

Light Dark Matter Search with SuperConductor

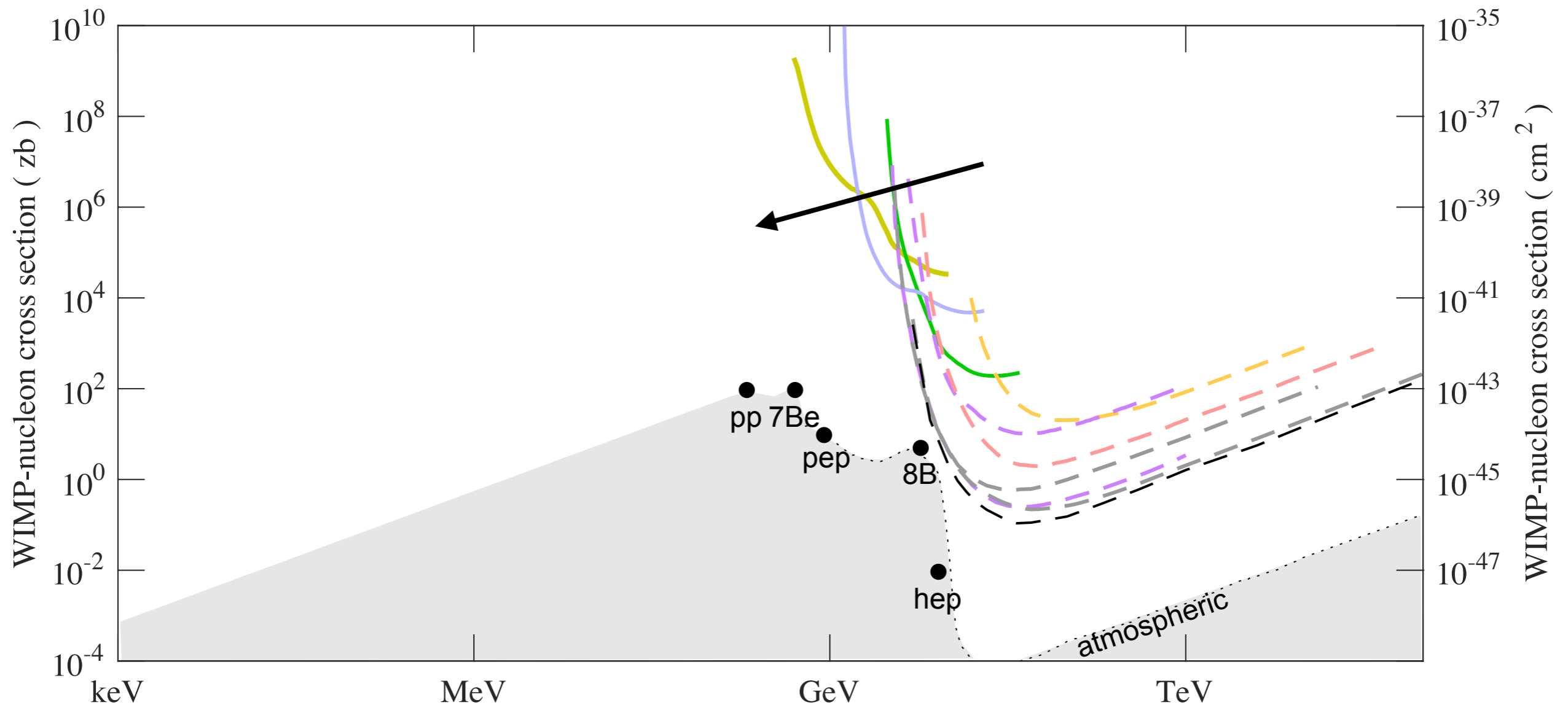
K. Ishidoshiro, Keishi Hosokawa,
A. Suzuki, S. Mima and Y. Kishimoto

