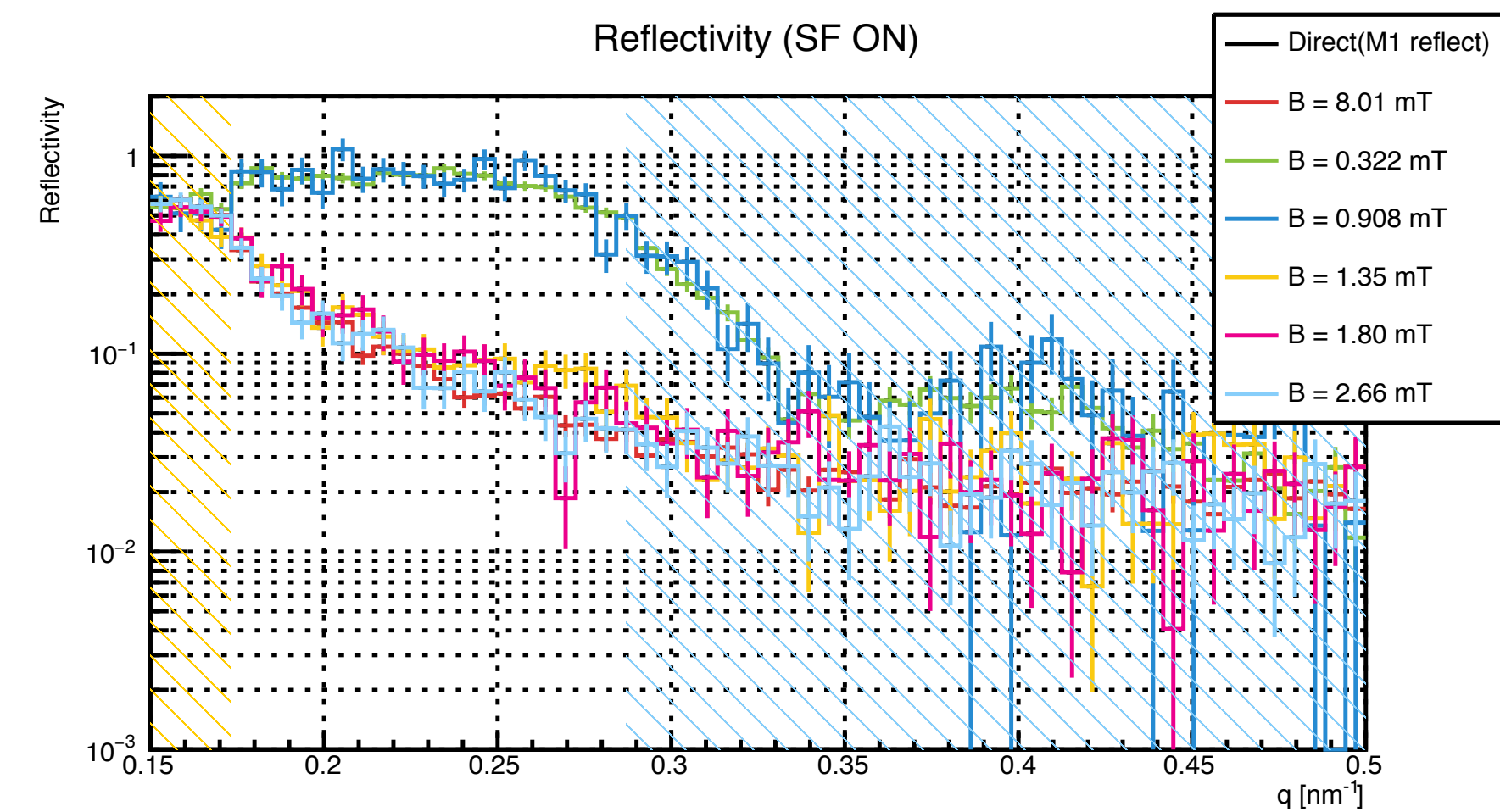
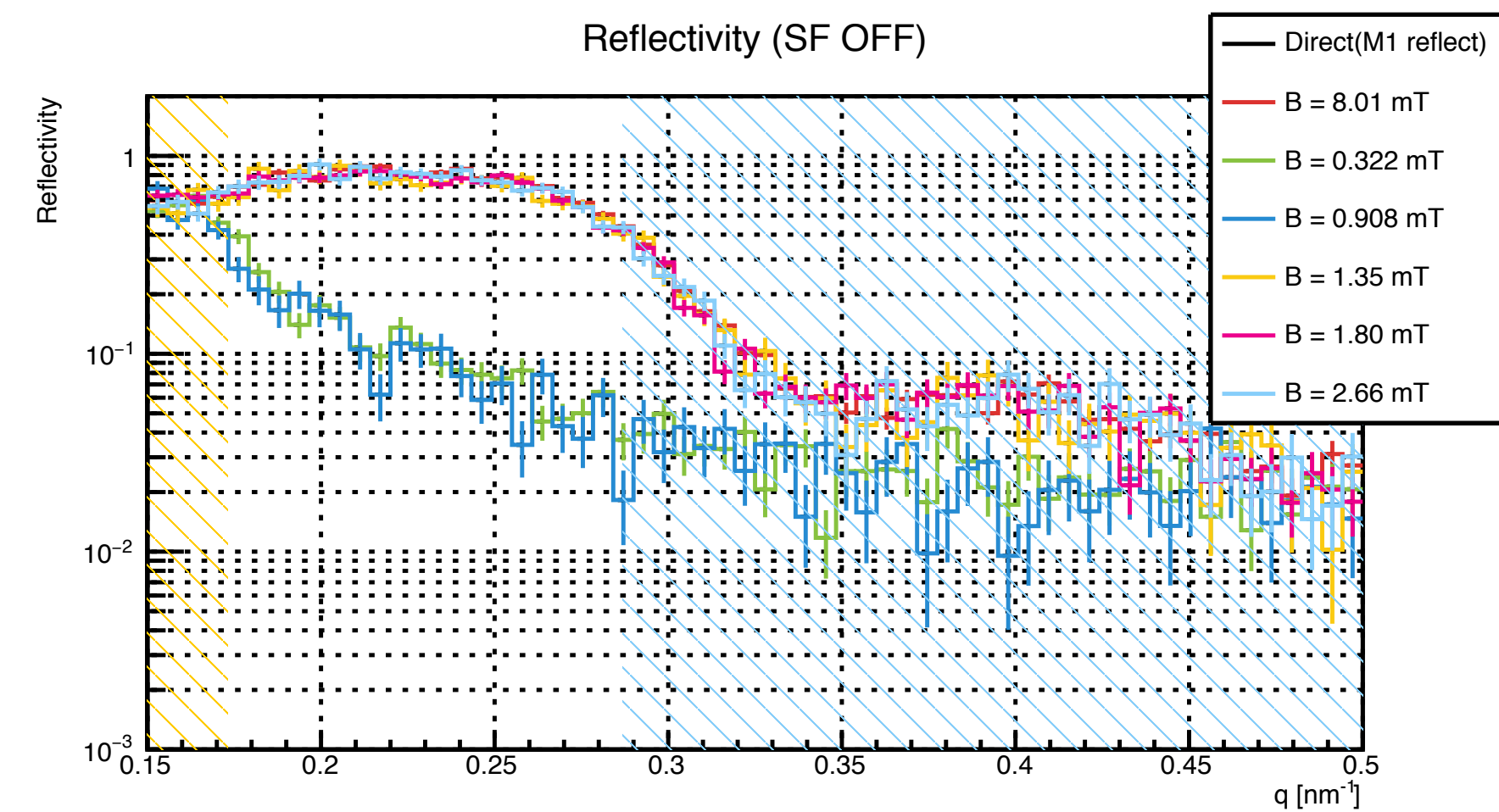
偏極率のq依存性



偏極率の
サンプルへの
印加磁場依存性

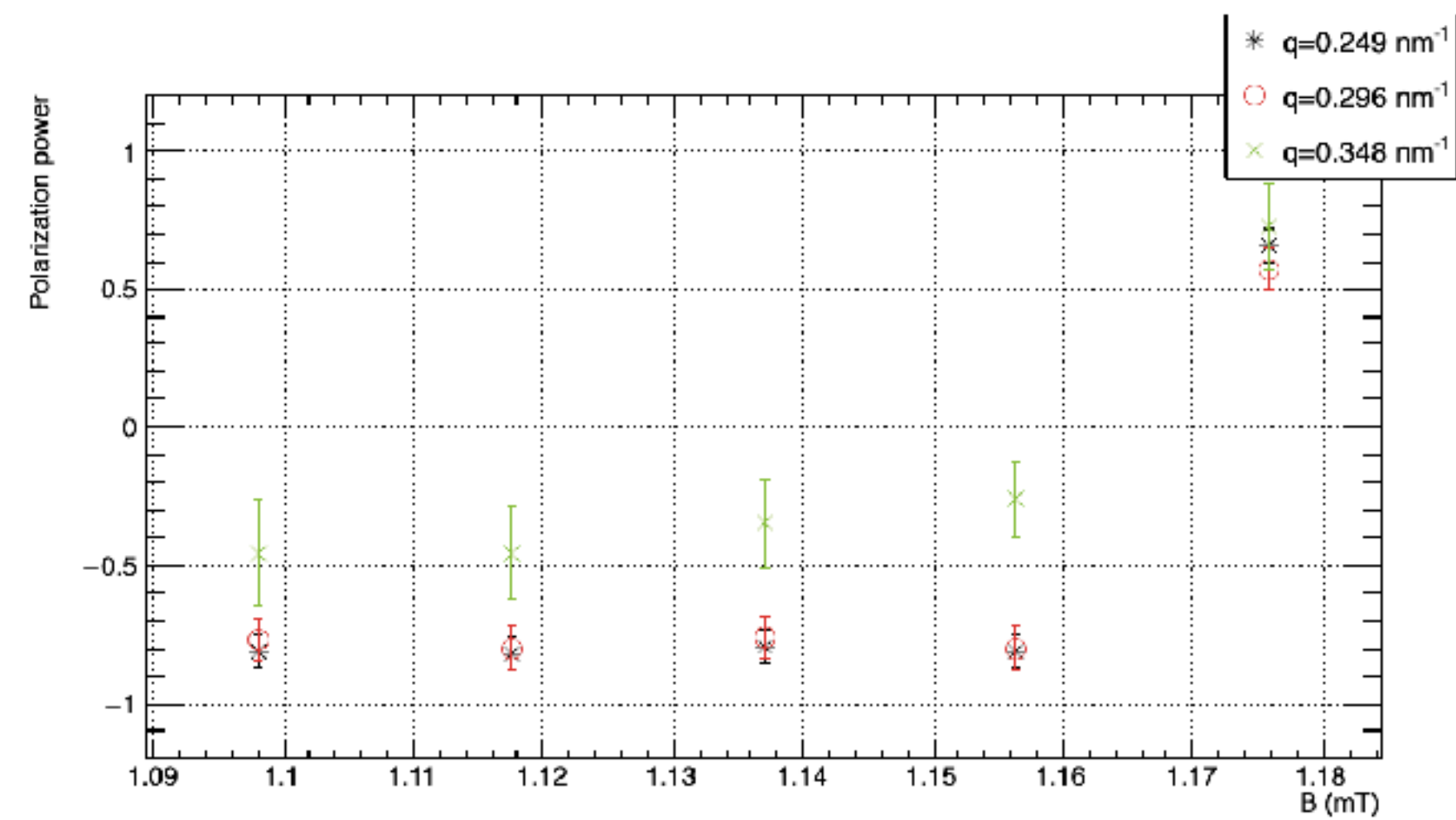
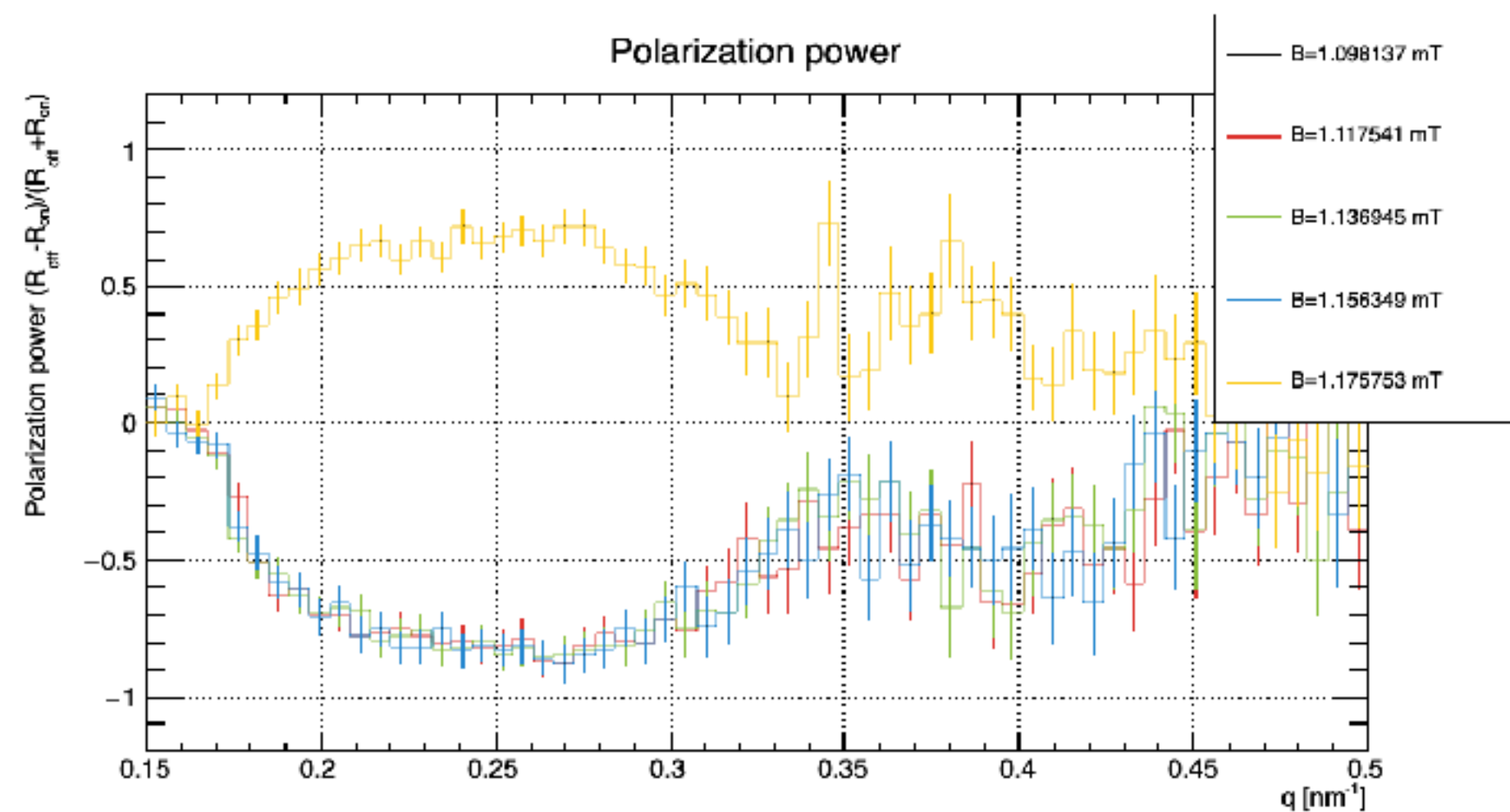
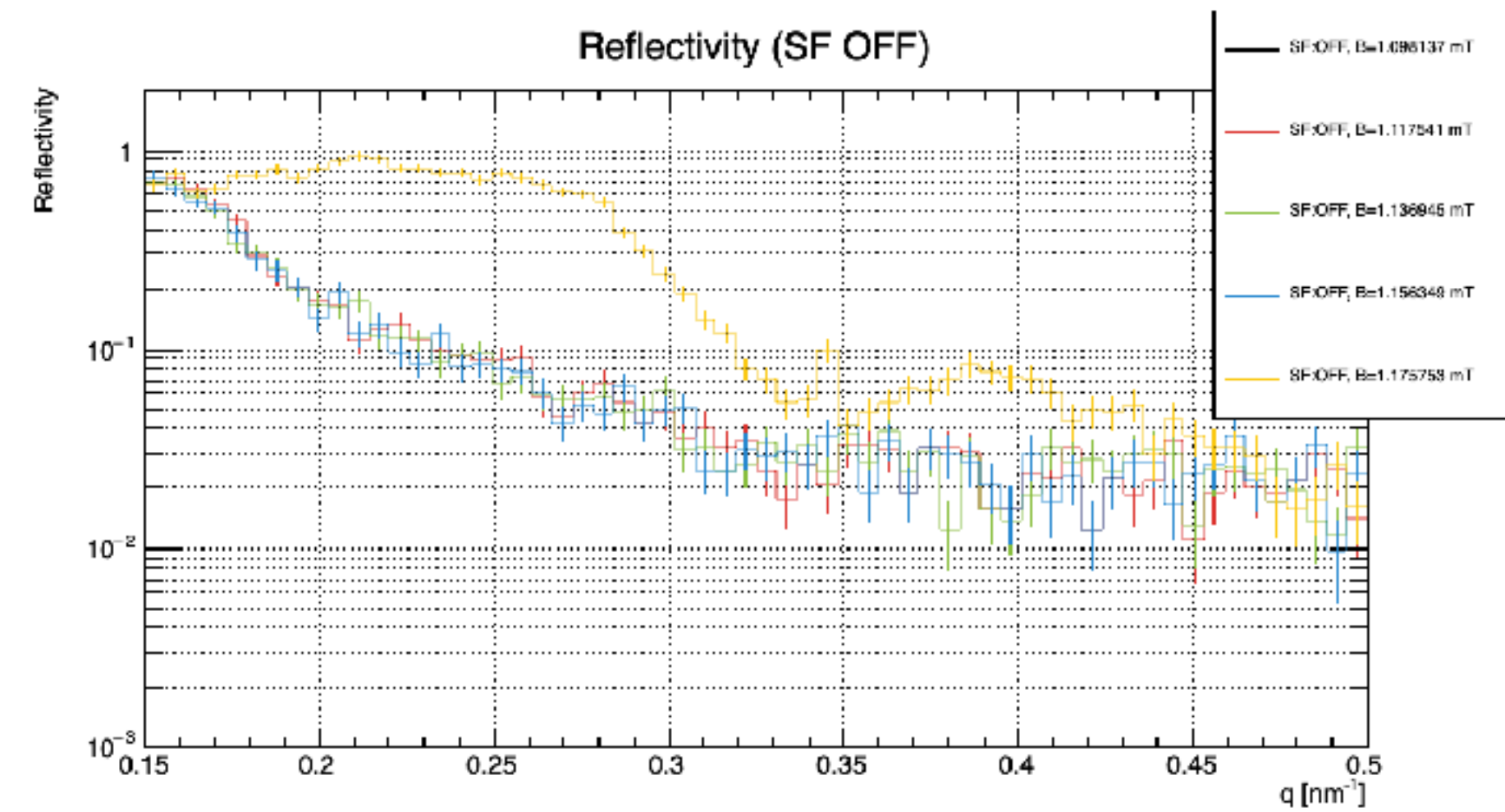
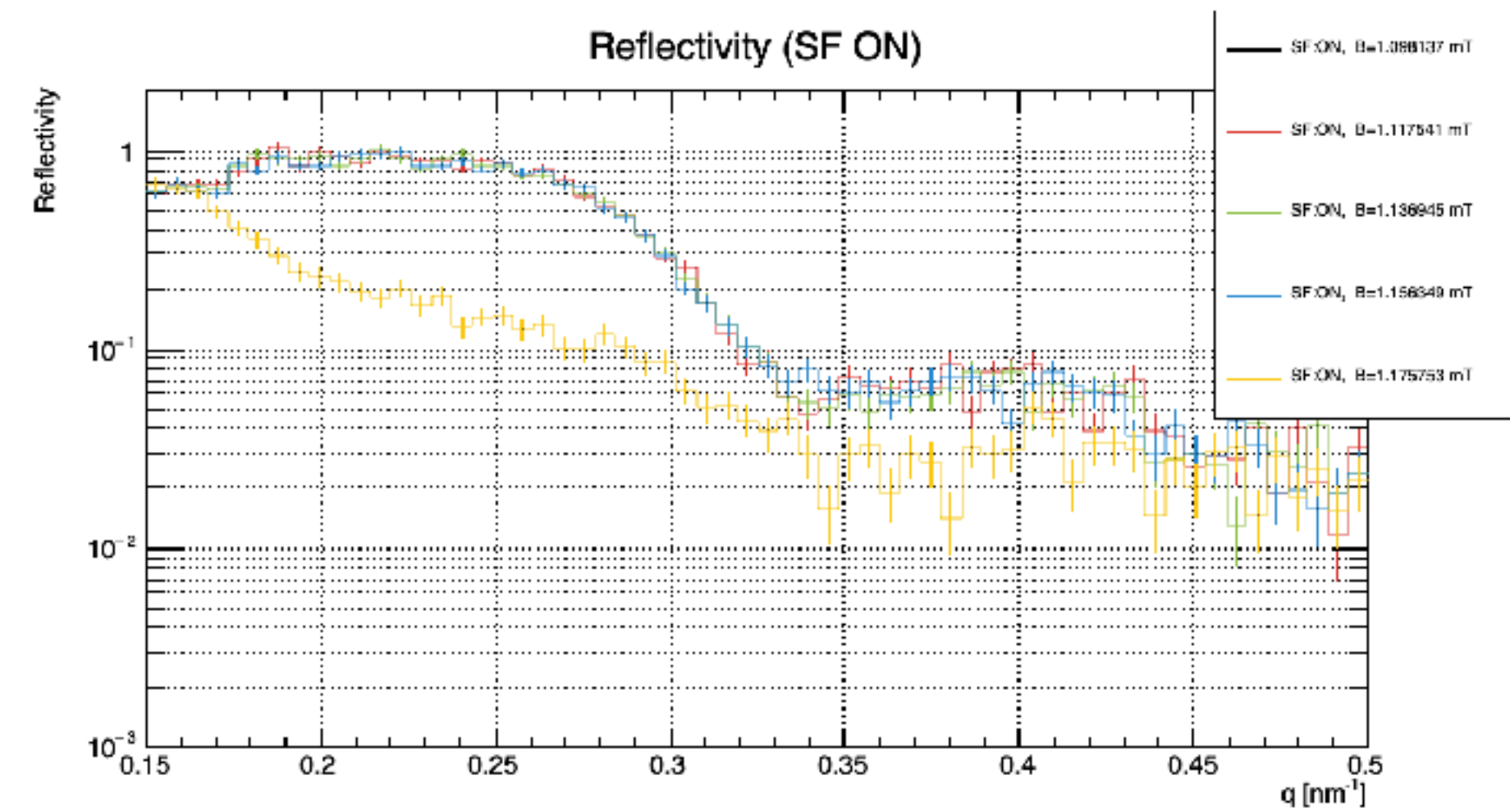
q-dependence of the polarization power (Fe 30nm)

