

可視チャネリング放射の実験的検証

高林雄一

九州シンクロトロン光研究センター 加速器グループ

高速の荷電粒子が単結晶の軸や面に沿ってほぼ平行に入射すると、その荷電粒子は結晶の原子列や原子面のつくる強力な電場によってガイドされながら結晶中を進むことが知られており、この現象はチャネリングと呼ばれている。そして、1976年に、チャネリングする電子（陽電子）は前方に X 線・ γ 線領域の強力な放射を生成することが理論的に予言された[1]。これが、チャネリング放射と呼ばれるものである。放射光と同様、チャネリング放射も相対論的効果によって、前方に放出されることが知られているが、チェレンコフ放射の放出方向付近にも、可視域のチャネリング放射が生成されることが理論的に示されていた[2]。ただし、計算が複雑なため研究が進んでこなかったが、最近になり、ロシアのトムスク工科大学の理論グループが、255 MeV 電子がダイヤモンド結晶の(220)面をチャネリングする際に生成される可視チャネリング放射の角度分布を計算した[3]。それによると、SAGA-LS でも観測が可能であることが示されている。そこで、本研究では、まだ観測されていない可視チャネリング放射の実験的検証を目的とする。

実験は、SAGA-LS リニアックからの 255 MeV 電子ビームを、光学的に透明なダイヤモンド結晶（厚さ 22 μm ）に入射させて行う予定である。可視光の検出器として、光電子増倍管を用いる。検出器は、ビームの進行方向に対して 90°方向に設置する。

予備の実験として、すでに可視域の遷移放射とチェレンコフ放射の検出[4]に成功しており、今後、可視チャネリング放射の検証を目指し、実験を行う予定である。

[1] M.A. Kumakhov, Phys. Lett. A 57 (1976) 17.

[2] V.V. Beloshitskiĭ, M.A. Kumakhov, Sov. Phys. JETP 47 (1978) 652.

[3] K.B. Korotchenko, Yu.L. Pivovarov, Phys. Lett. A 382 (2018) 444.

[4] Y. Takabayashi, E.I. Fiks, Yu.L. Pivovarov, Phys. Lett. A 379 (2015) 1032.

可視チャネリング放射の実験的検証

高林 雄一

九州シンクロtron光研究センター

はじめに

高速の荷電粒子が単結晶の軸や面に沿ってほぼ平行に入射すると、その荷電粒子は結晶の原子列や原子面のつくる強力な電場によってガイドされながら結晶中を進むことが知られており、この現象はチャネリングと呼ばれている。そして、1976年に、チャネリングする電子(陽電子)は前方にX線・γ線領域の強力な放射を生成することが理論的に予言された[1]。これが、チャネリング放射と呼ばれるものである。放射光と同様、チャネリング放射も相対論的効果によって、前方に放出されることが知られているが、チェレンコフ放射の放出方向付近にも、可視域のチャネリング放射が生成されることが理論的に示されていた[2]。ただし、計算が複雑なため研究が進んでこなかったが、最近になり、ロシアのトムスク工科大学の理論グループが、255 MeV電子がダイヤモンド結晶の(220)面をチャネリングする際に生成される可視チャネリング放射の角度分布を計算した[3]。それによると、SAGA-LSでも観測が可能であることが示されている。そこで、本研究では、まだ観測されていない可視チャネリング放射の実験的検証を目的とする。

実験は、SAGA-LSリニアックからの255 MeV電子ビームを、光学的に透明なダイヤモンド結晶(厚さ22 μm)に入射させて行う予定である。可視光の検出器として、光電子増倍管を用いる。検出器は、ビームの進行方向に対して90°方向に設置する。

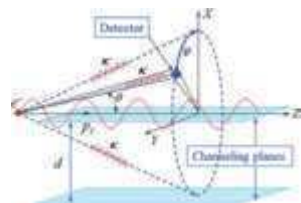
予備の実験として、すでに可視域の遷移放射とチェレンコフ放射の検出[4]に成功しており、今後、可視チャネリング放射の検証を目指し、実験を行う予定である。

- [1] M.A. Kumakhov, Phys. Lett. A 57 (1976) 17.
- [2] V.V. Beloshitskii, M.A. Kumakhov, Sov. Phys. JETP 47 (1978) 652.
- [3] K.B. Korotchenko, Yu.L. Pivovarov, Phys. Lett. A 382 (2018) 444.
- [4] Y. Takabayashi, E.I. Fiks, Yu.L. Pivovarov, Phys. Lett. A 379 (2015) 1032.