27th Jan. 2017

ダークマターの懇談会

@神戸大学梅田インテリジェントラボラトリ

Introduction

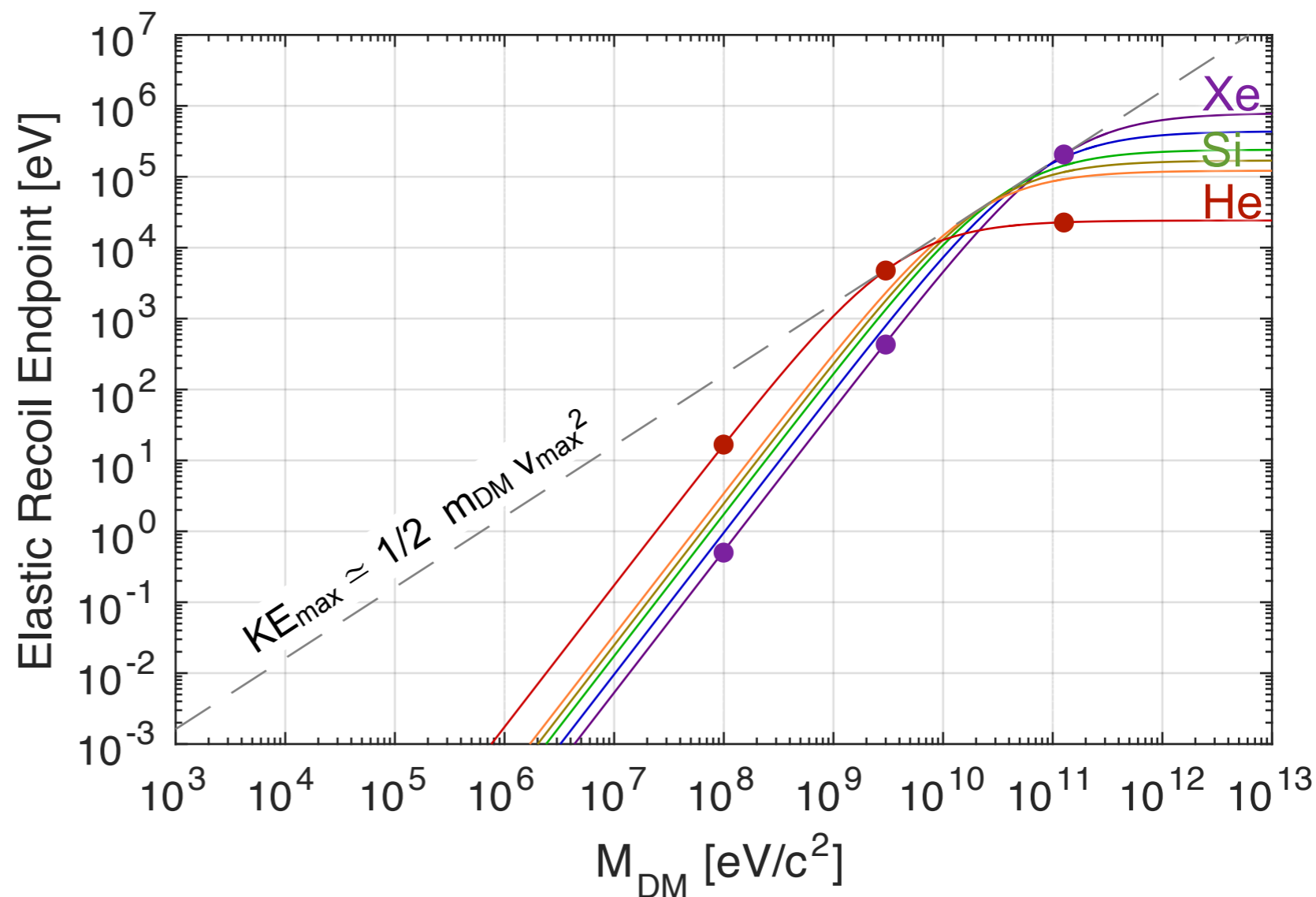


Scott Hertel @ DBD16

- ▶ キセノンを用いた大質量実験がリードしている中、低エネルギー閾値やターゲットの軽さを売りにした実験の低質量領域の探索が発展してきている

軽いDMには軽いターゲット

	Xe (120GeV)	He (4GeV)
$m_{\text{DM}} = 120 \text{ GeV}$	~200 keV	~22 keV
$m_{\text{DM}} = 4 \text{ GeV}$	~0.8 keV	~6 keV
$m_{\text{DM}} = 0.1 \text{ GeV}$	~0.5 eV	~17 eV