Color coding by the magnitude of the magnetic field applied to the sample



1.4mTで磁化 VSM(~2mT)と比較すると系統的にずれている

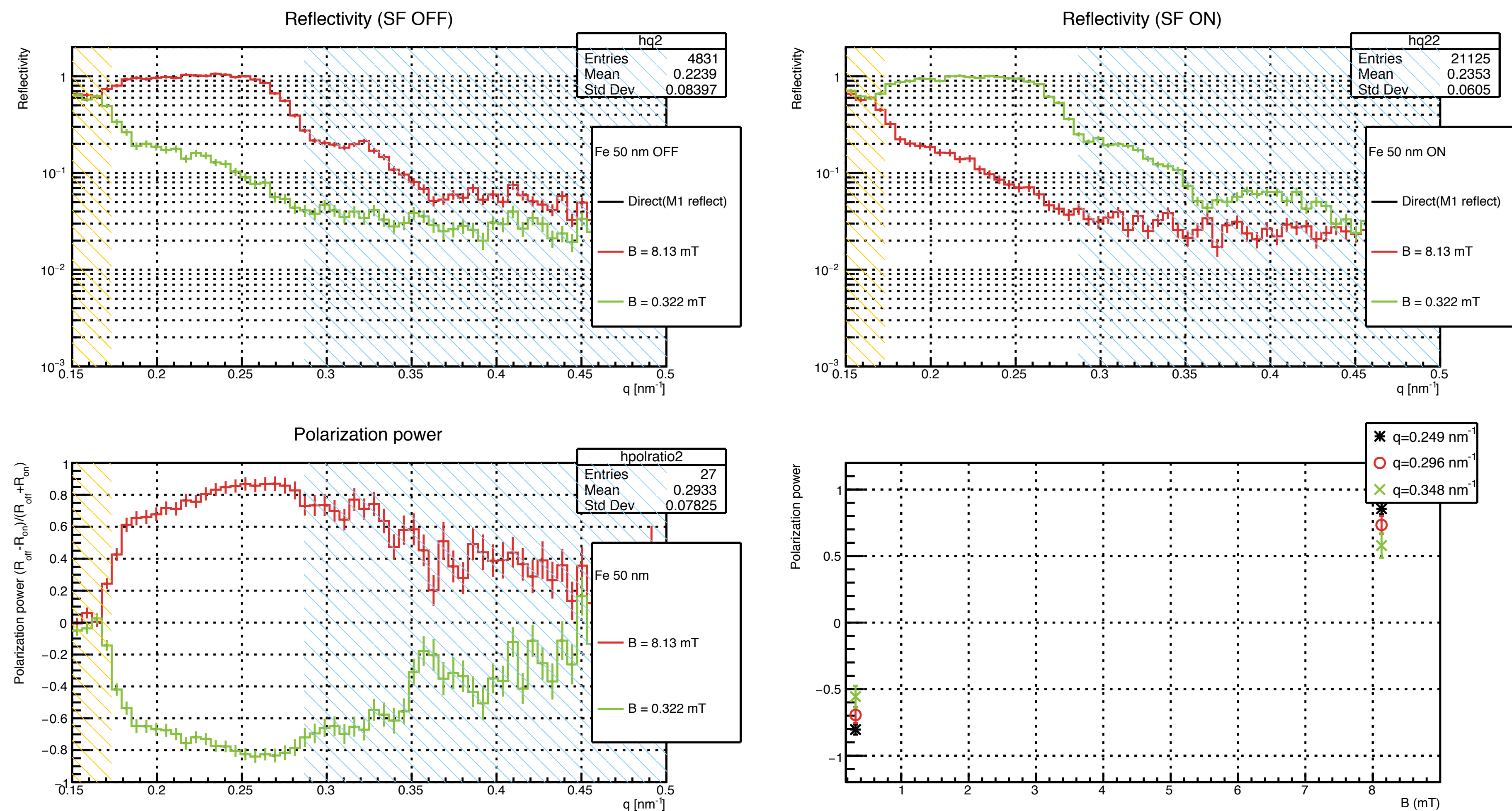
q-dependence of the polarization power (Fe 30nm) (automatic scan)



1.4mTで磁化 VSM(~ 2 mT)と比較すると系統的にずれている

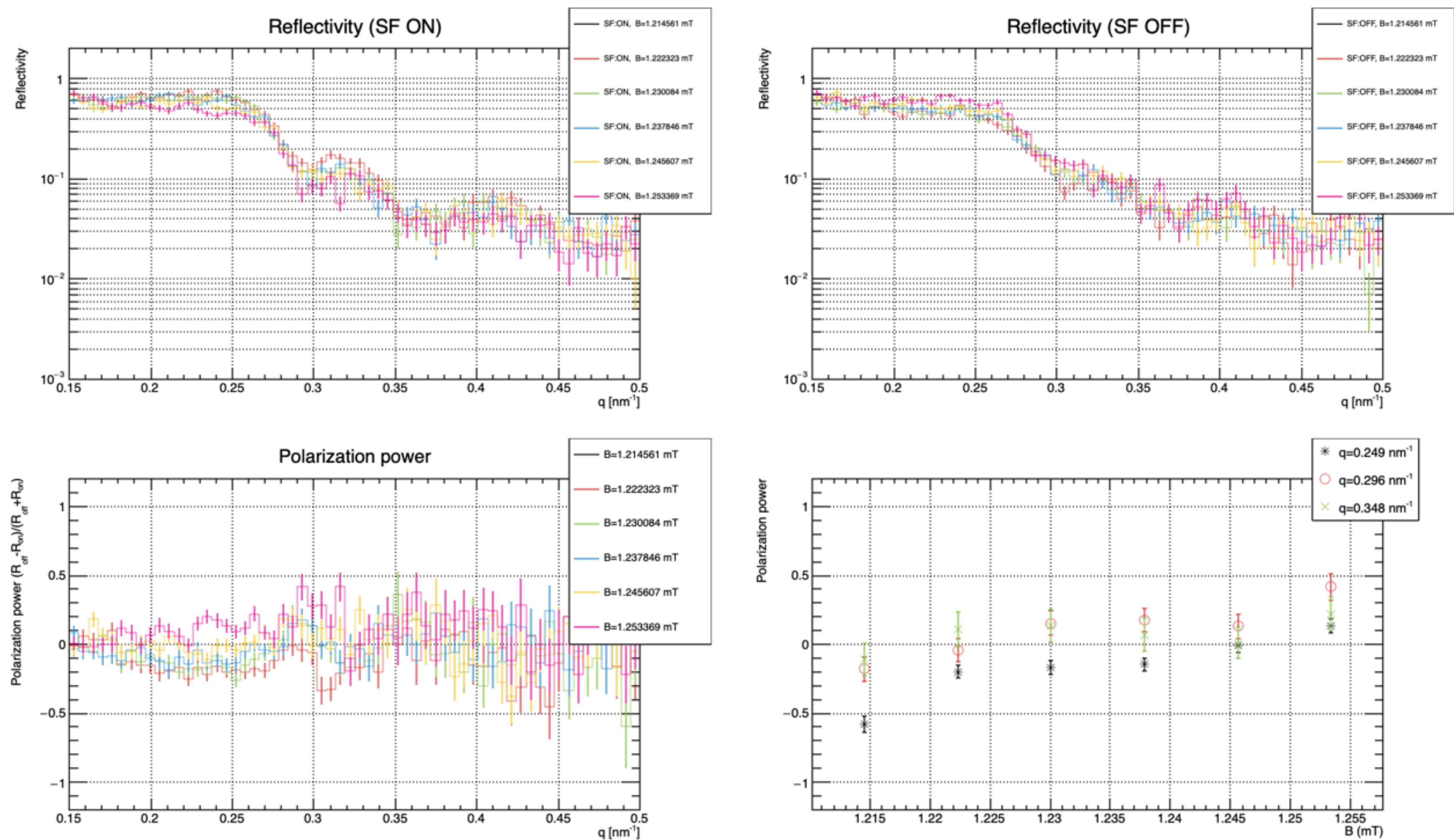
q-dependence of the polarization power (Fe 50nm)

Color coding by the magnitude of the magnetic field applied to the sample



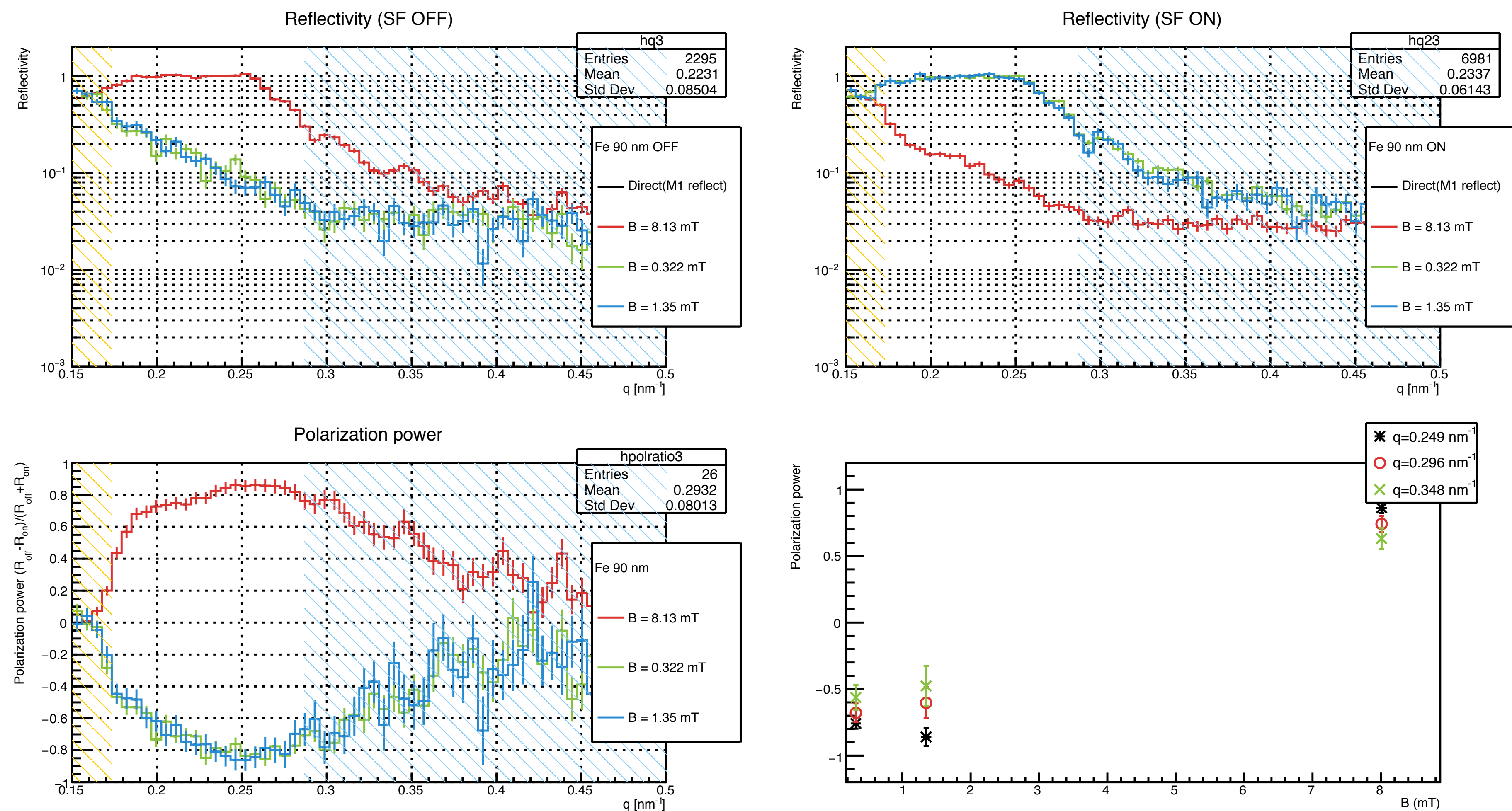
q-dependence of the polarization power (Fe 50nm)

(automatic scan)



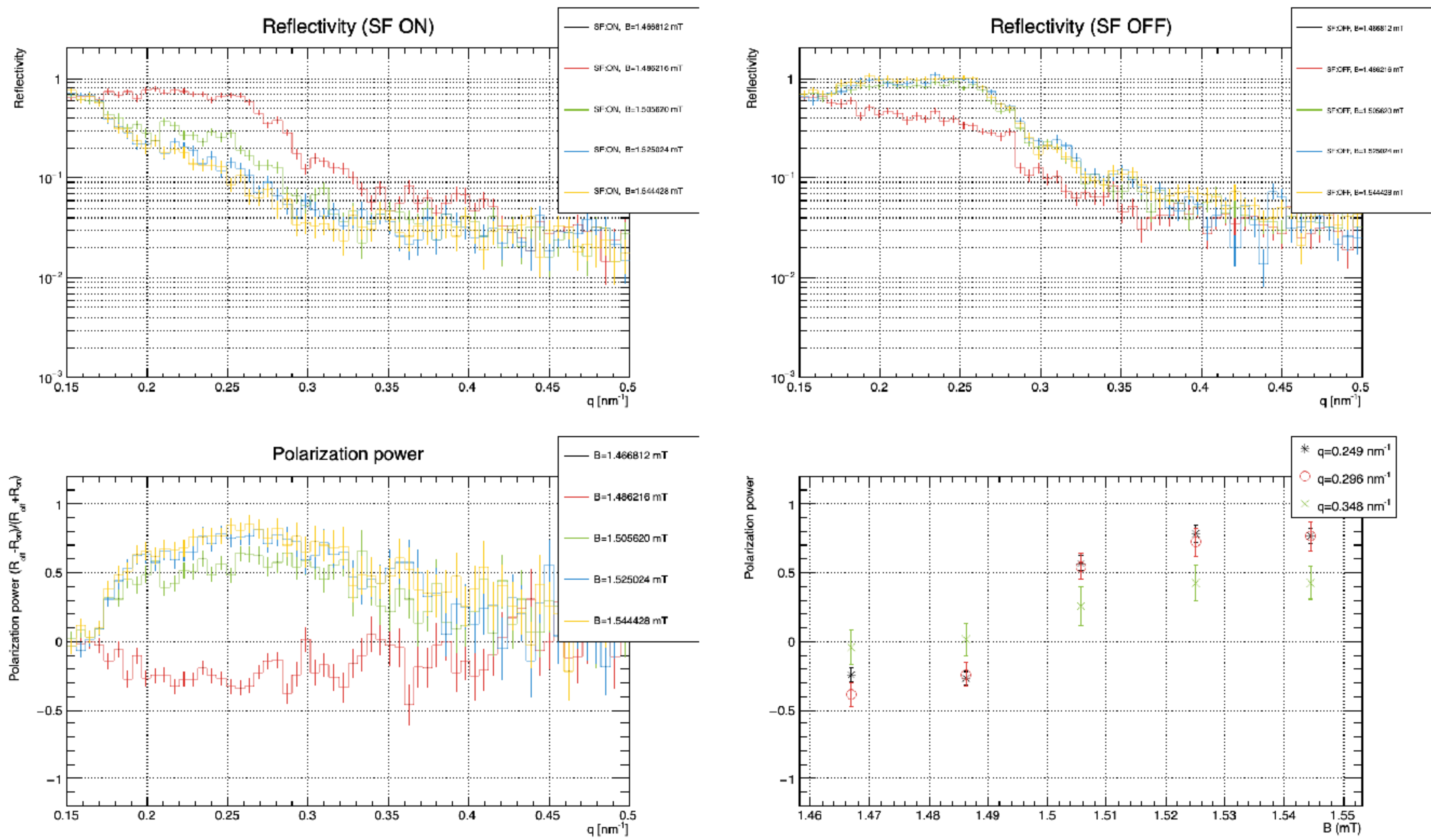
q-dependence of the polarization power (Fe 90nm)

Color coding by the magnitude of the magnetic field applied to the sample



q-dependence of the polarization power (Fe 90nm)

(automatic scans)



補正した電流による実験結果

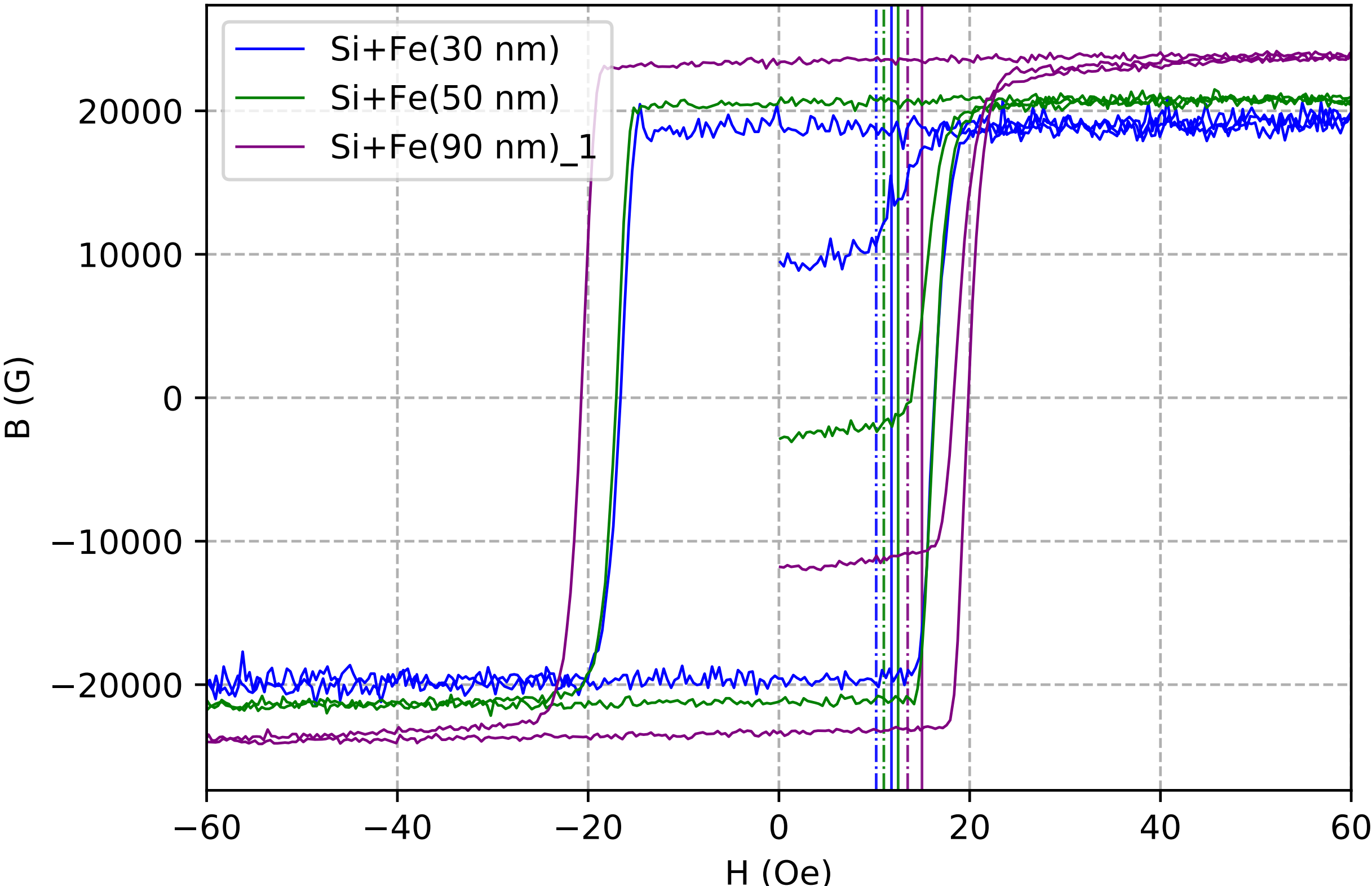
■ 転移が観測された電流値、対応する磁場

Sample	VSM の結果			中性子反射率測定の結果 (prelim.)		
	Hc (Oe)	Hs (Oe)	Bs (Oe)	It (A) (*)	H_k (Oe)	H_a (Oe)
a) Si+Fe(30 nm)	16.5	29.8	21553	0.190	11.8	10.2
b) Si+Fe(50 nm)	16.7	24.5	22373	0.207	12.5	11.0
c) Si+Fe(90 nm)	20.30	45.5	24879	0.265	15.0	13.5