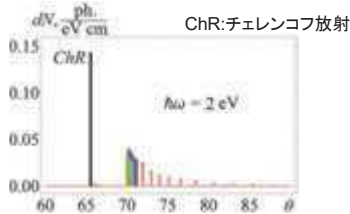
可視チャネリング放射

チェレンコフ放射角よりも大きい角度方向に生成される可視域のチャネリング放射。チャネリングする電子から放出されるチェレンコフ放射とみなすこともできる。

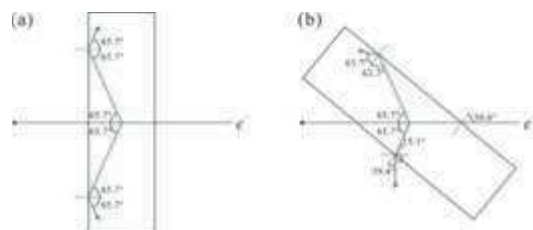
255 MeV e^- → ダイヤモンド単結晶
(220)面チャネリング



可視チャネリング放射の角度分布

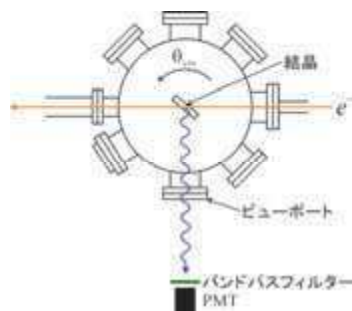


ダイヤモンドの屈折率 $n \approx 2.42$ (600 nm)



(a) 垂直入射条件: 光が全反射
(b) 結晶を回転させることにより 光を取り出すことができる

実験装置

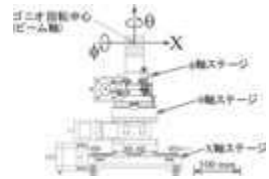


| | |
|-------|--|
| 電子ビーム | エネルギー: 255 MeV, 平均電流: 7 nA ビームの大きさ: $\sigma_x \approx 0.3$ mm, $\sigma_y \approx 0.9$ mm ビームの角度拡がり: $\sigma'_x \approx 0.1$ mrad, $\sigma'_y \approx 0.1$ mrad |
| 標的 | 22 μm厚ダイヤモンド単結晶 |
| 検出器 | 光電子増倍管(PMT) |

(220)面チャネリングの臨界角: 0.49 mrad $>$ σ'_x, σ'_y

ゴニオメーター

2軸回転, 超高真空仕様

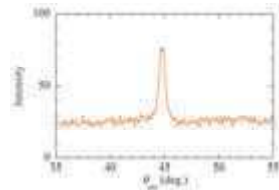


| | 駆動範囲 | 最小ステップ |
|----|---------------|-----------|
| θ軸 | -180° ~ +180° | 0.000069° |
| φ軸 | -10° ~ +10° | 0.000019° |
| X軸 | -50 ~ +50 mm | 0.002 mm |

ダイヤモンド単結晶



予備的測定: 可視遷移放射の観測



まとめ

- ロシアのトムスク工科大学の理論グループとの共同研究により可視チャネリング放射の理論的検討。
- 可視チャネリング放射を観測するための実験装置の構築。
- 予備の実験として、可視遷移放射とチェレンコフ放射の観測に成功。
- 今後、可視チャネリング放射の観測を試みる。

謝辞

可視チャネリング放射に関する理論計算は、ロシアのトムスク工科大学の K. B. Korotchenko教授とYu. L. Pivovarov教授のグループによって行われたものです。