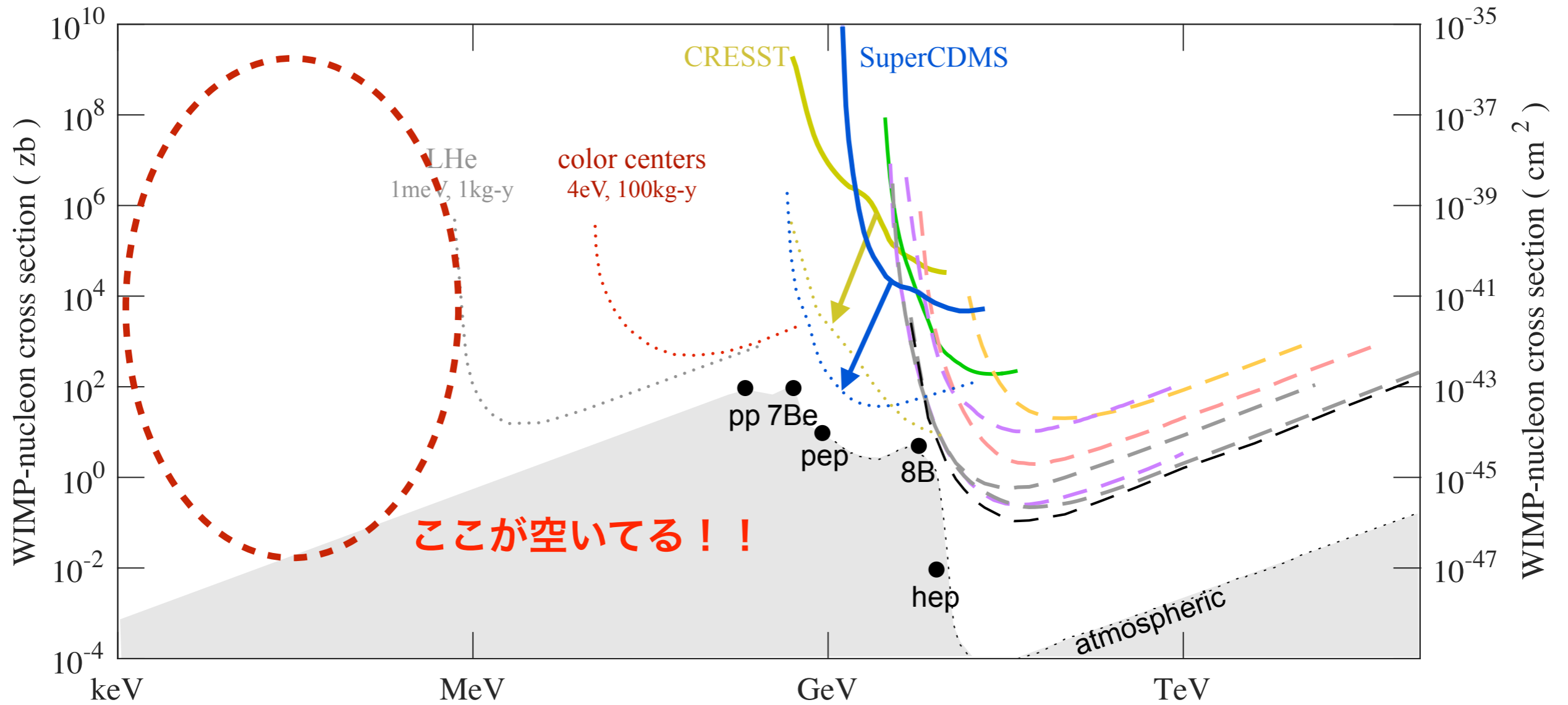


Scott Hertel @ DBD16

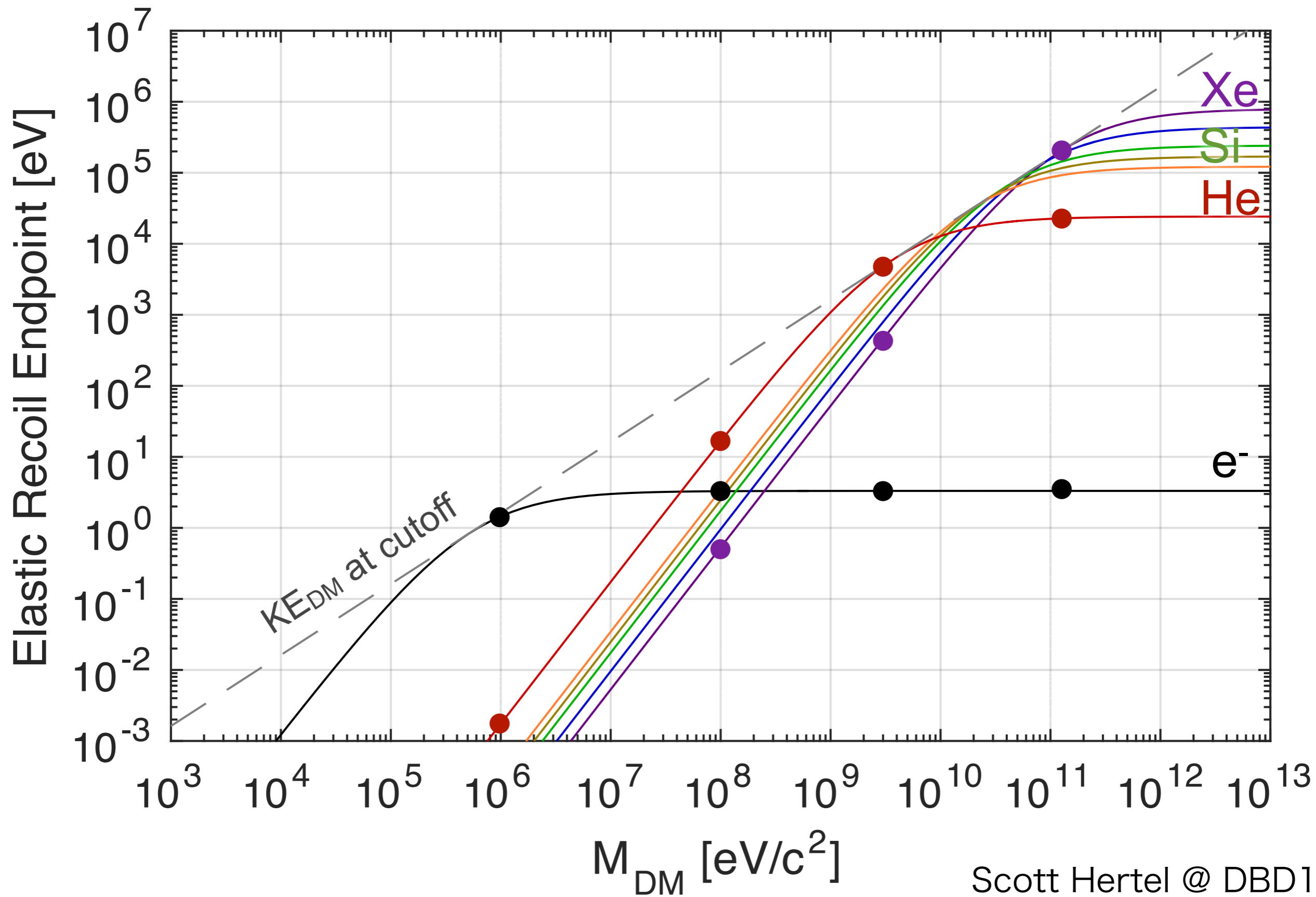
- ▶ 反跳エネルギーは, $M_{\text{target}} = M_{\text{DM}}$ の時に最大

軽い原子核を使うと...