- (*): 実際の印加電流値に補正済み
- H_k: 北口さんのデータによる電流磁場較正
- H_a: 今回の測定に基づく電流磁場較正

■ B-Hカーブに図示

- 実線: 北口さんのデータに基づく較正
- 破線: 今回の測定に基づく較正



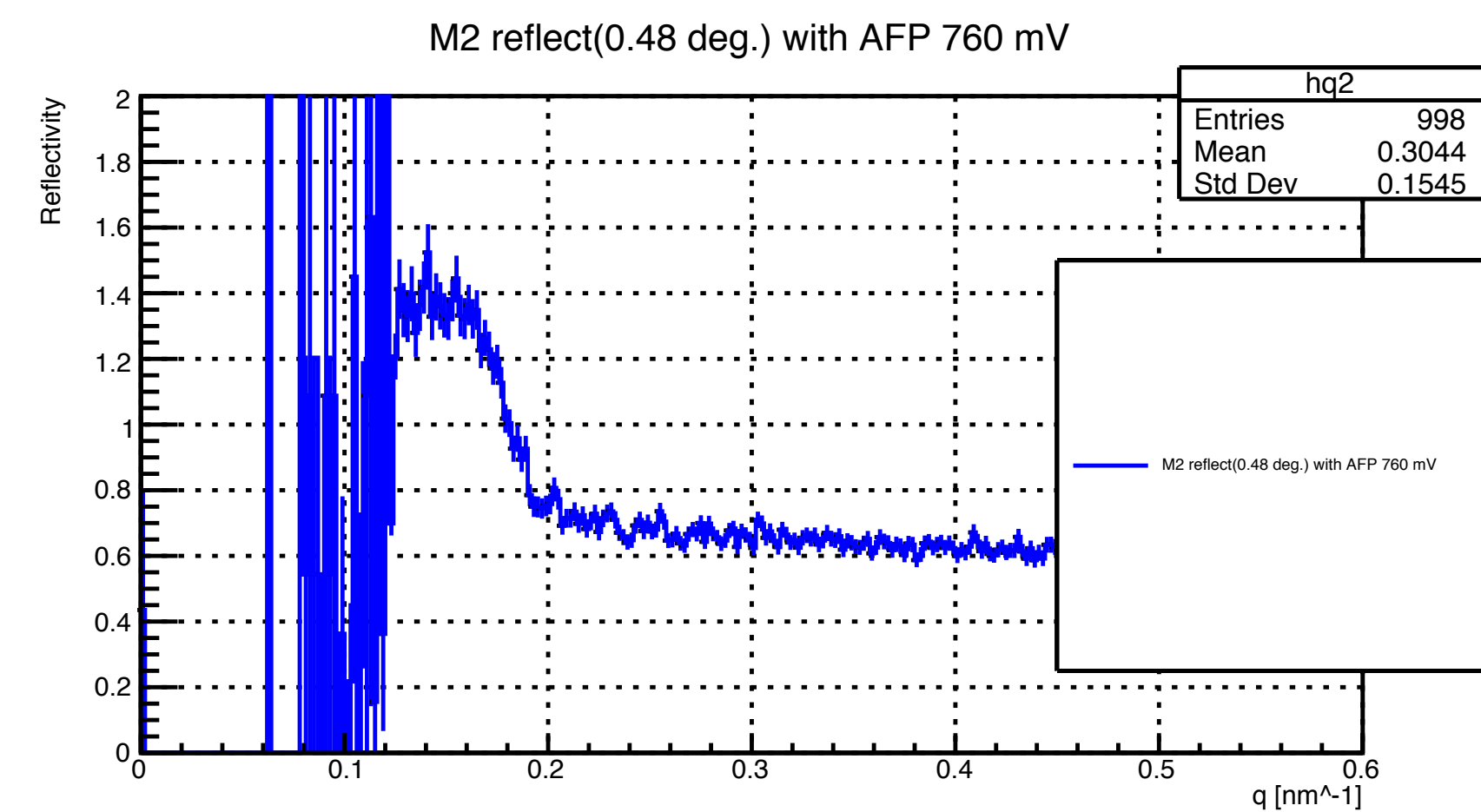
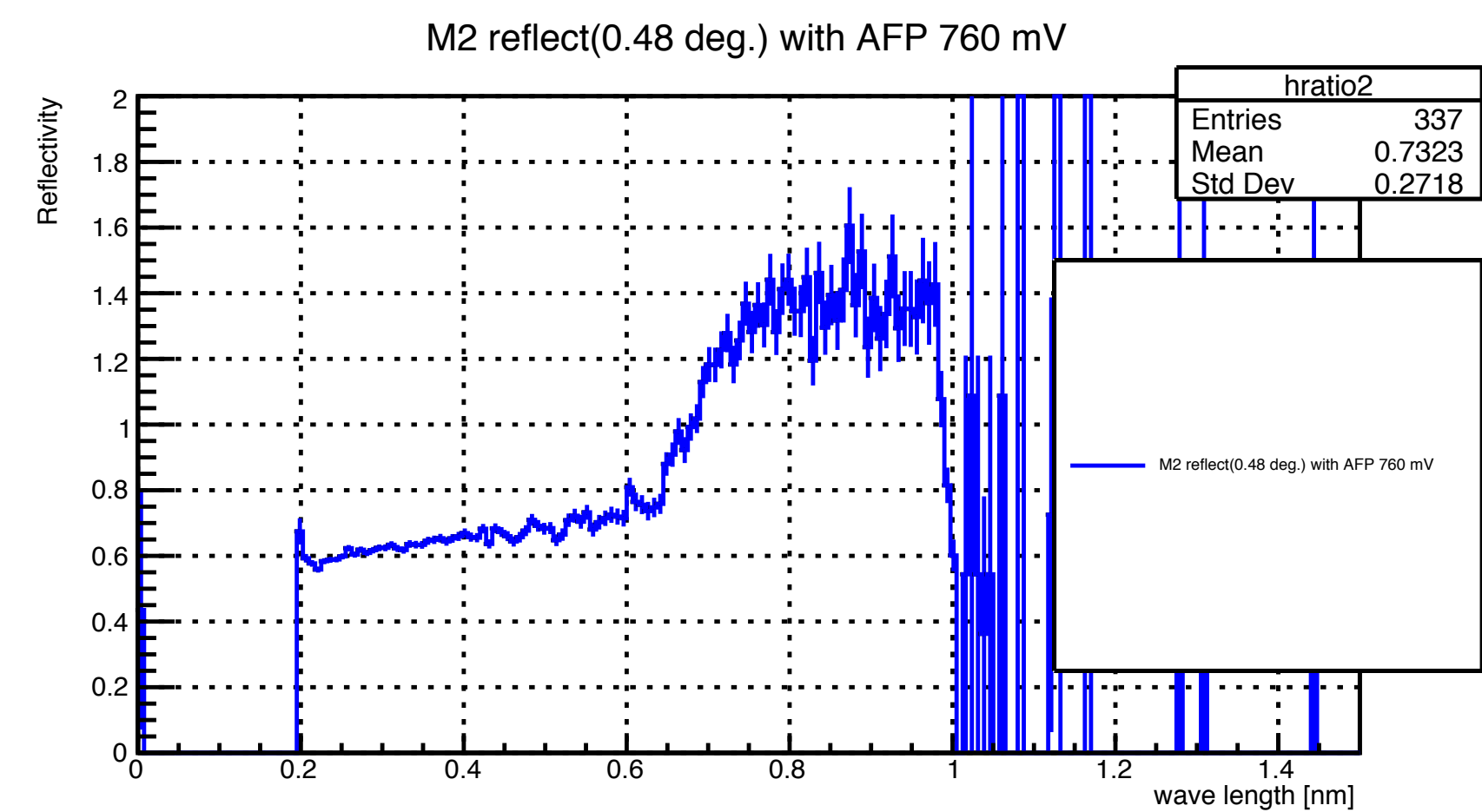
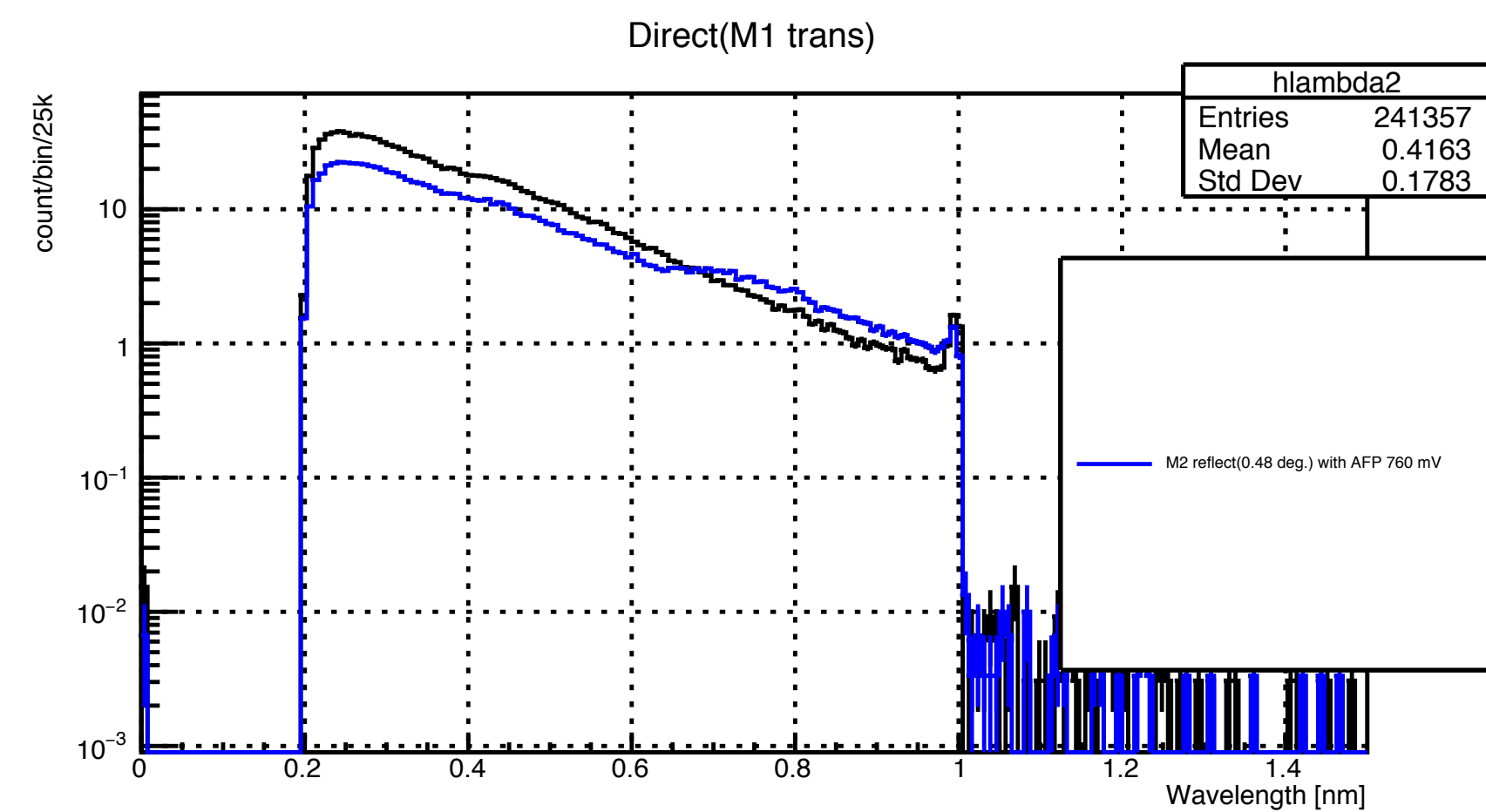
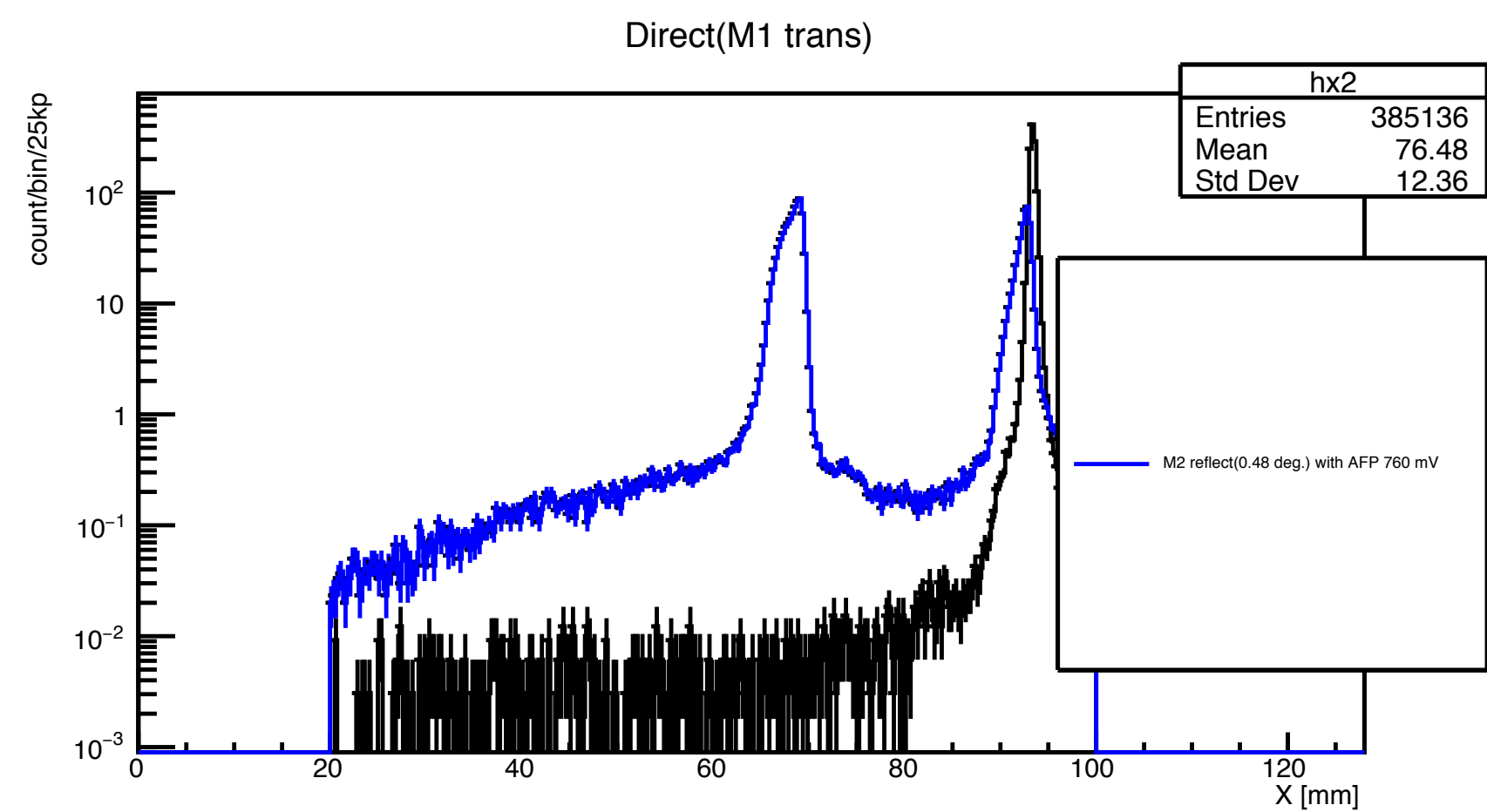
まとめ

- 中性子反射率計で鉄薄膜30 nm, 50 nm, 90nmを印加する磁場を変えて測定した
- VSMと中性子反射率計の結果を比較したところ、立ち上がりの磁場に系統的な違いがあった

京大炉実験に向けて

- やりたいこと
ヒステリシスが鈍っていたサンプルの測定 (中性子反射率計)
- セットアップについて (必要なもの、治具、偏極ミラー?)
- フラックスがどの程度か (統計)
- M1の反射率がわからない
全部なし、M1のみのデータがあるがうまくいかなかった

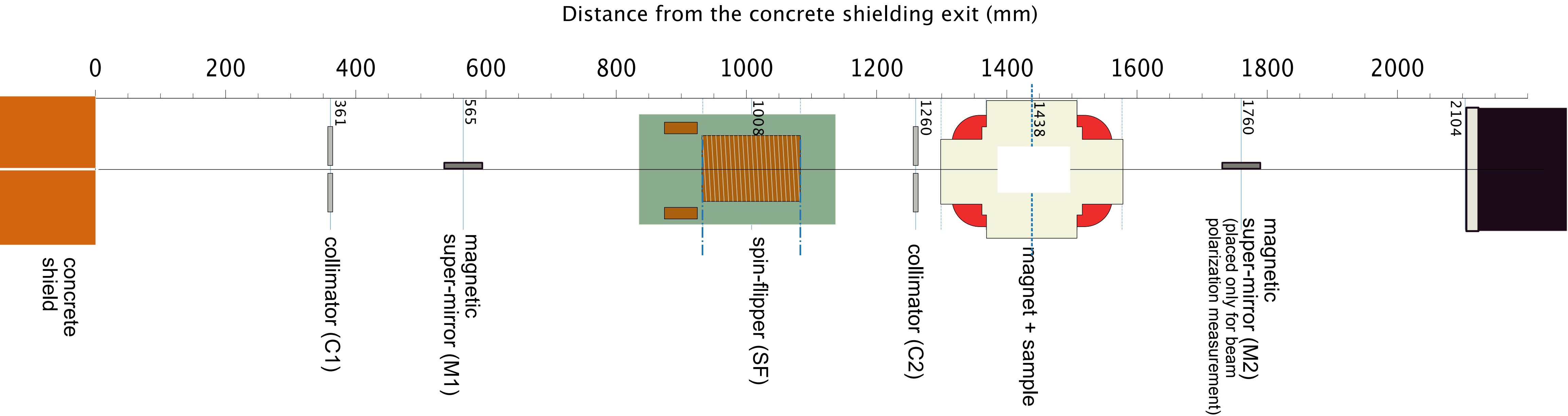
M1について(保留)



Back up

- セットアップ
- 何も置かないスペクトル
- m_1 のみ、 m_1, m_2 のみ、サンプル
- 1枚目に置いていないダイレクト？
- 厚さ？
- M_1 のみのデータが良いのがない

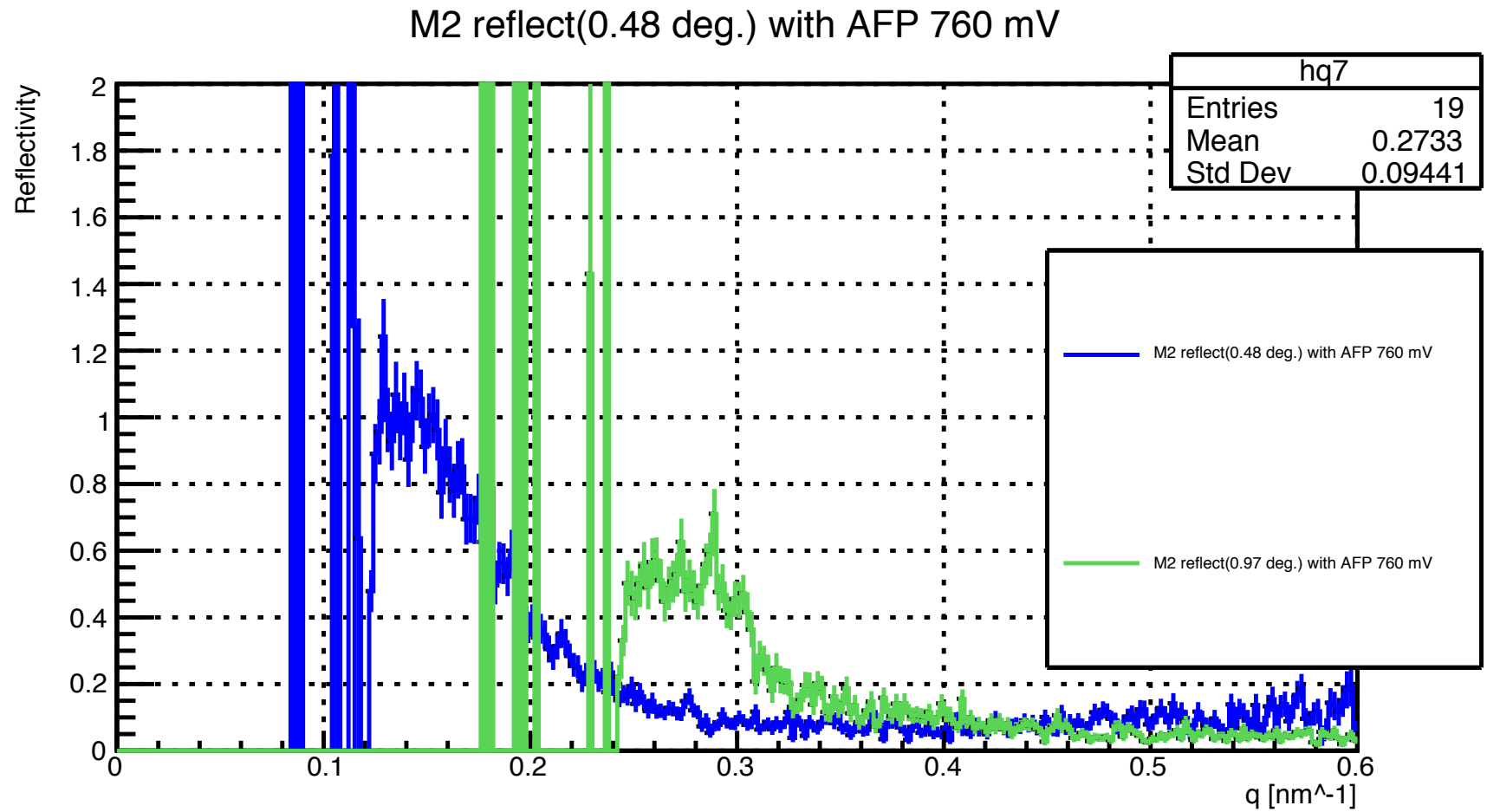
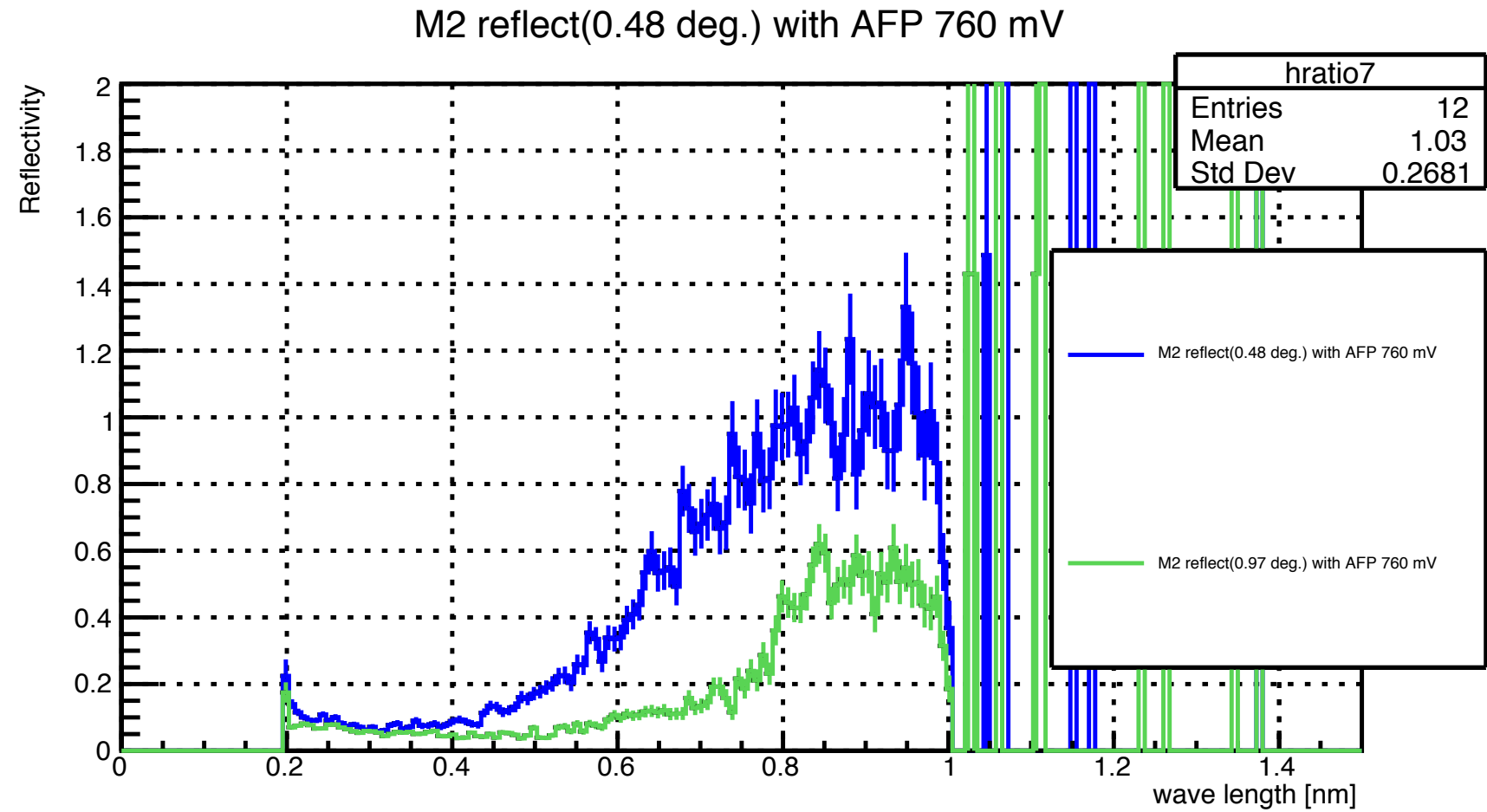
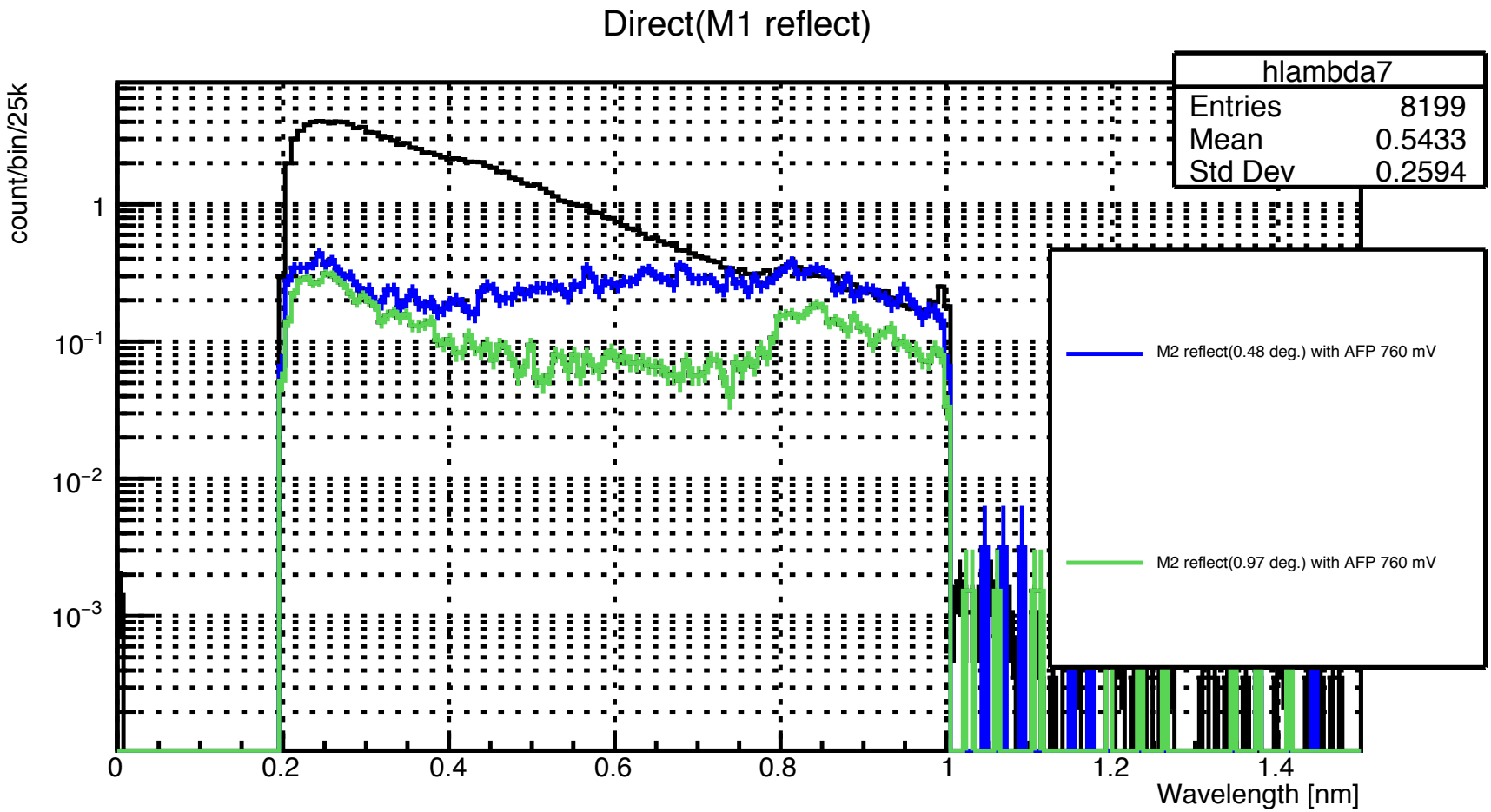
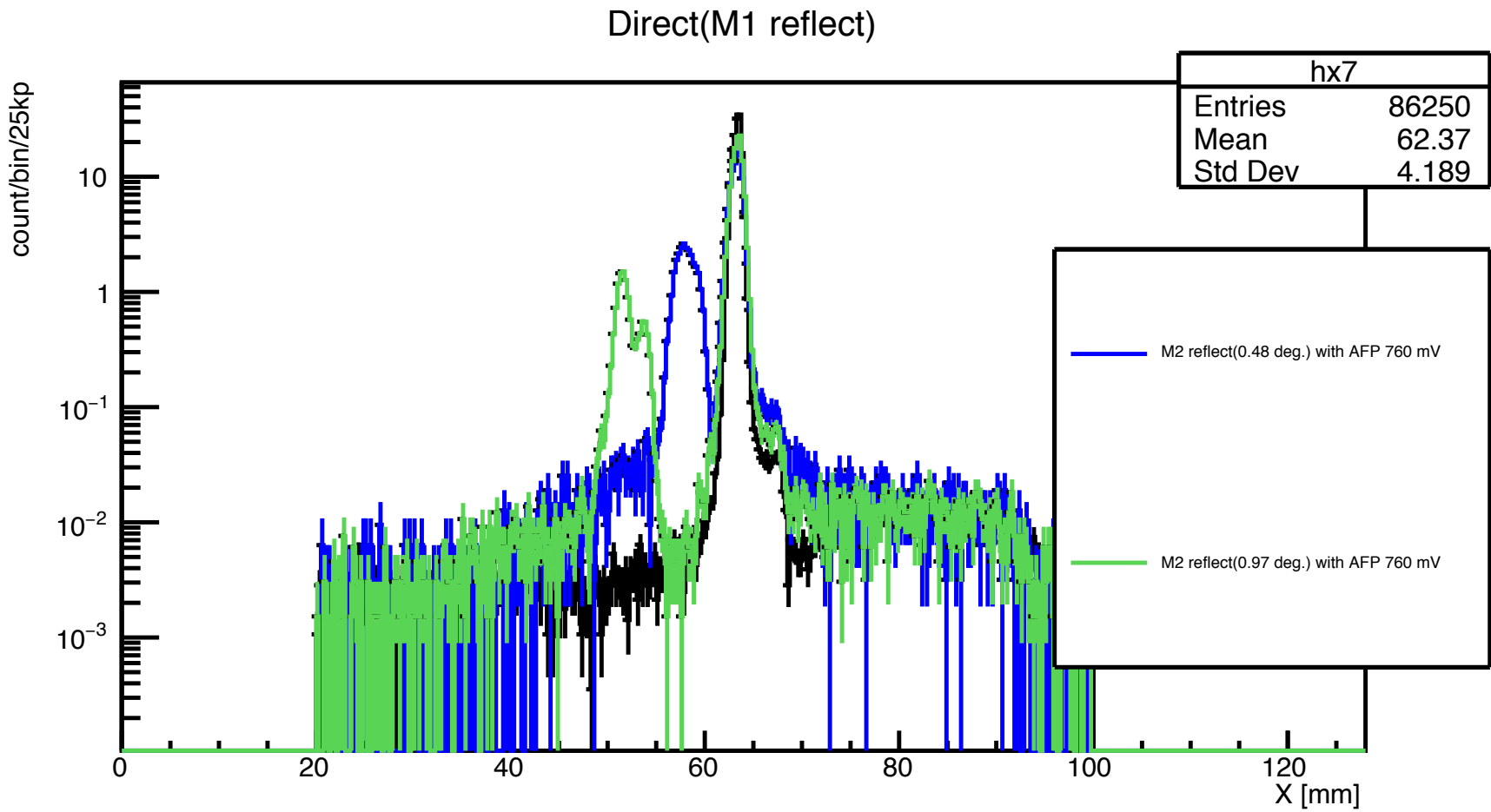
Setup (Comparison of incidence angles with different m2)



Comparison of incidence angles with different m2

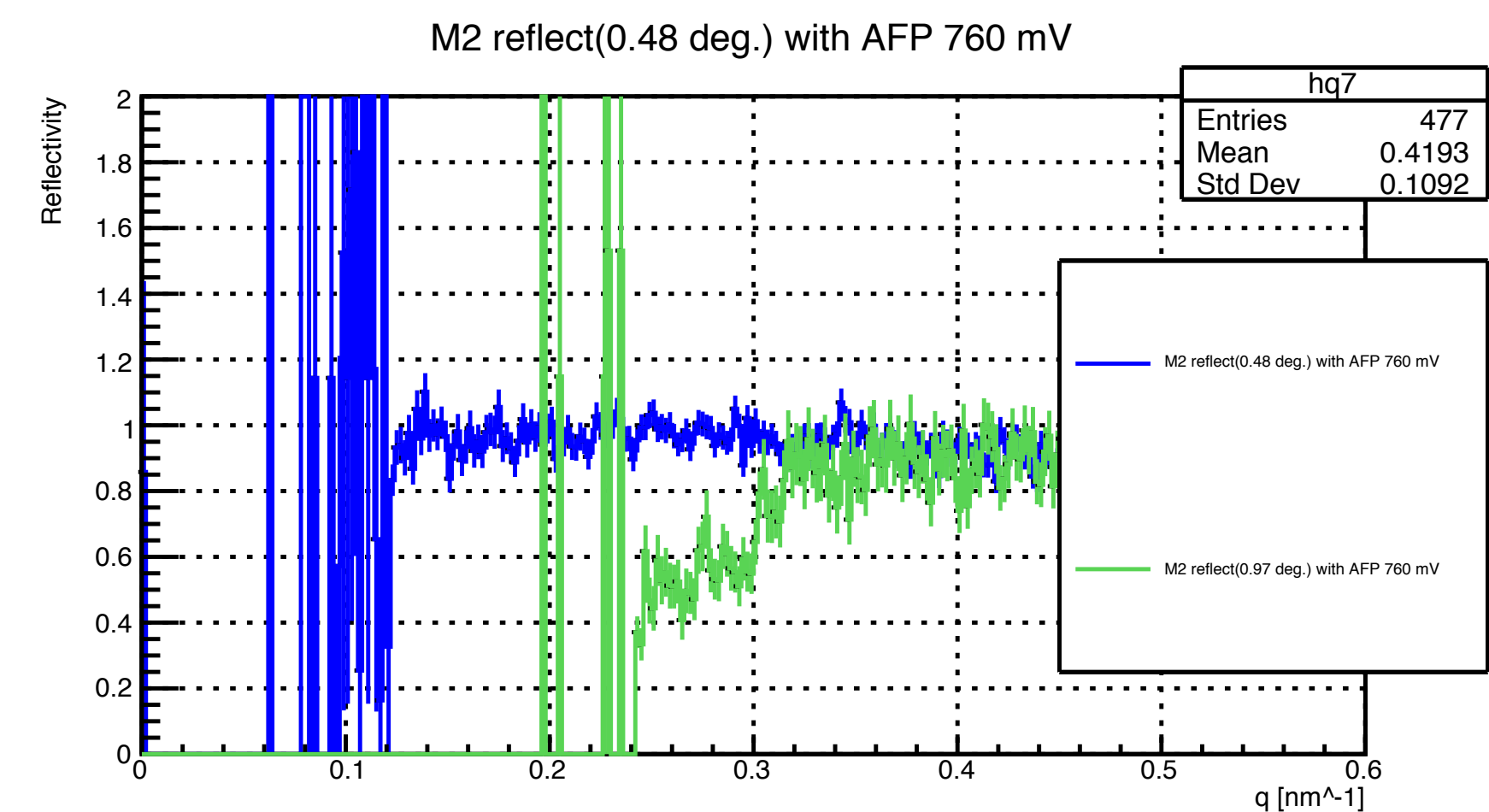
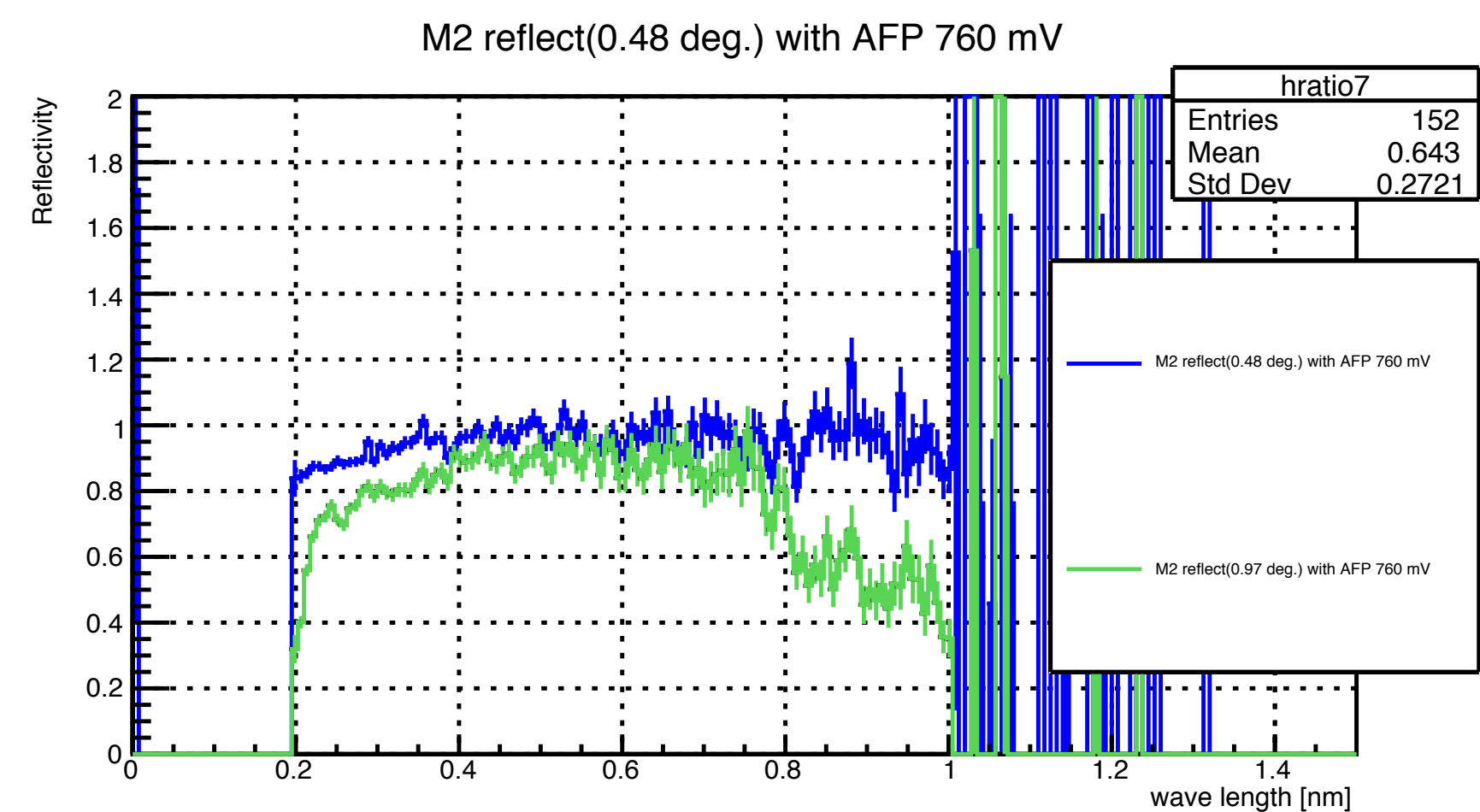
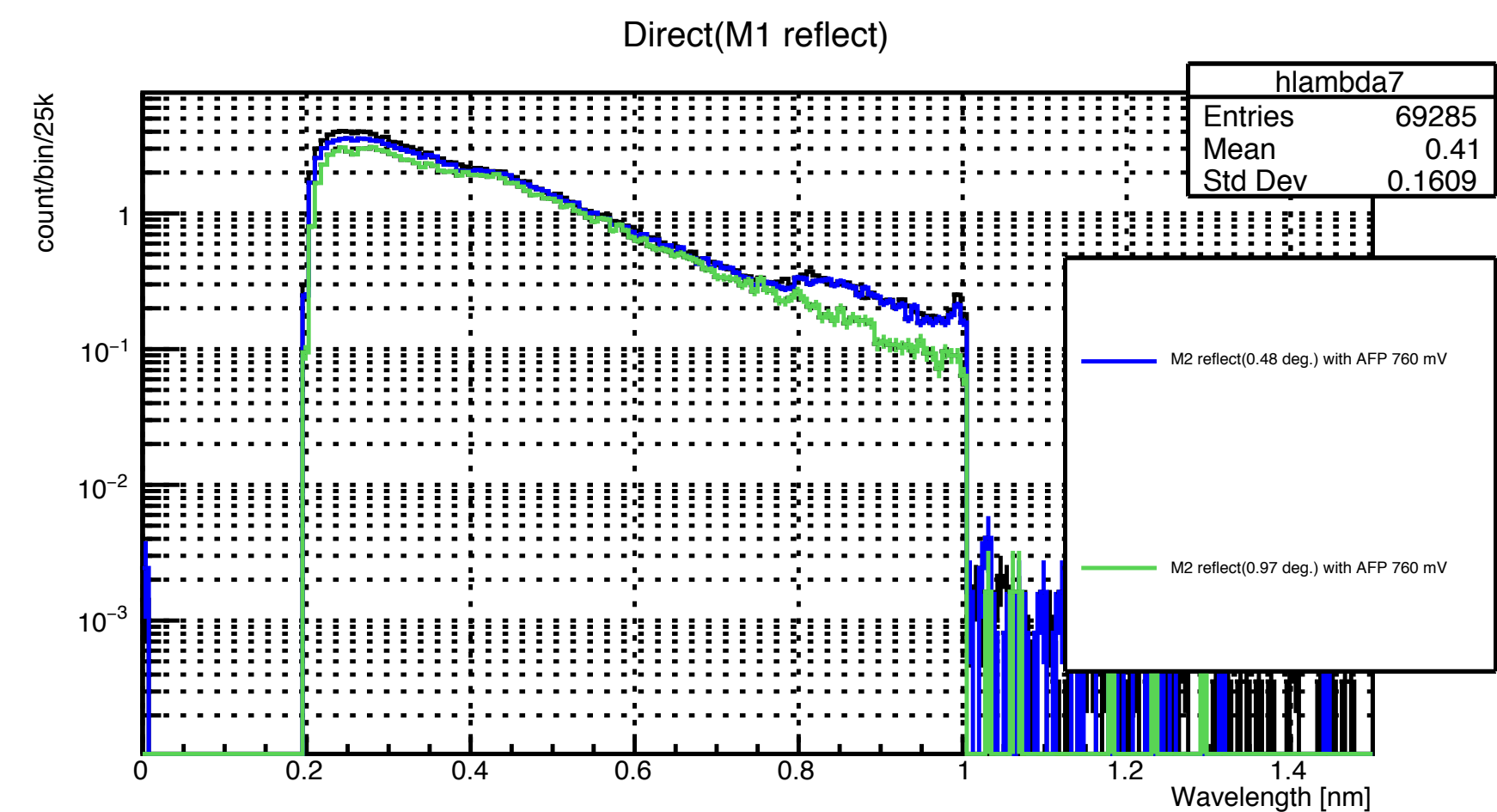
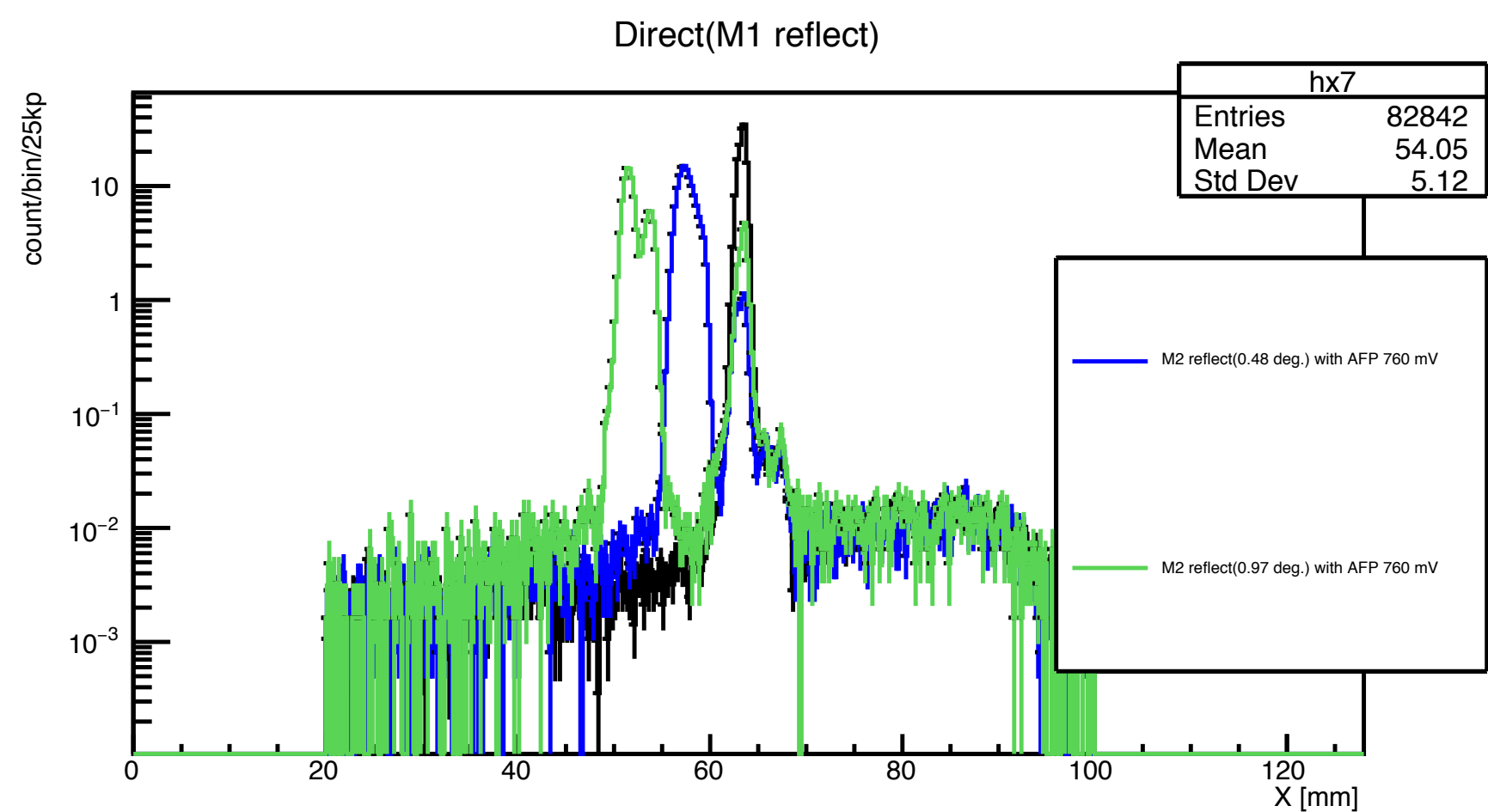
incidence angle m2 **0.48deg** vs **0.97deg** (8.01mT, AFP ON)