Scott Hertel @ DBD16



さらに軽いDMにはさらに軽いターゲットを！



Scott Hertel @ DBD16

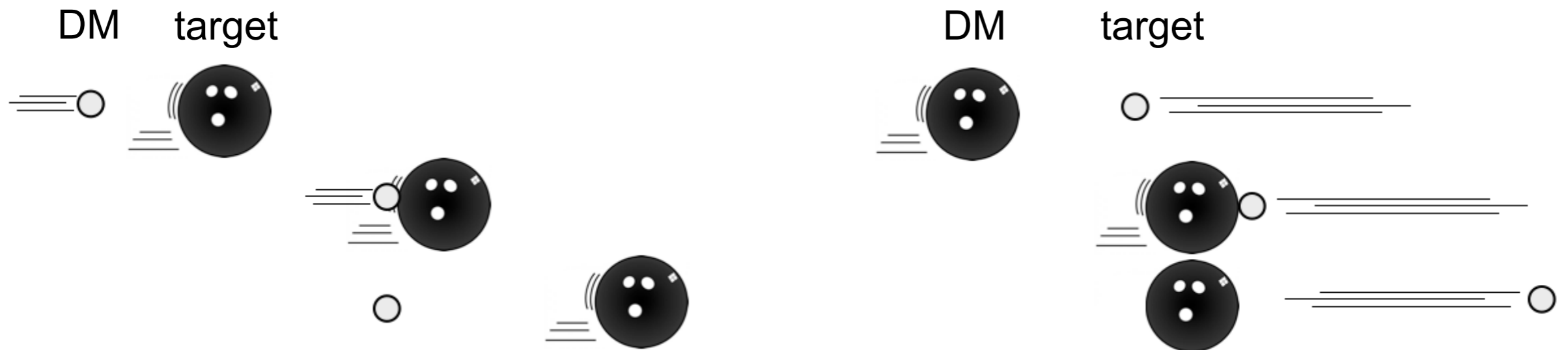
電子が運動量もってるのでお得

Electron recoils: $m_{\text{target}} \simeq 0.5 \text{ keV}$

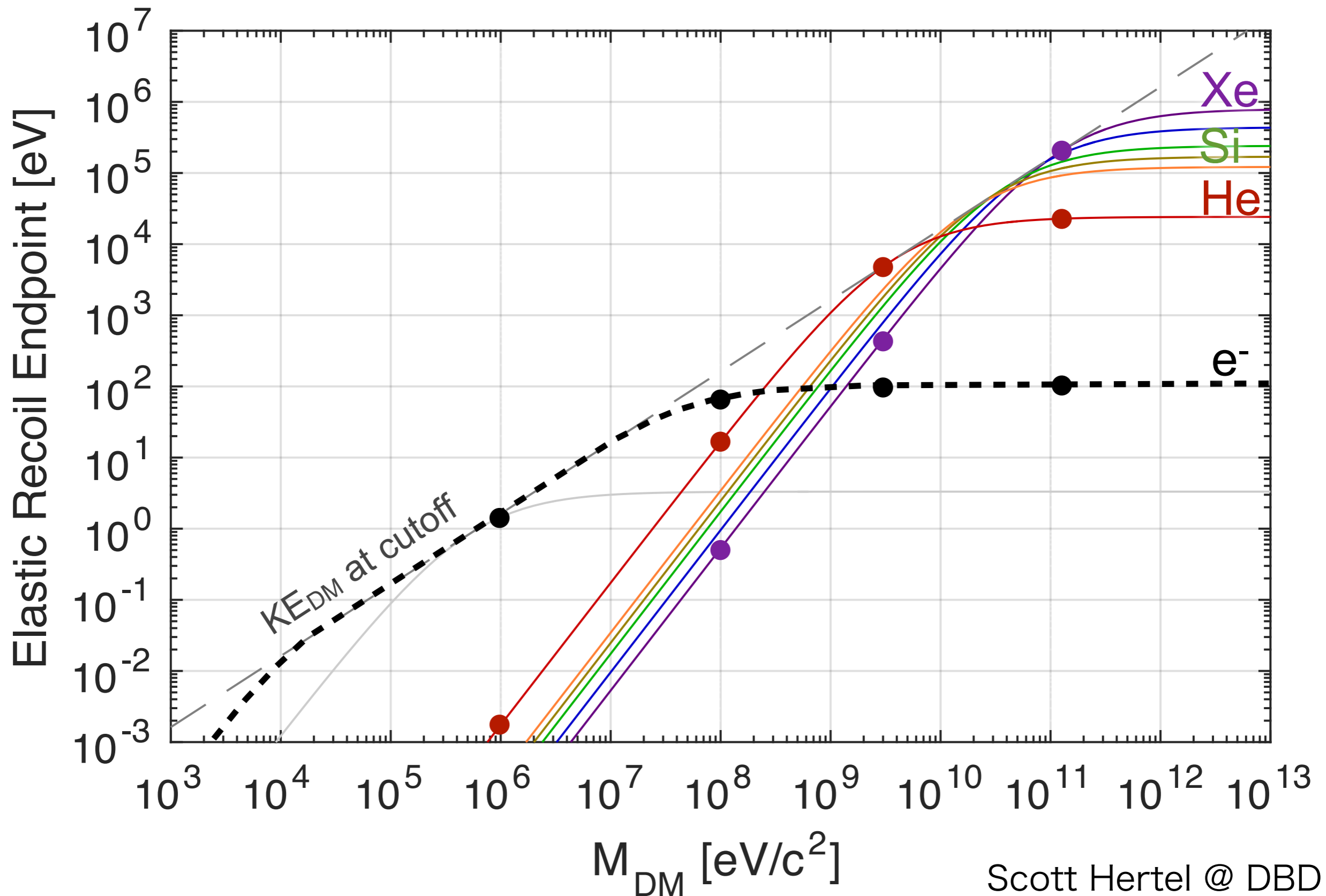
and target itself has significant momentum