上流のミラーの角度は？
二個の臨界角が求まる
・スピンupのみ全反射
updown両方全反射



Comparison of incidence angles with different m2

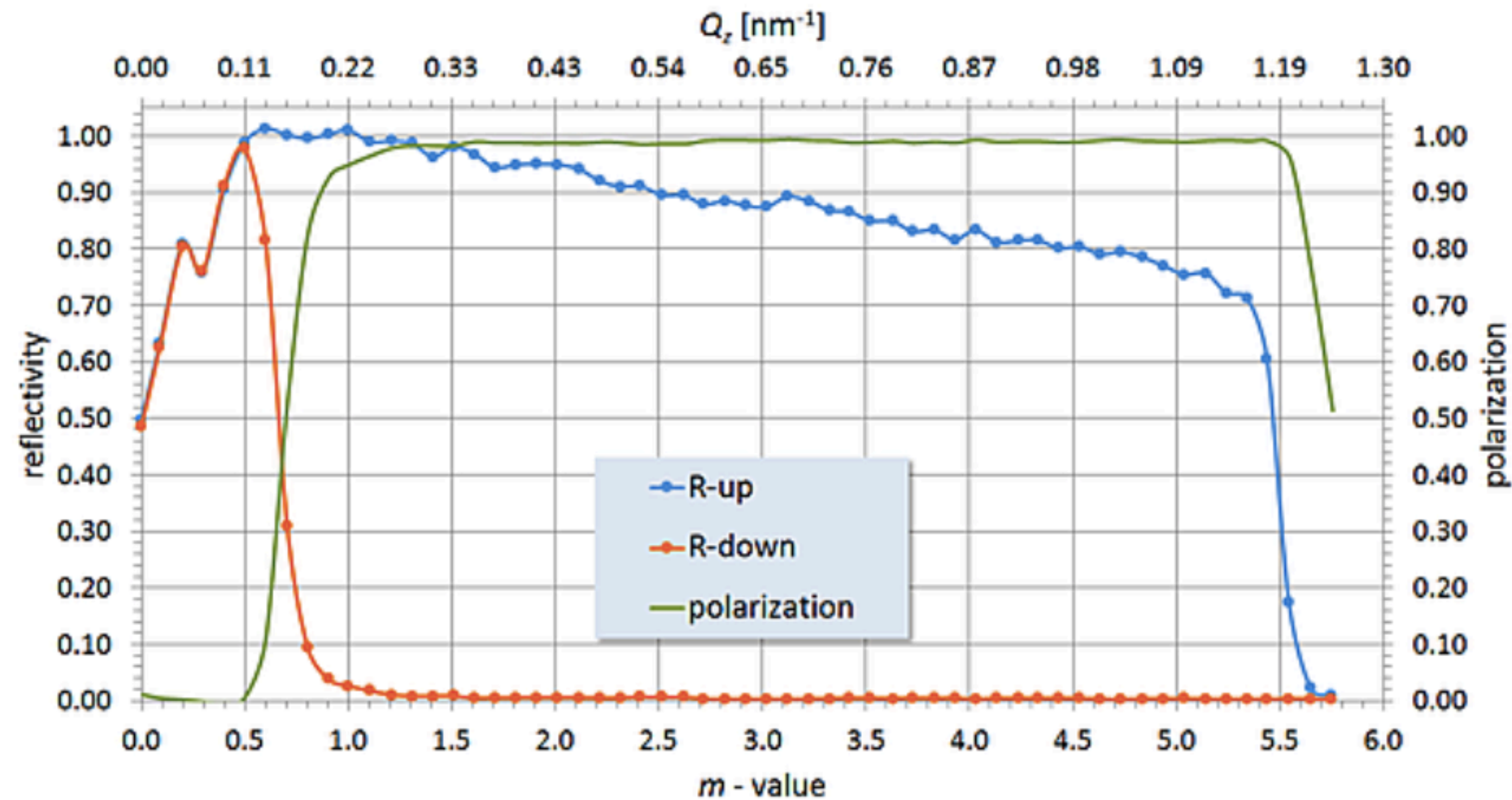
incidence angle m2 0.48deg vs 0.97deg (8.01mT, AFP OFF)



ミラーの性能

$0.3 < q < 1.1$ であれば偏極率 $P \sim 1$ 、 $q \sim 0.2$ で $P > 0.9$

Fe / Si polarising supermirror



Spin dependent reflectivity and polarization of a Fe/Si polarizing supermirror $m = 5.5$

Determination of peak position

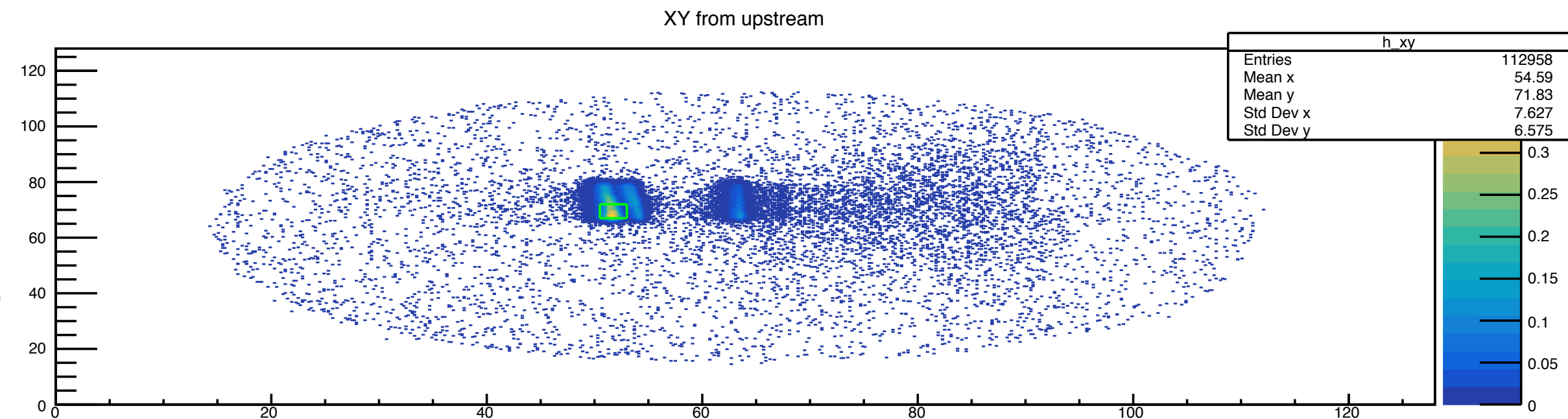
Determine the peak from the average of the histogram over the selected range

範囲の選択の仕方によって
±1 mm程度ずれてくる(選択範囲を示す)

$$2 \sin \theta_{m_2} \sim \frac{x_{\text{peak}} - x_{\text{direct}}}{x_{m_2 \sim \text{det}}}$$
$$= \frac{\sqrt{1^2 + 1^2}}{344} = 0.0041$$
$$q_{\text{error}_{\text{max}}} = \frac{2\pi}{0.2} \times 0.0041 \sim \pm 0.13$$

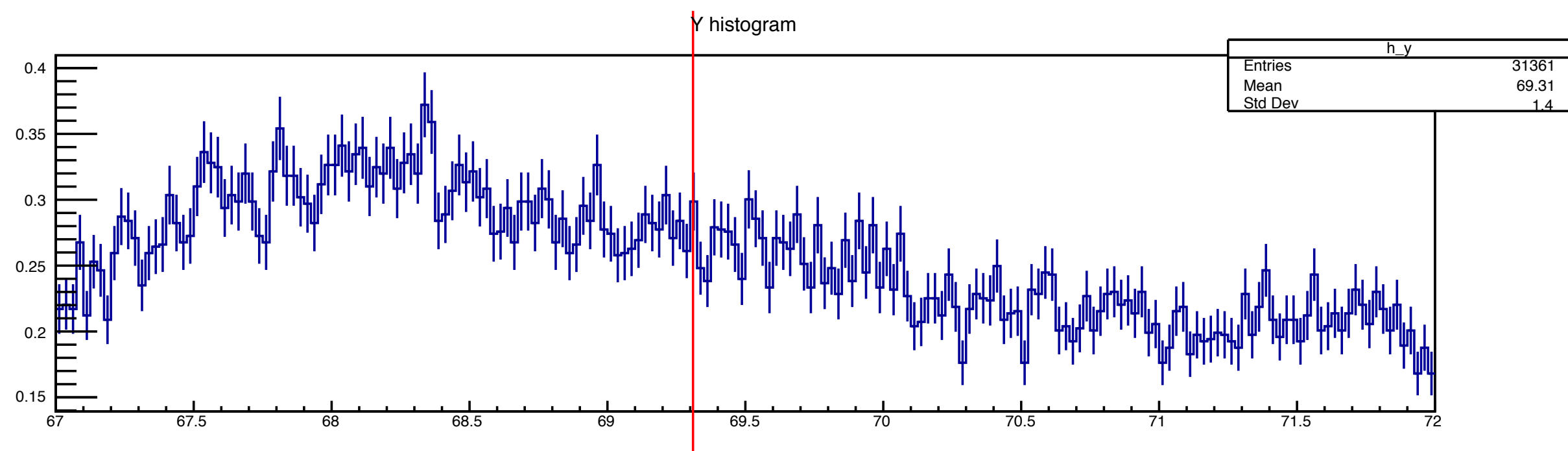
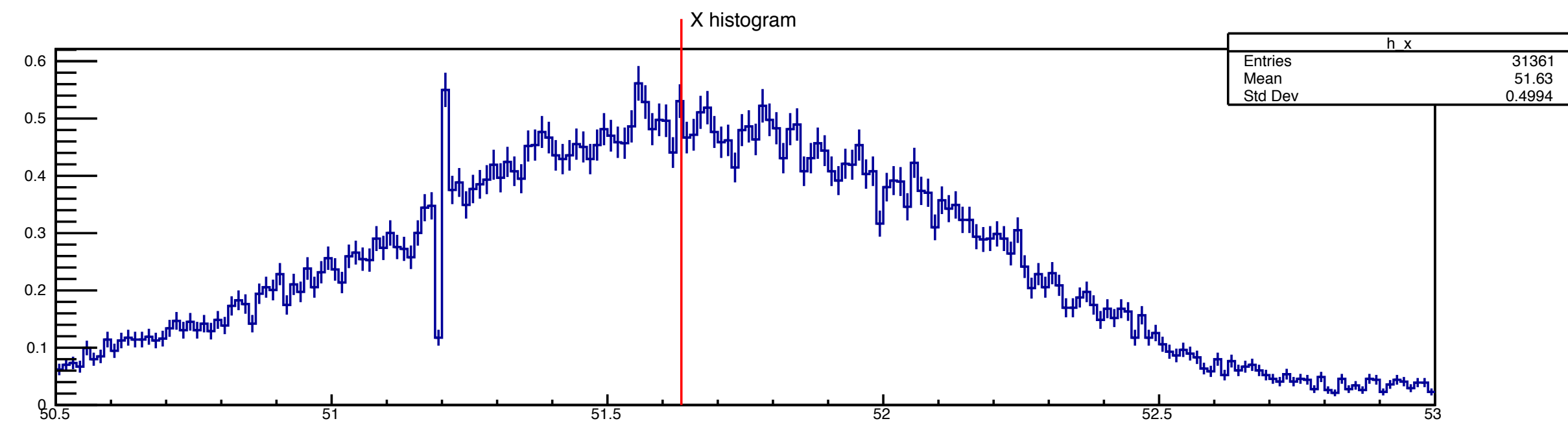
どのようにピークを決定すべきか？

サンプルを変えた時にqがずれてくる



$$q = \frac{4\pi \sin \theta}{\lambda}$$

$$\lambda(0.2 \sim 1 \text{ nm})$$



磁場測定と業者の測定と比較

妥当性を検証？ 残差のプロット？ 磁場を変える精度が3%ある？

- 業者の測定

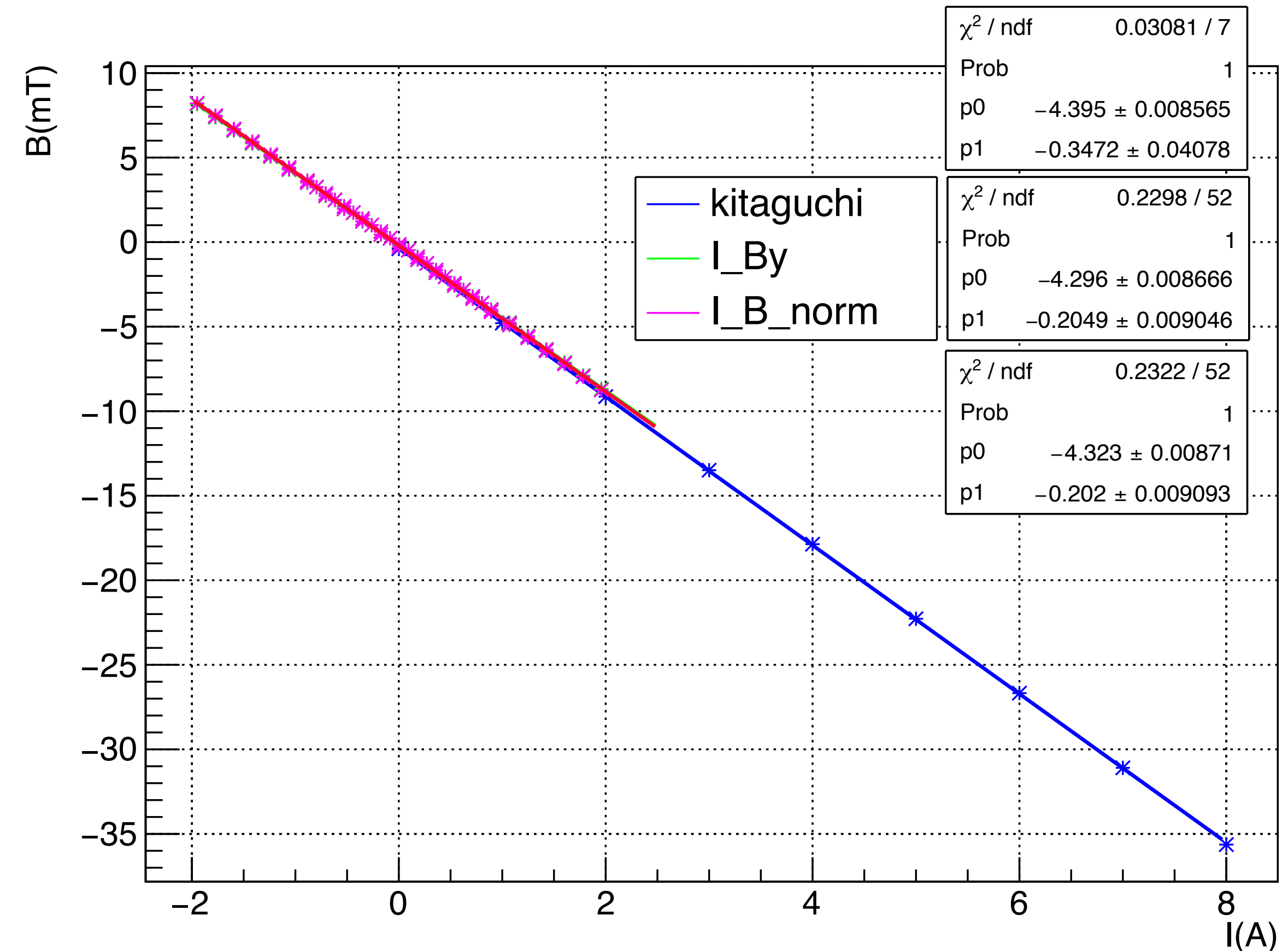
$$B_{\text{kitaguchi}}(\text{mT}) = -4.395(9) \frac{\text{mT}}{\text{A}} I_{\text{real}} - 0.34(4)$$

- 今回の測定(y方向)

$$B_y(\text{mT}) = -4.296(9) \frac{\text{mT}}{\text{A}} I_{\text{real}} - 0.205(9)$$

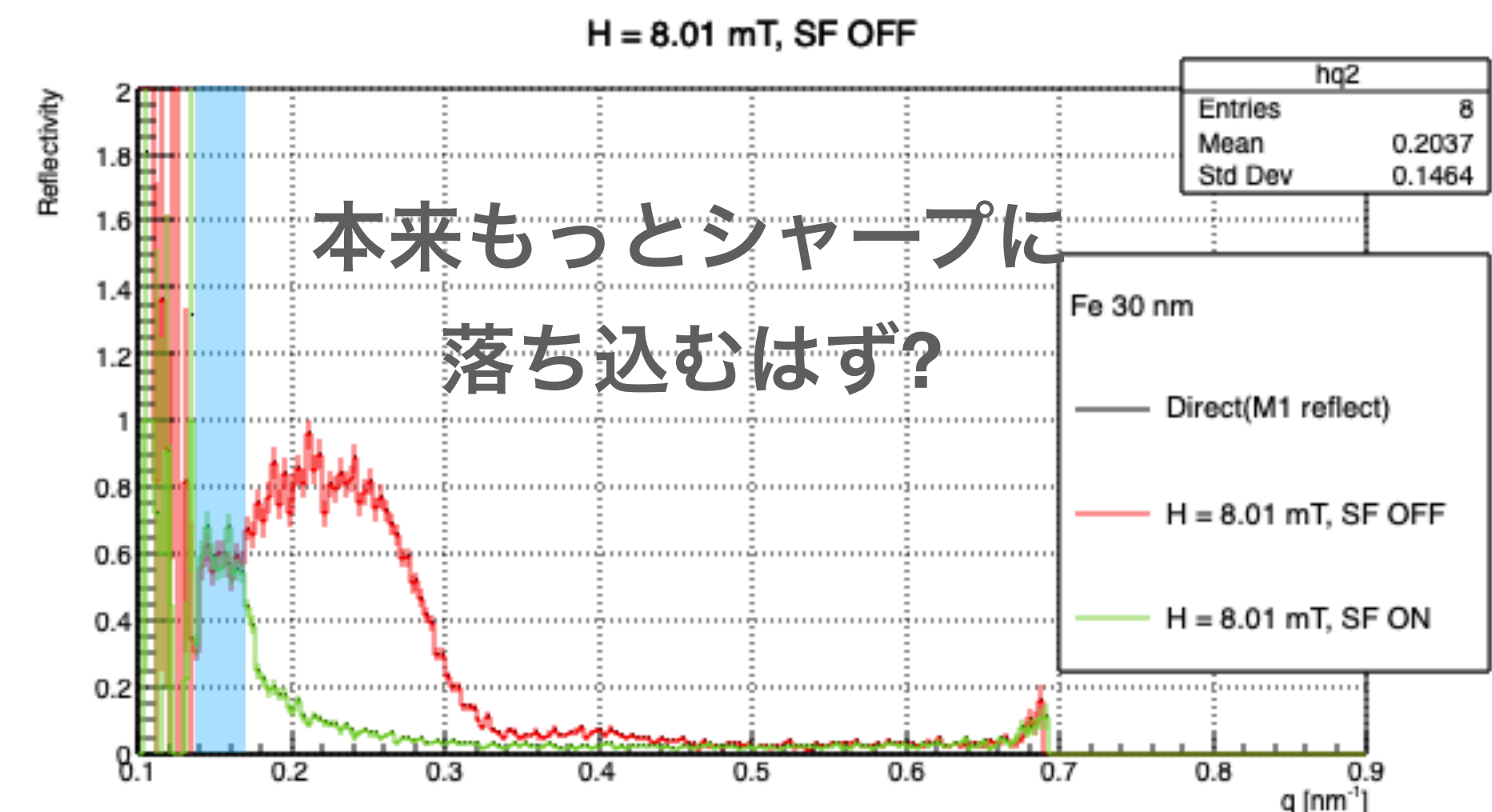
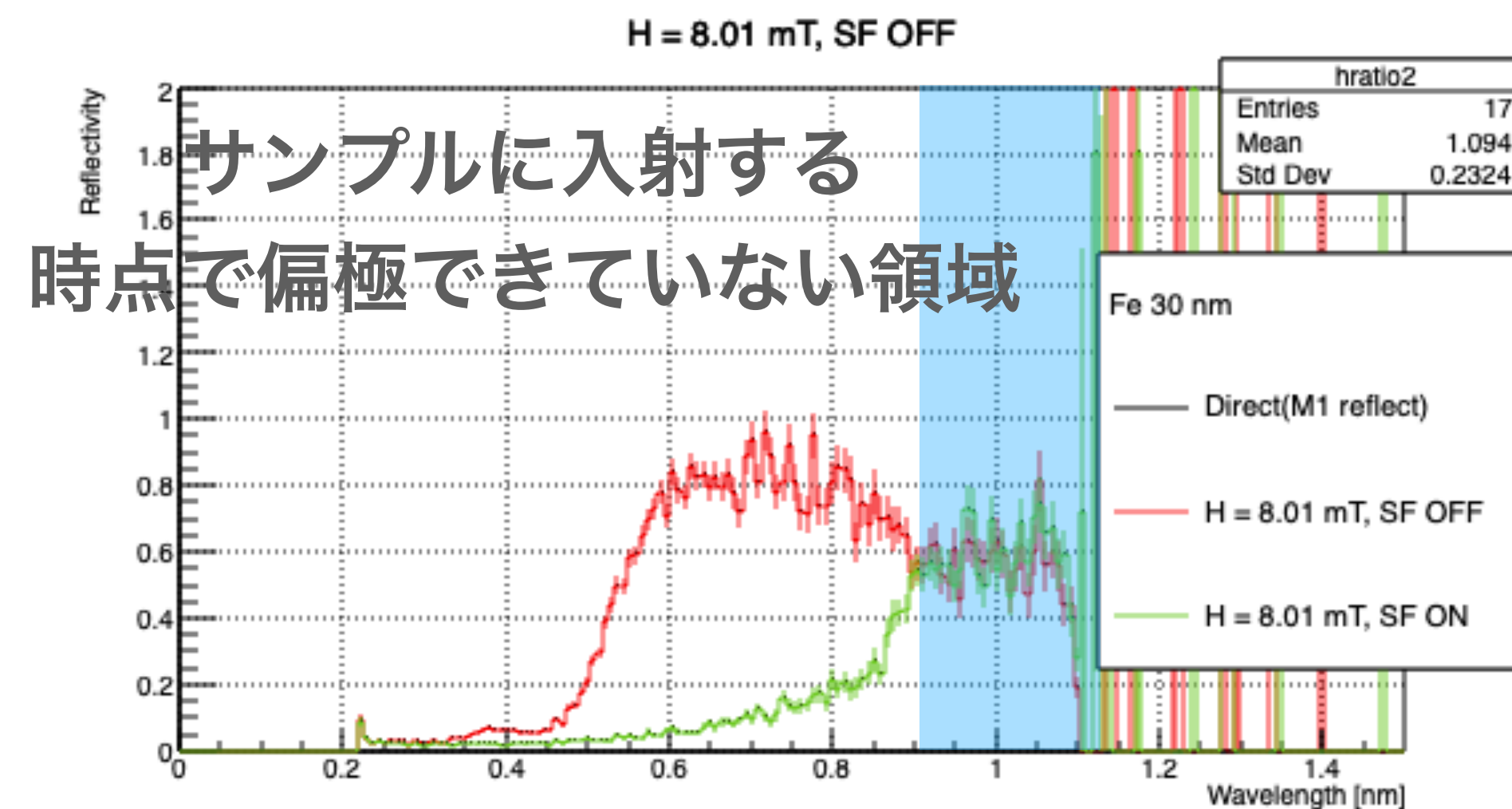
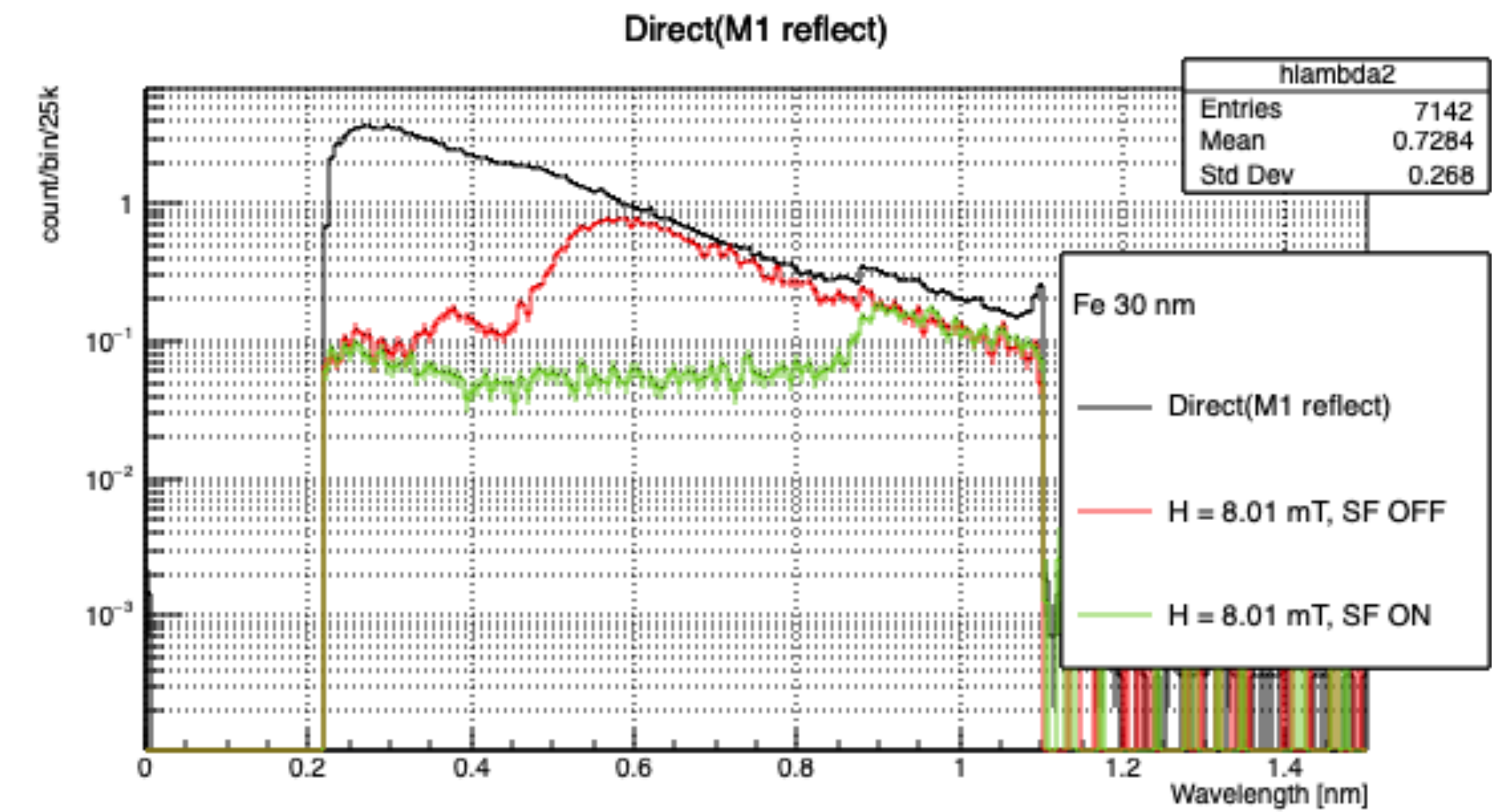
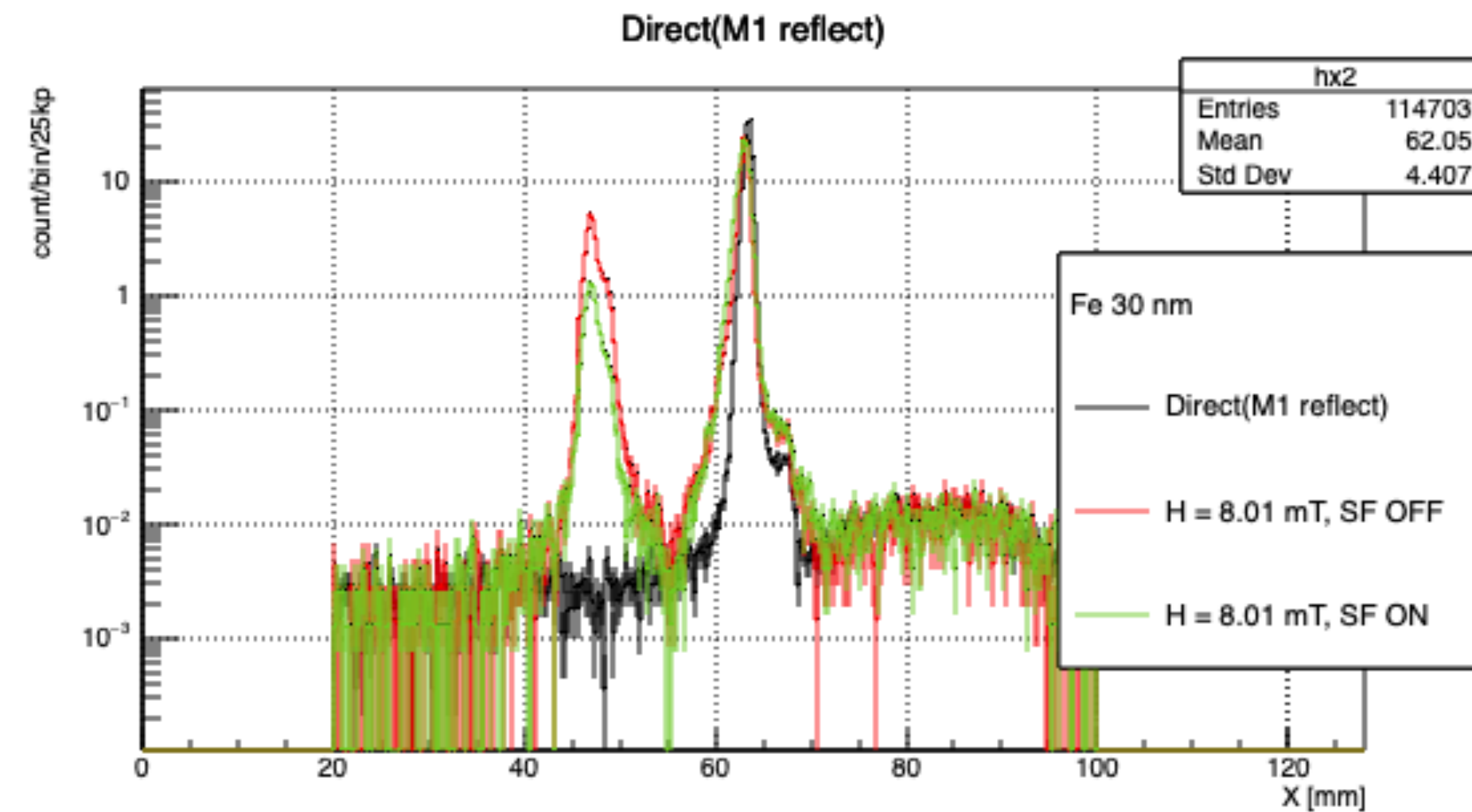
- 今回の測定(ノルム)

$$B_{\text{norm}}(\text{mT}) = -4.323(8) \frac{\text{mT}}{\text{A}} I_{\text{real}} - 0.202(9)$$

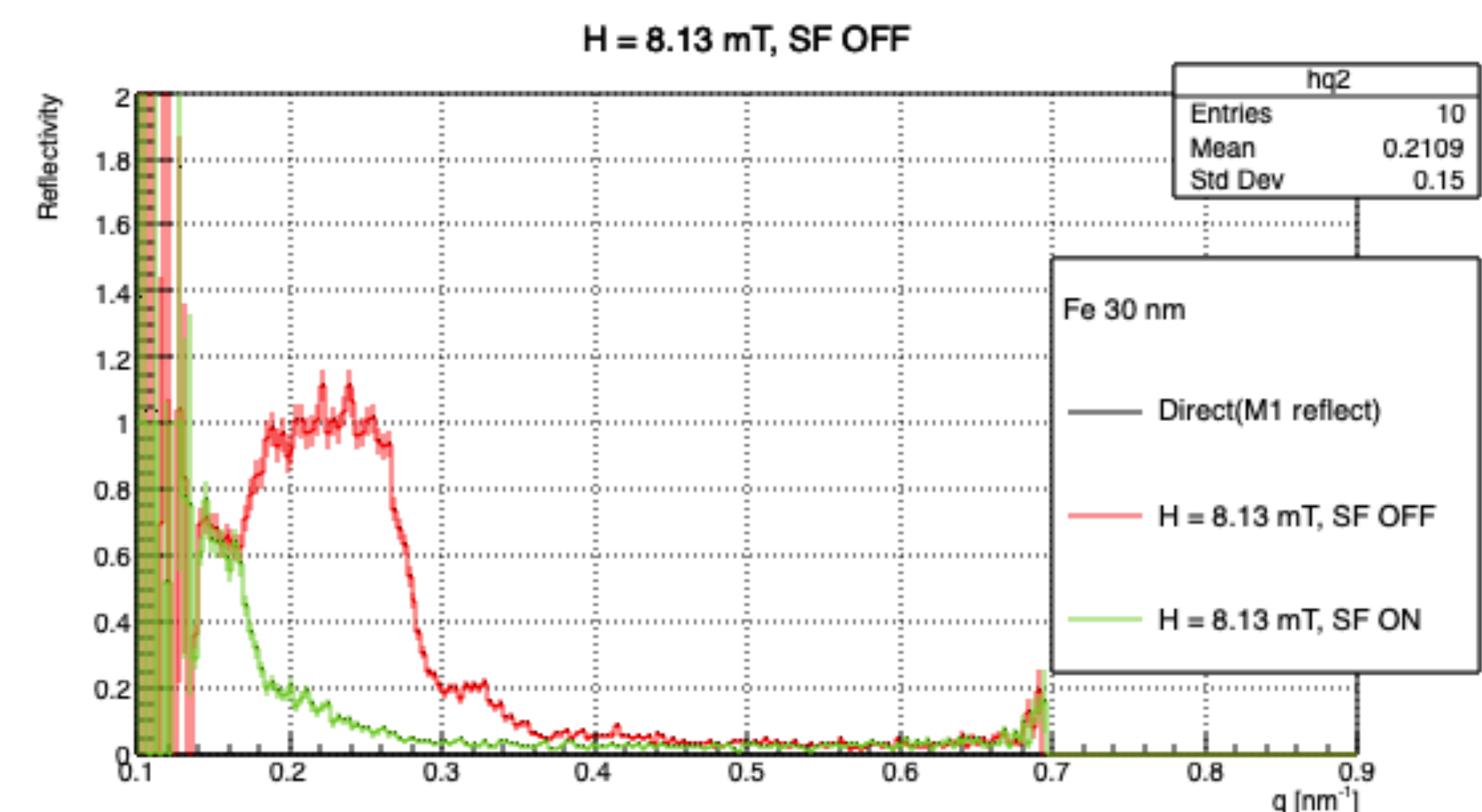
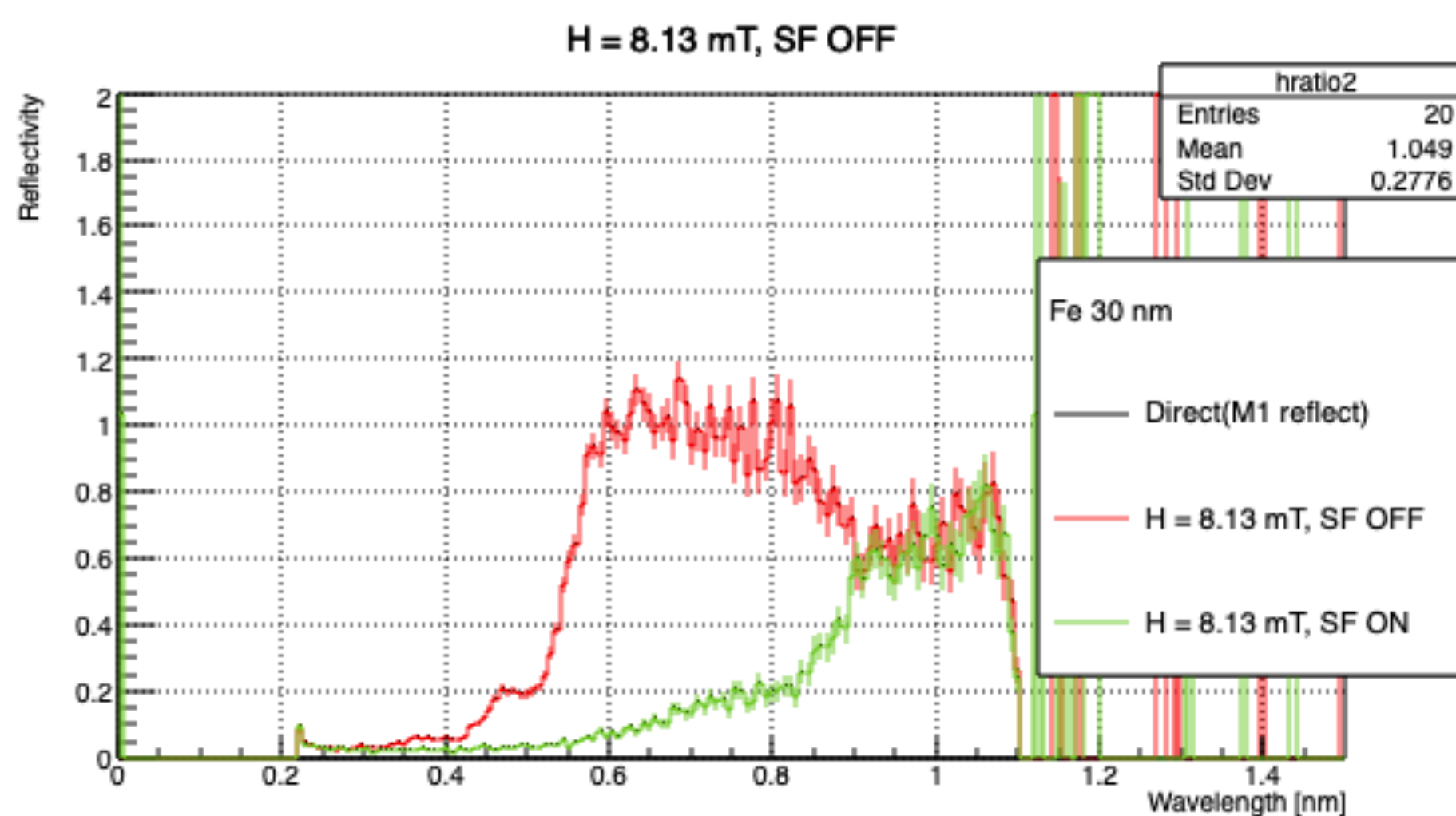
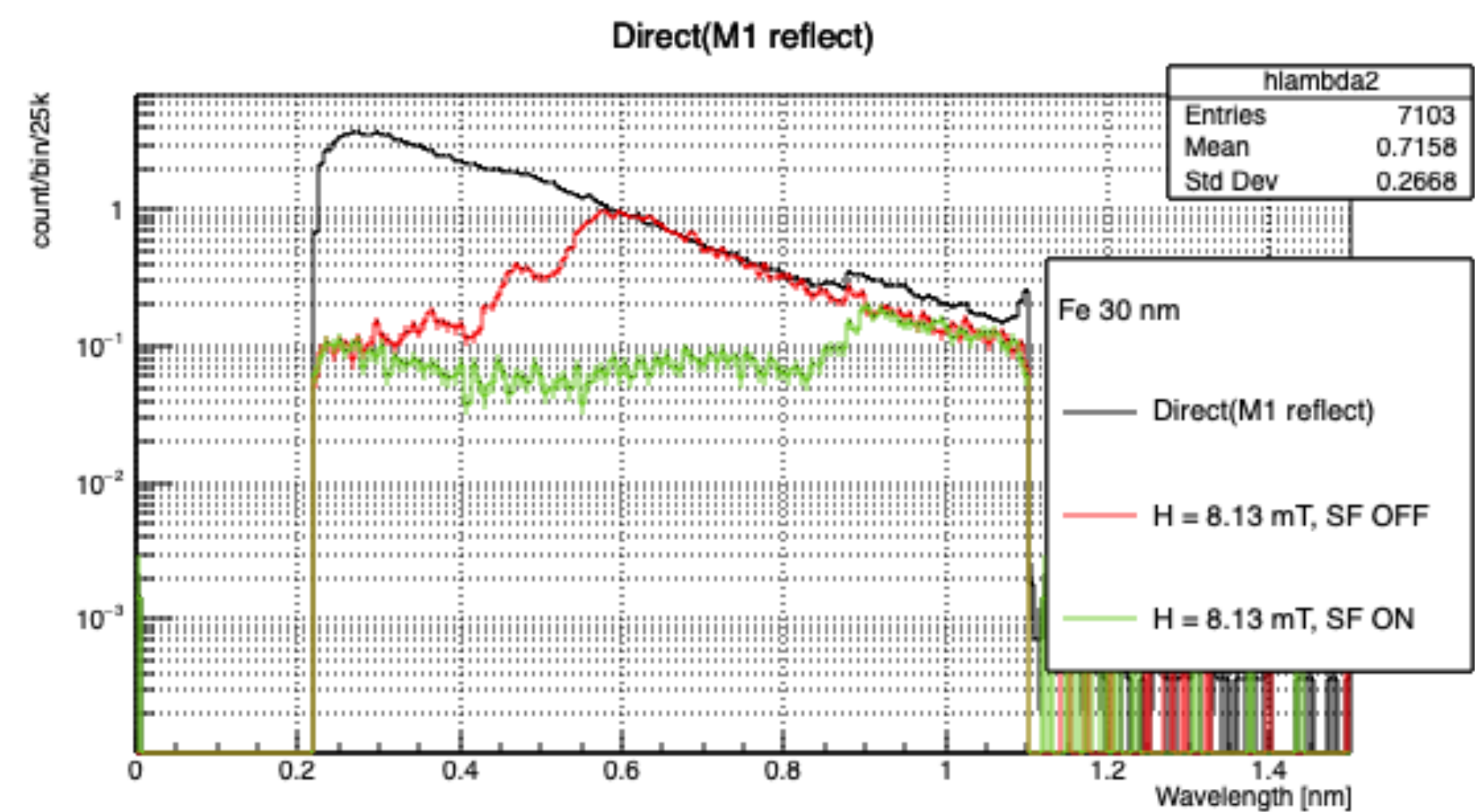
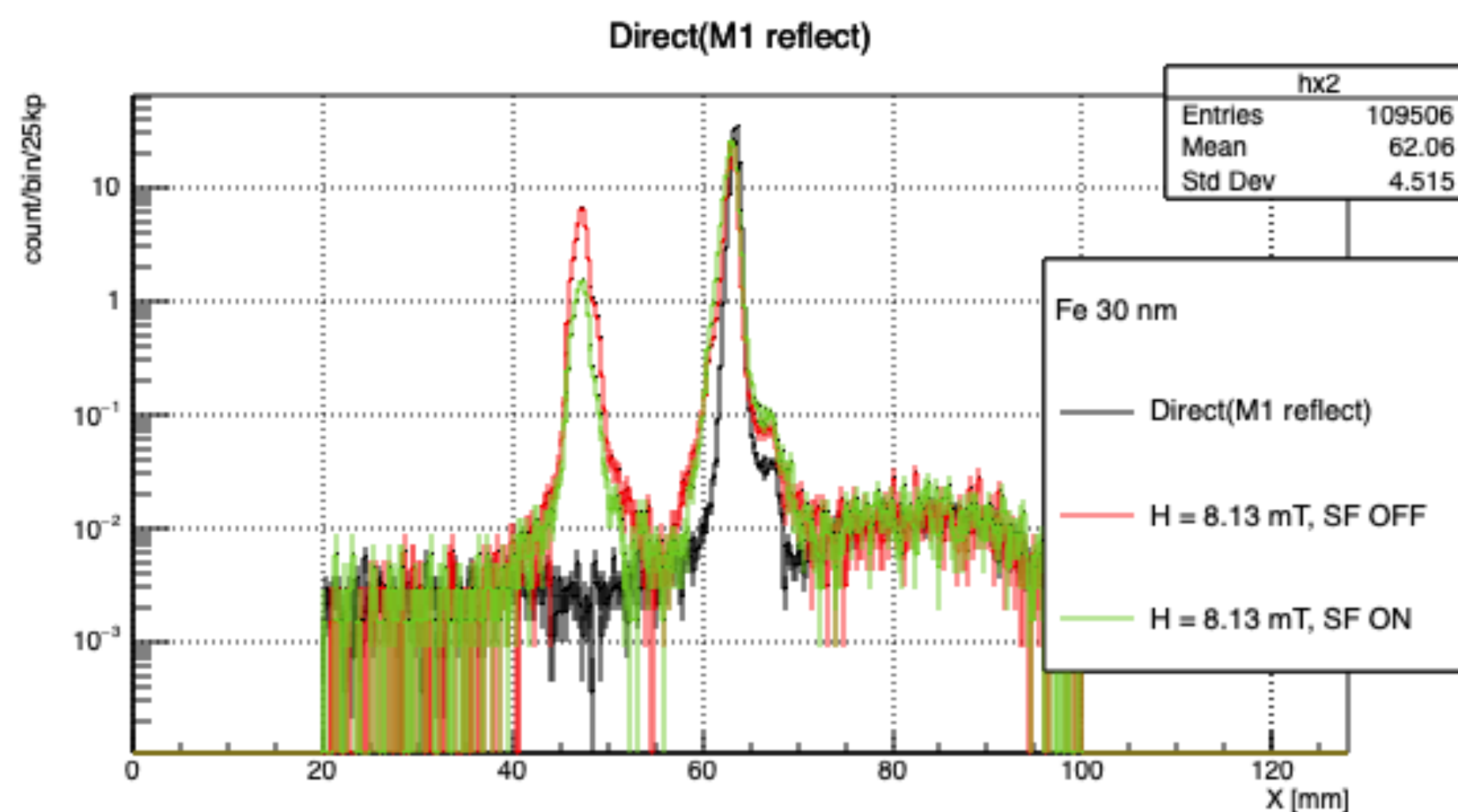


sample 30 nm 8.01 mT (saturated)

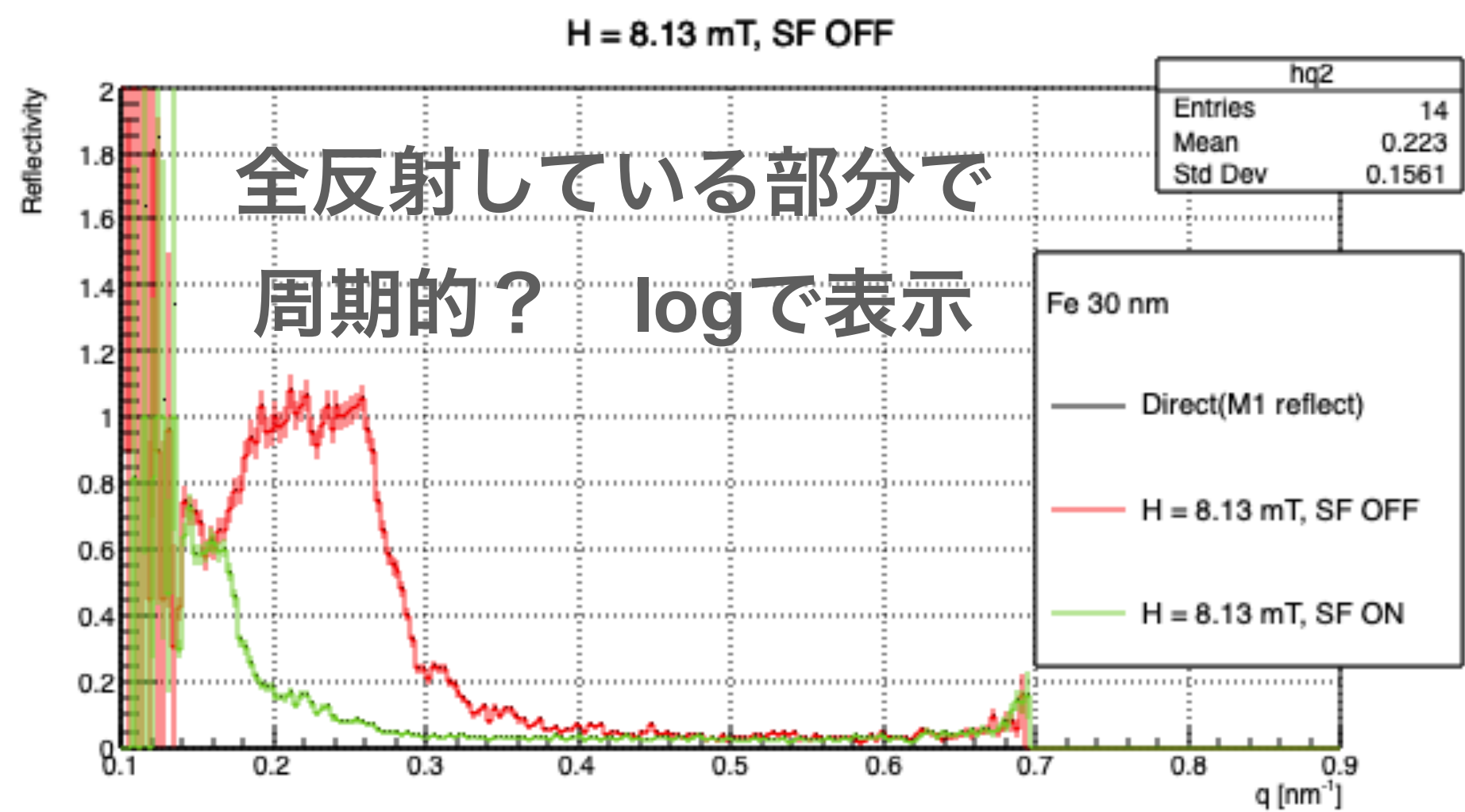
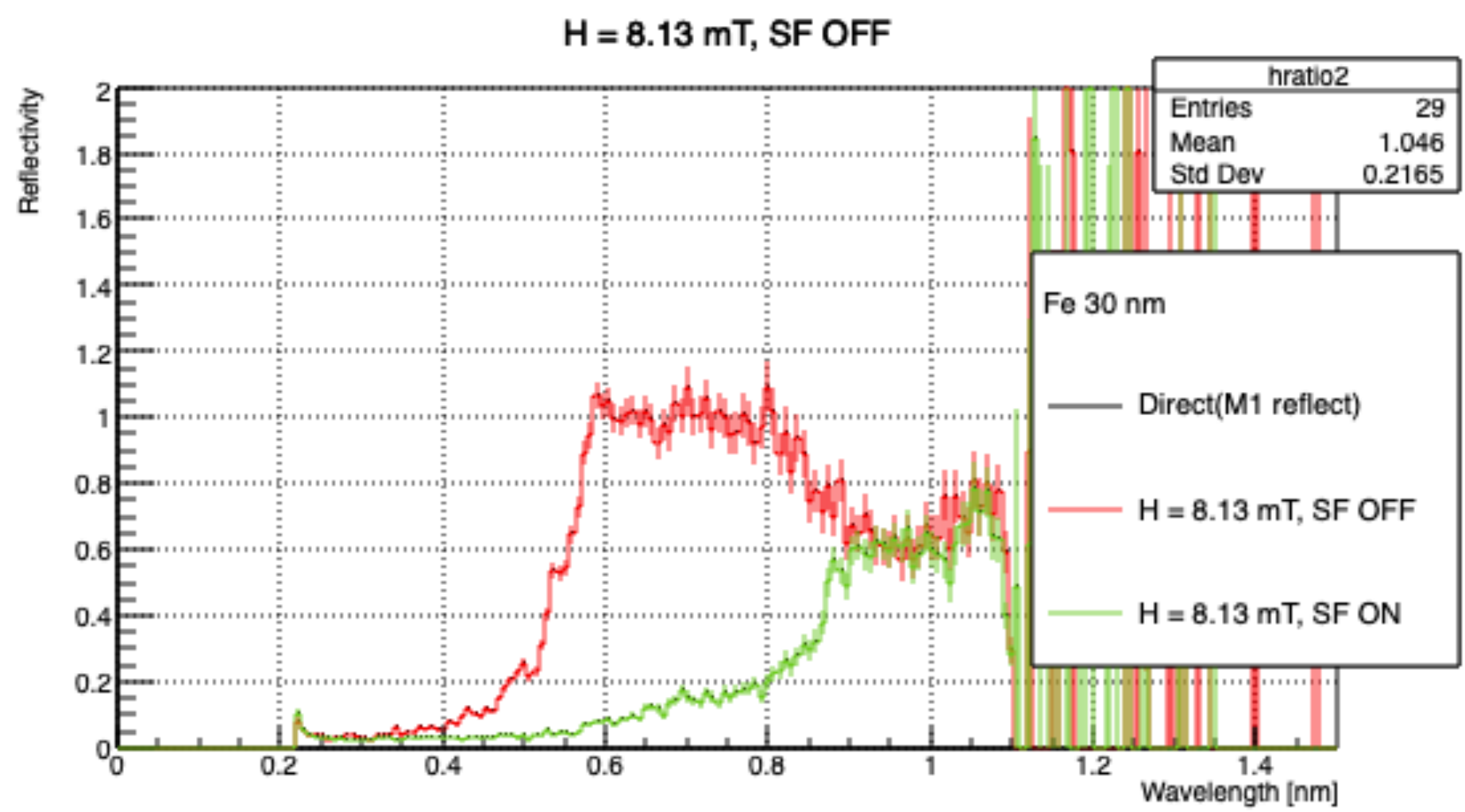
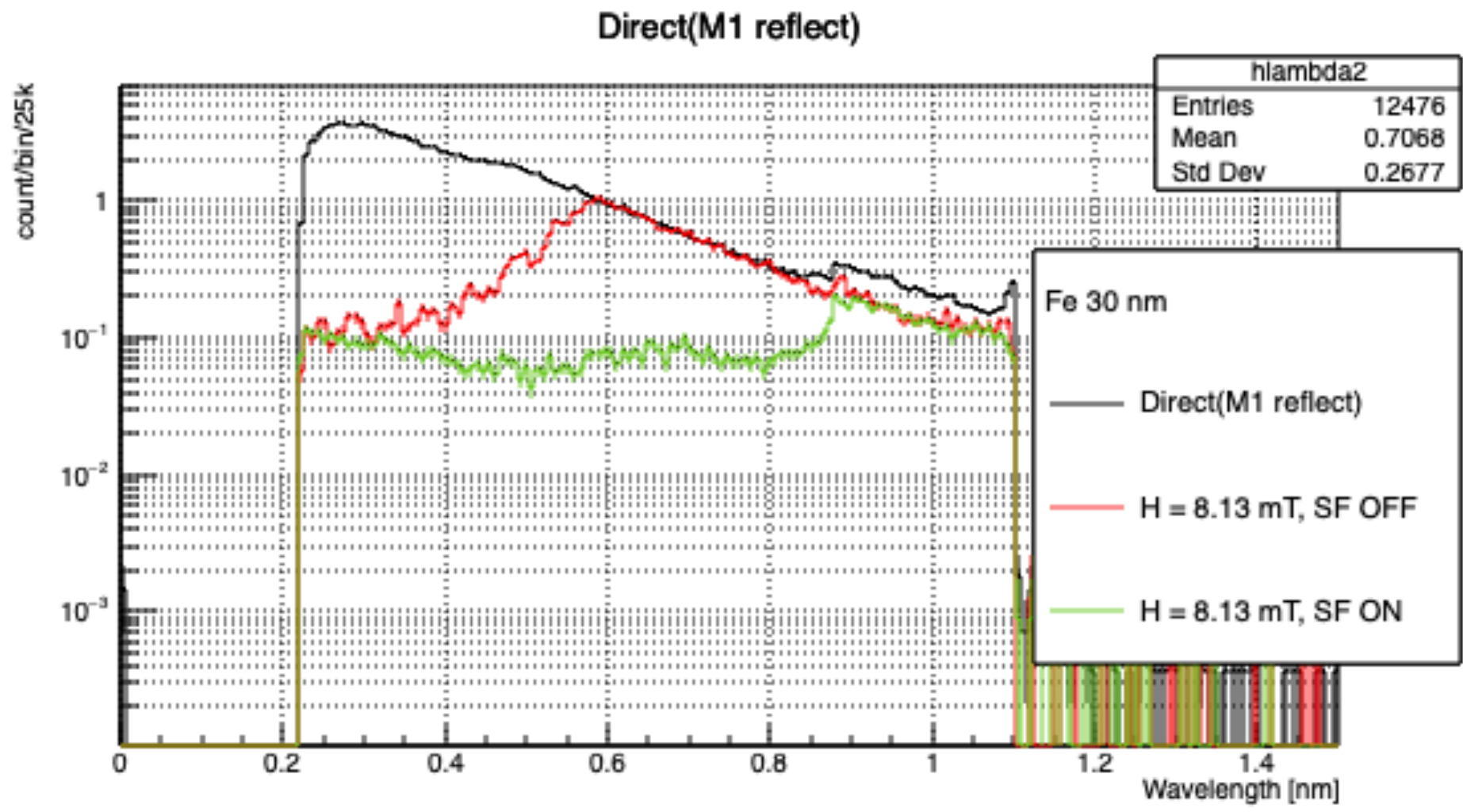
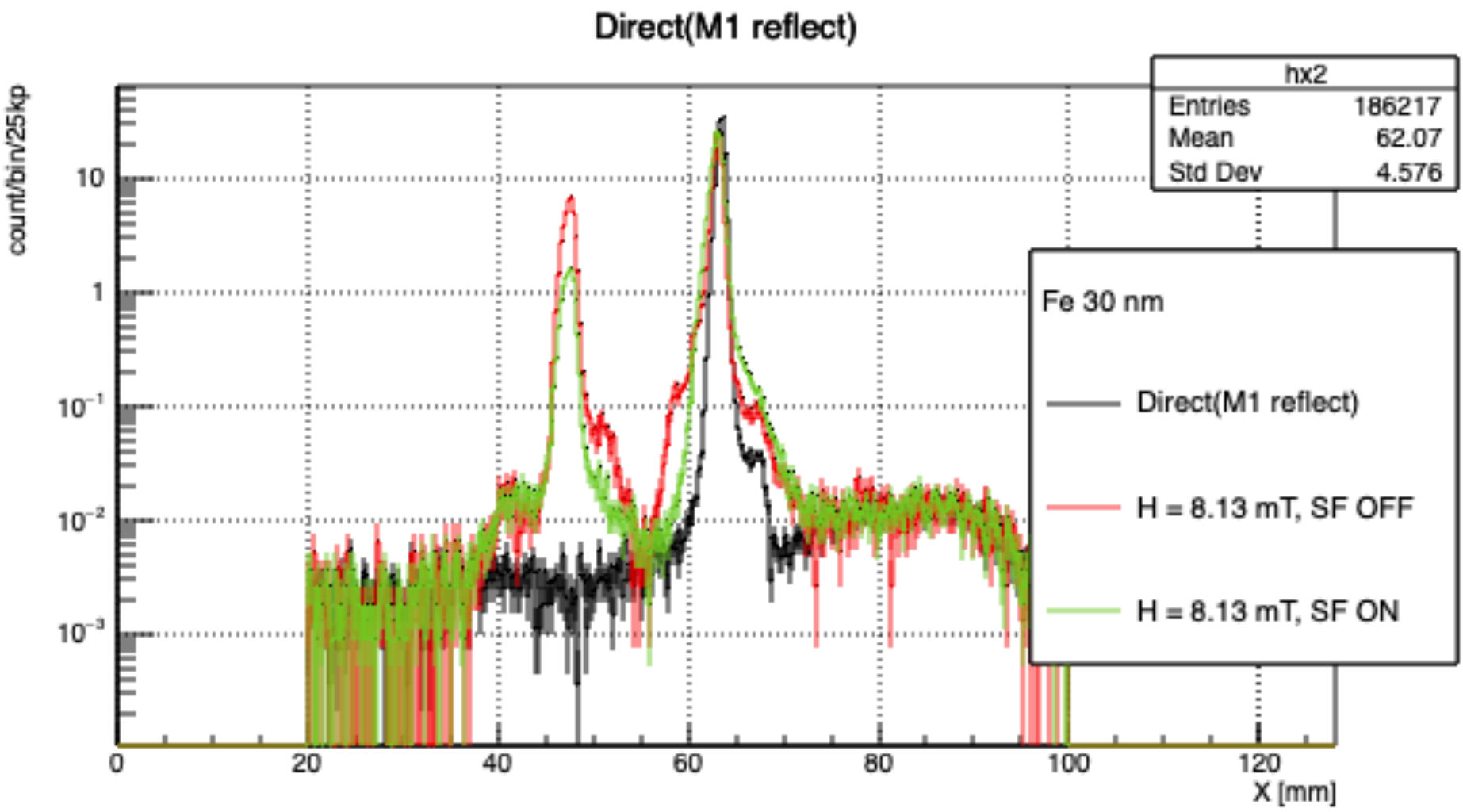
緑をとるには、上流ミラーの角度を深くする必要がある



sample 50 nm 8.13 mT (saturated)

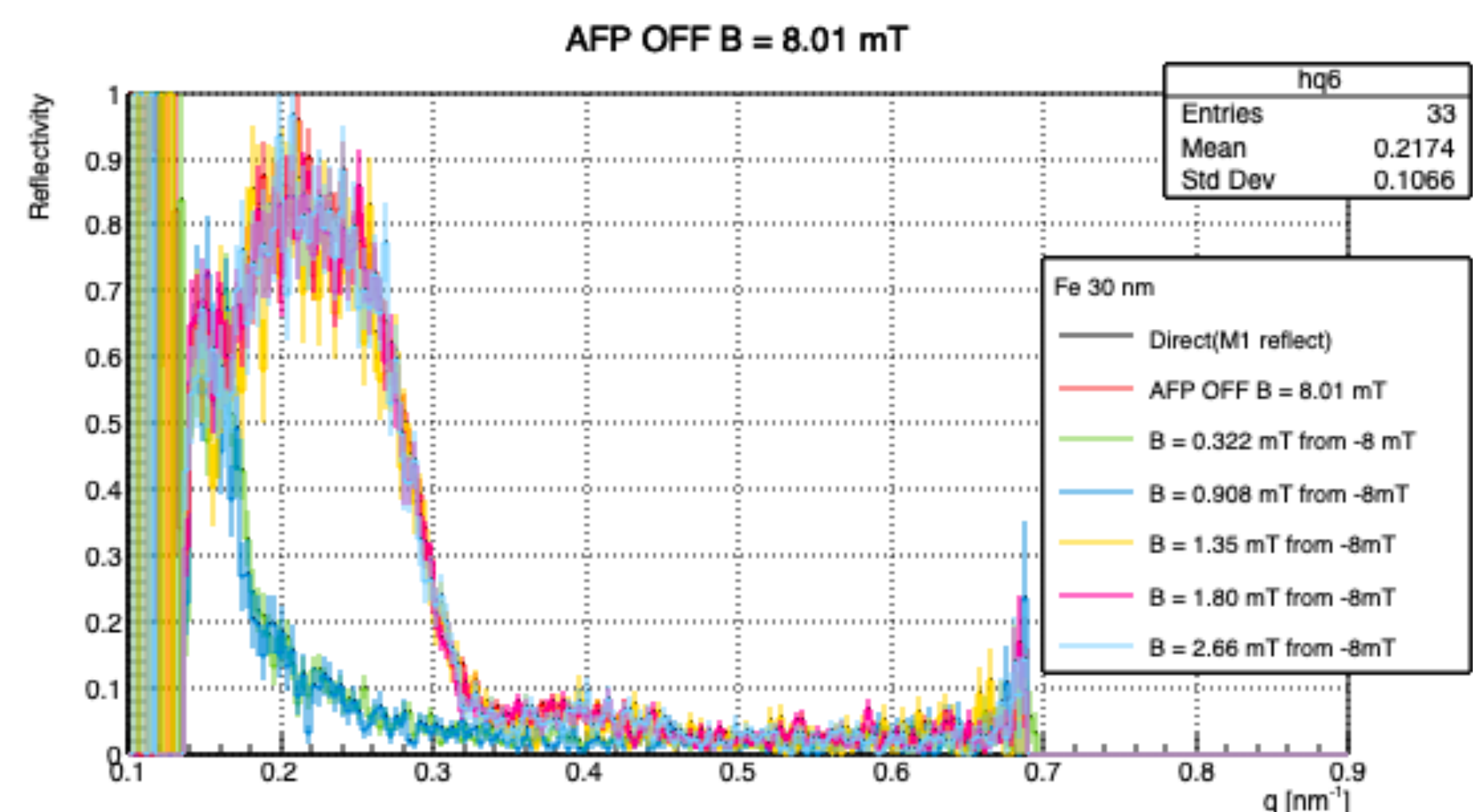
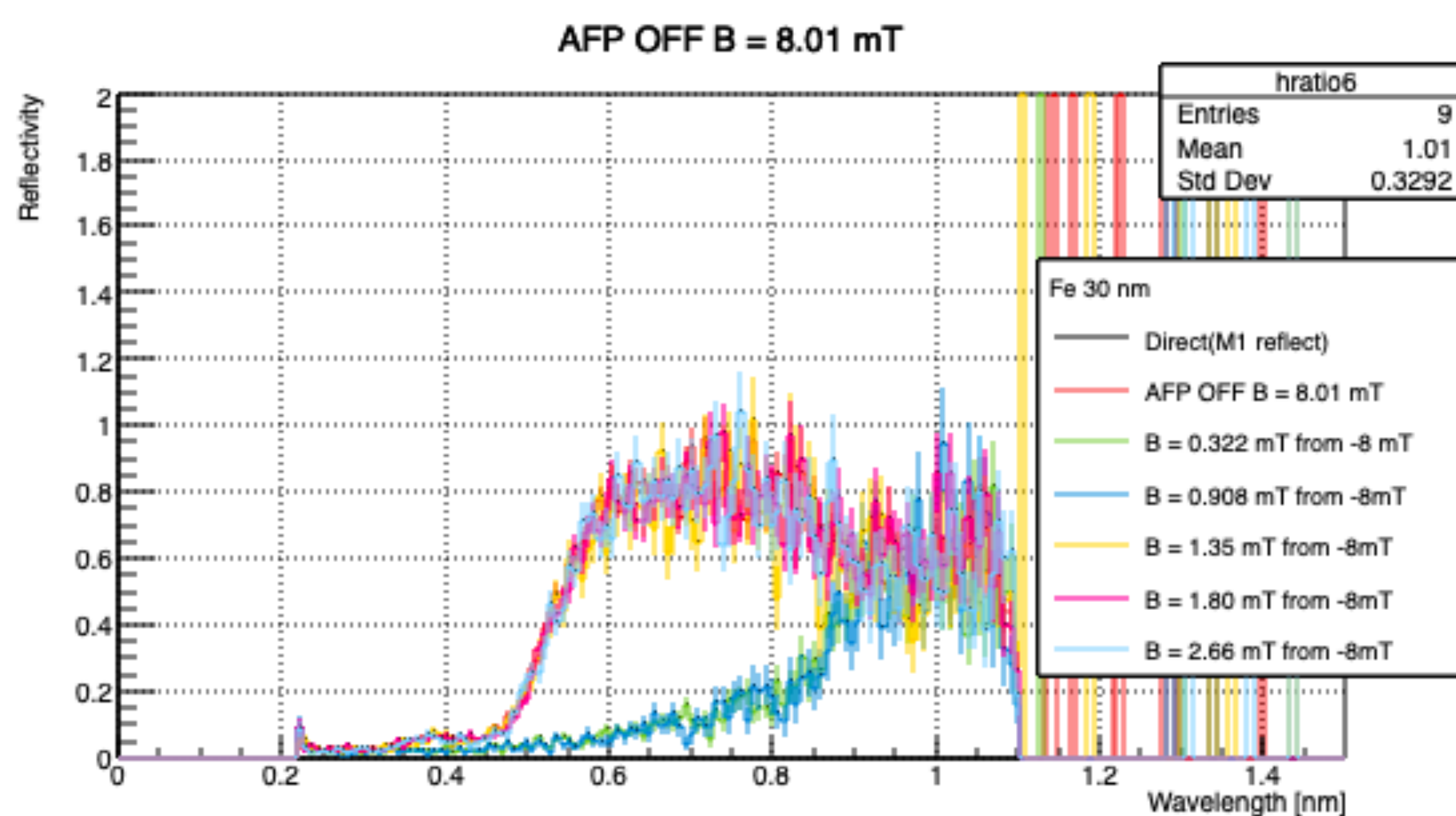
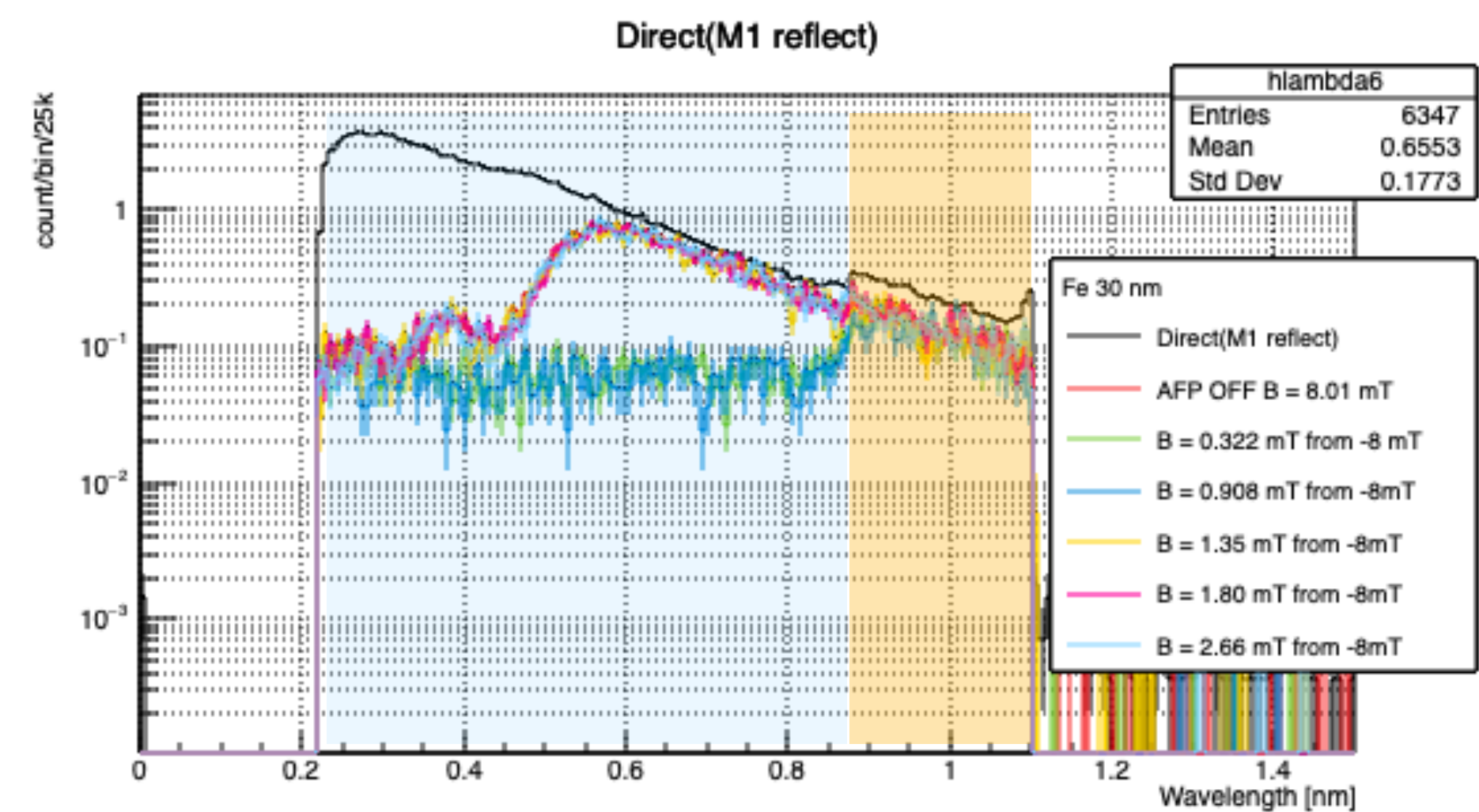
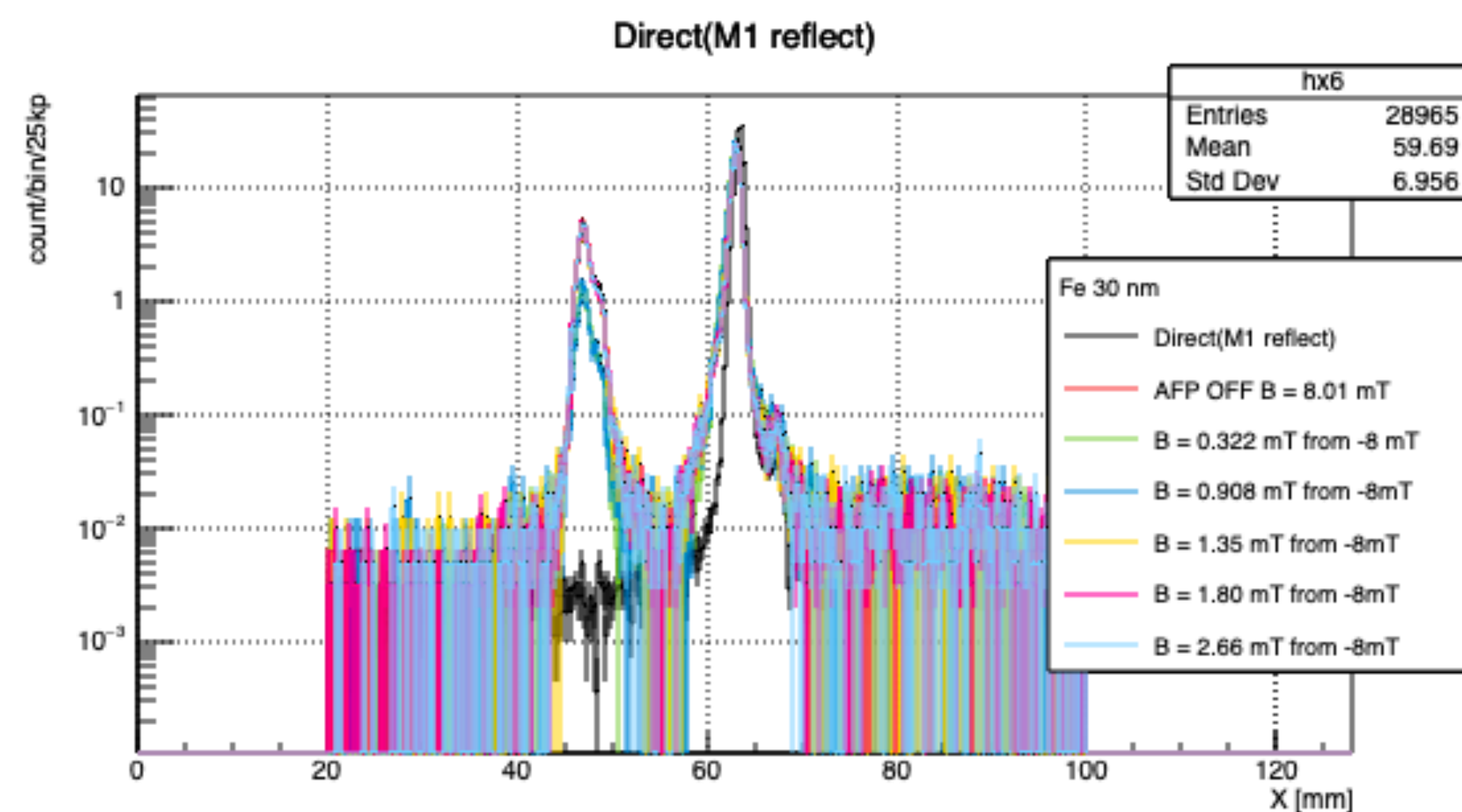


sample 90 nm 8.13 mT (saturated)

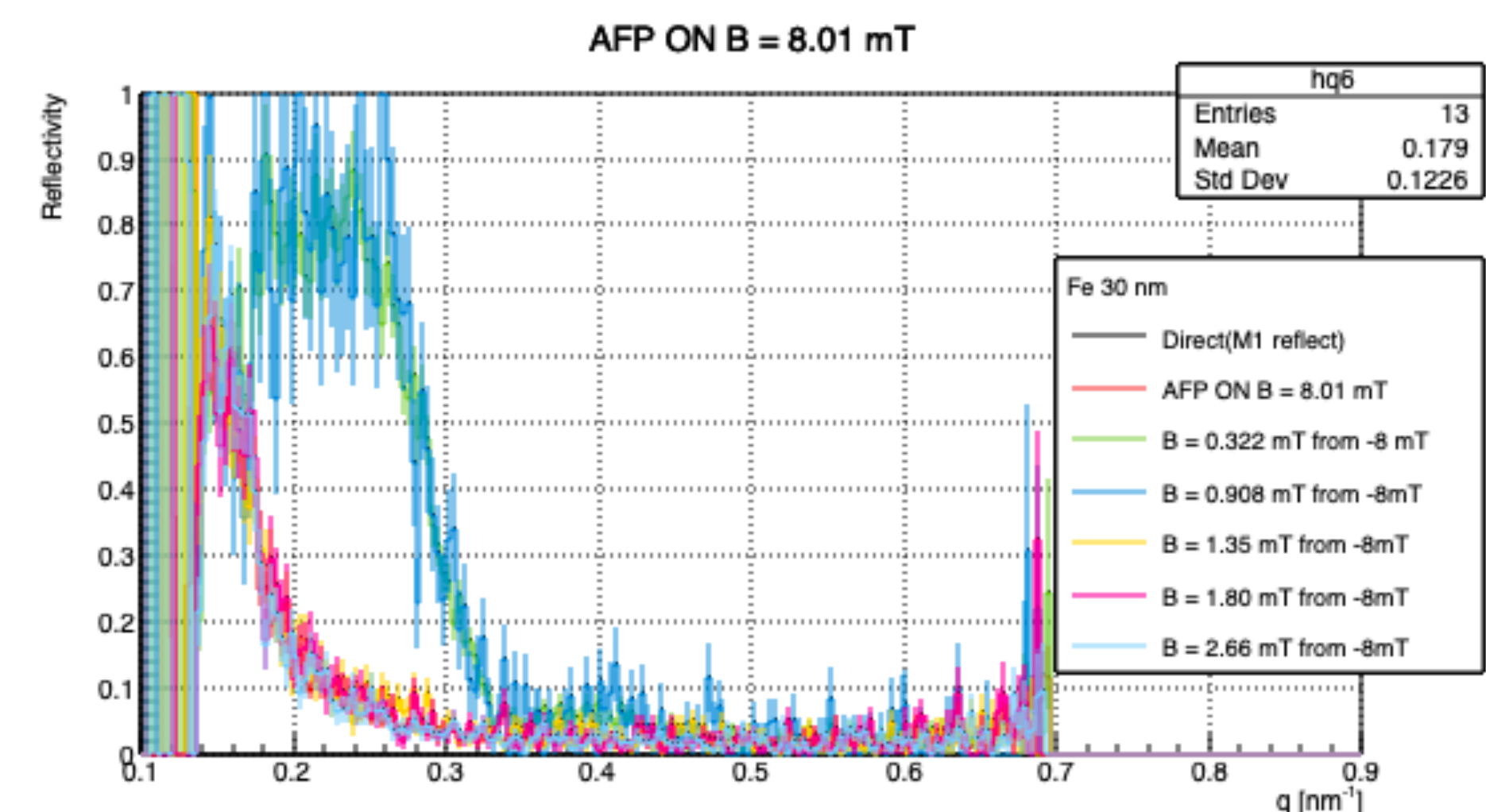
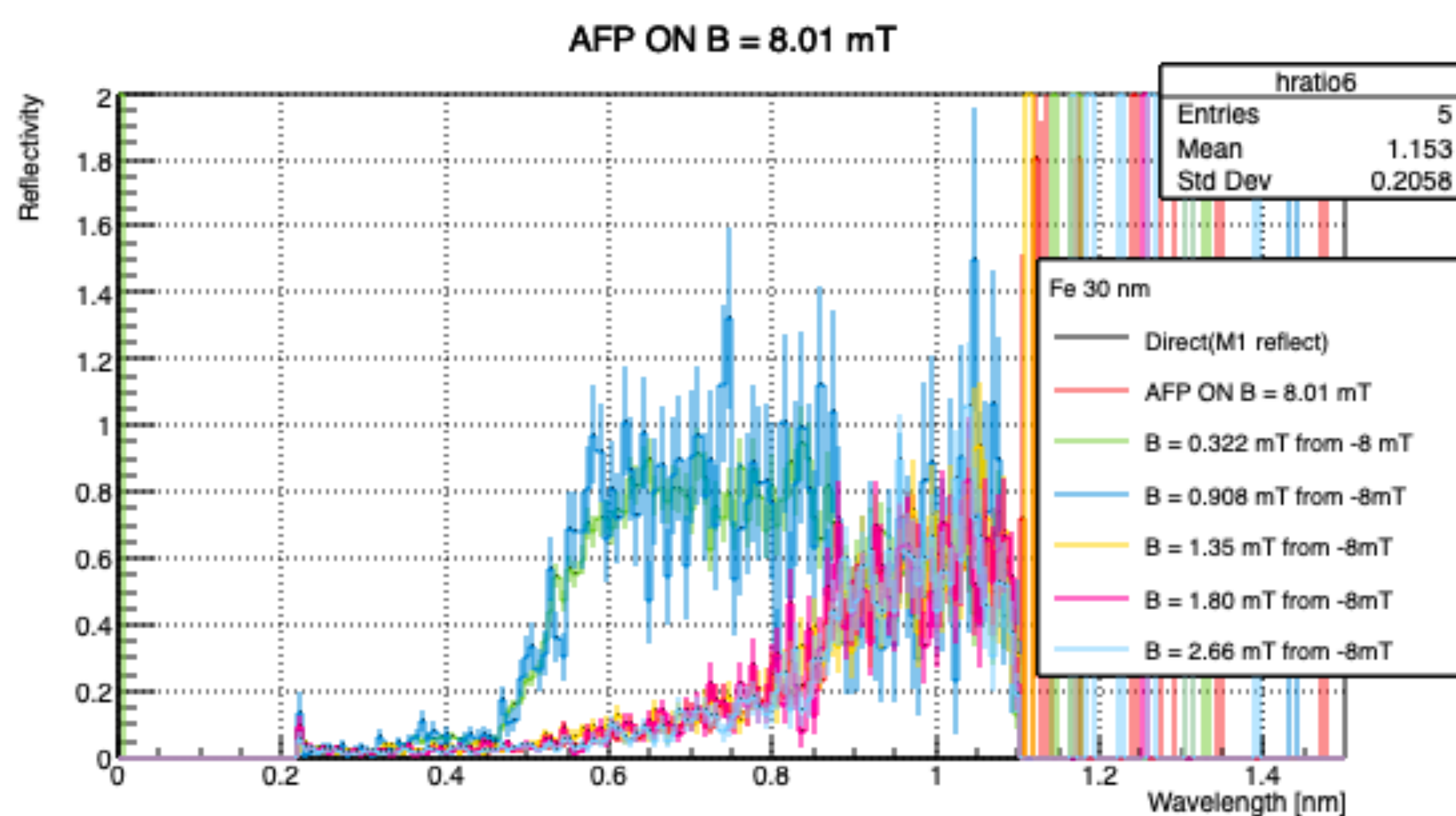
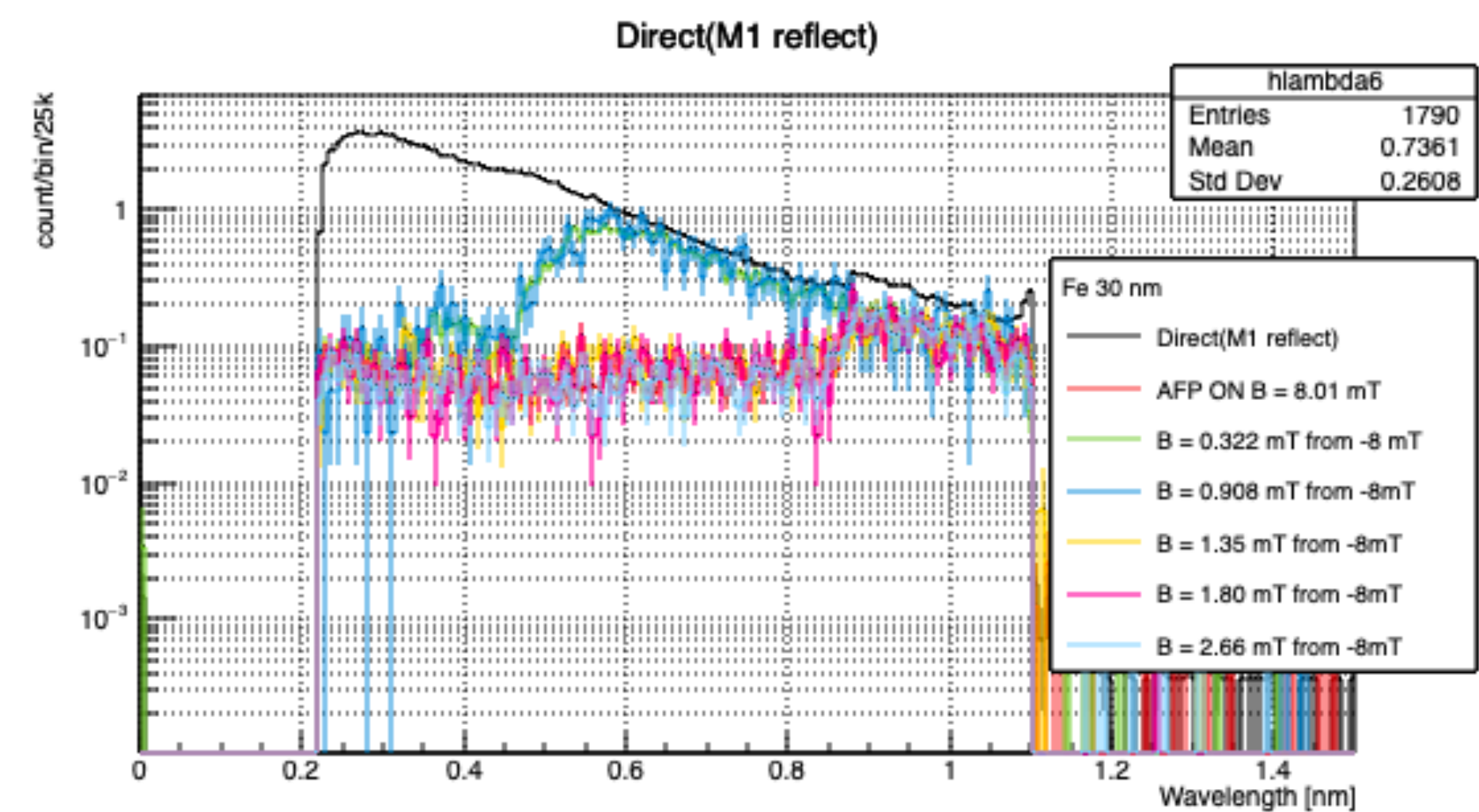
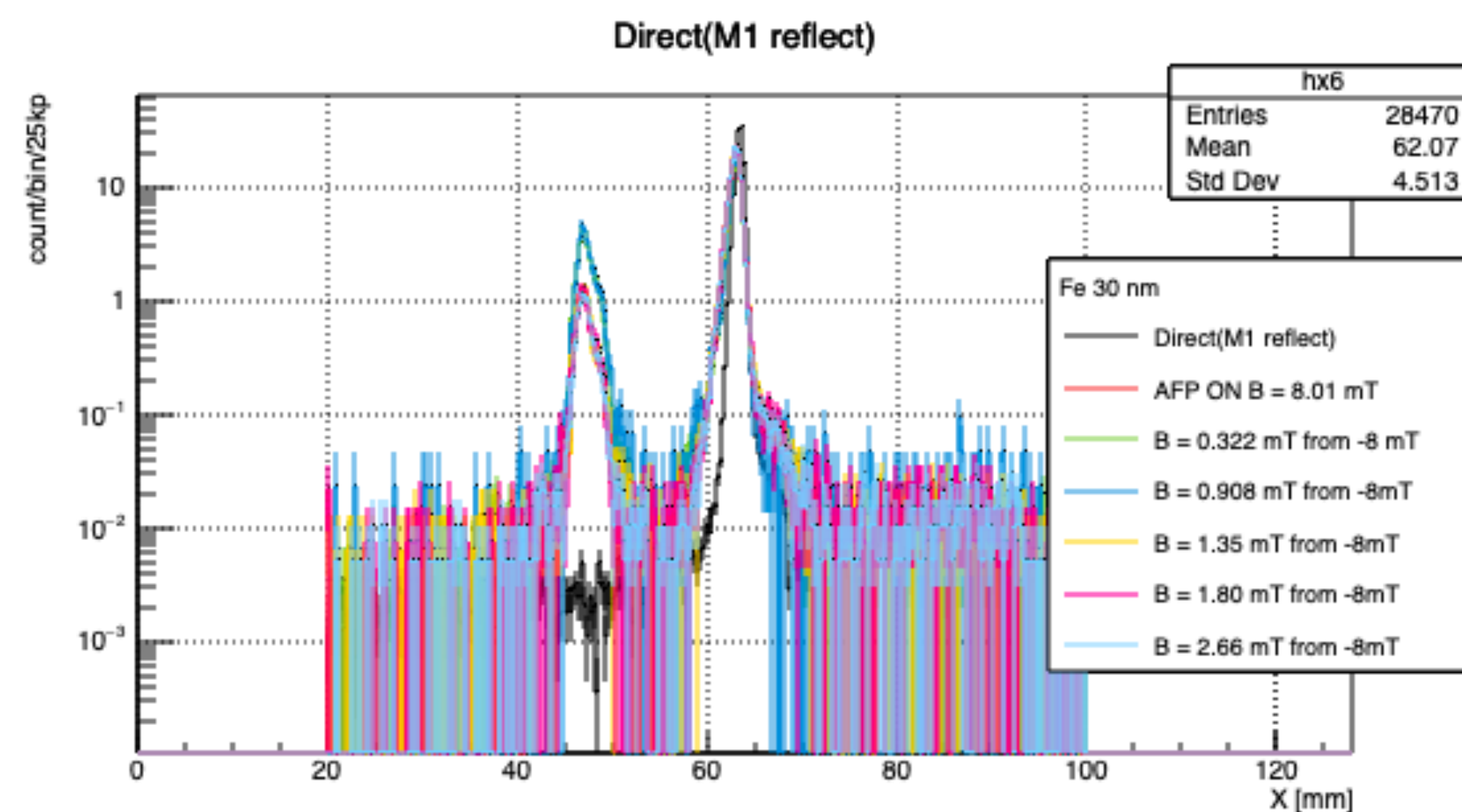


全反射している部分で
周期的？ logで表示

AFP OFF



AFP ON



- Pol power の続き
- 上流ミラーのみをおいて測ったデータで何か言える？
-