'efficient coupling' think: 'goal is to leave the DM at rest'

strategy: DM hits moving target

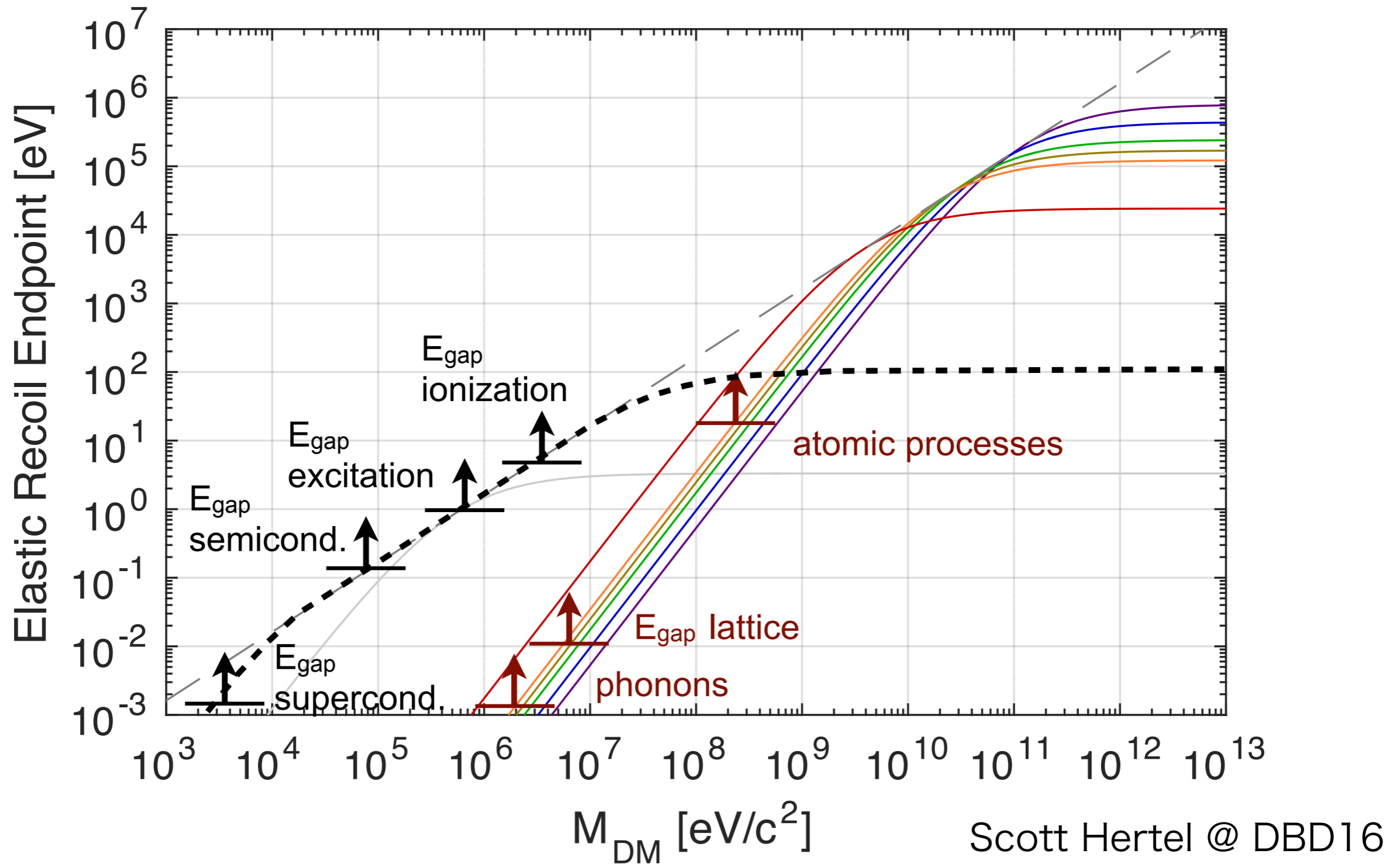


電子を使えば keV DMまで到達可能らしい



Scott Hertel @ DBD16

電子を使えば keV DMまで到達可能らしい

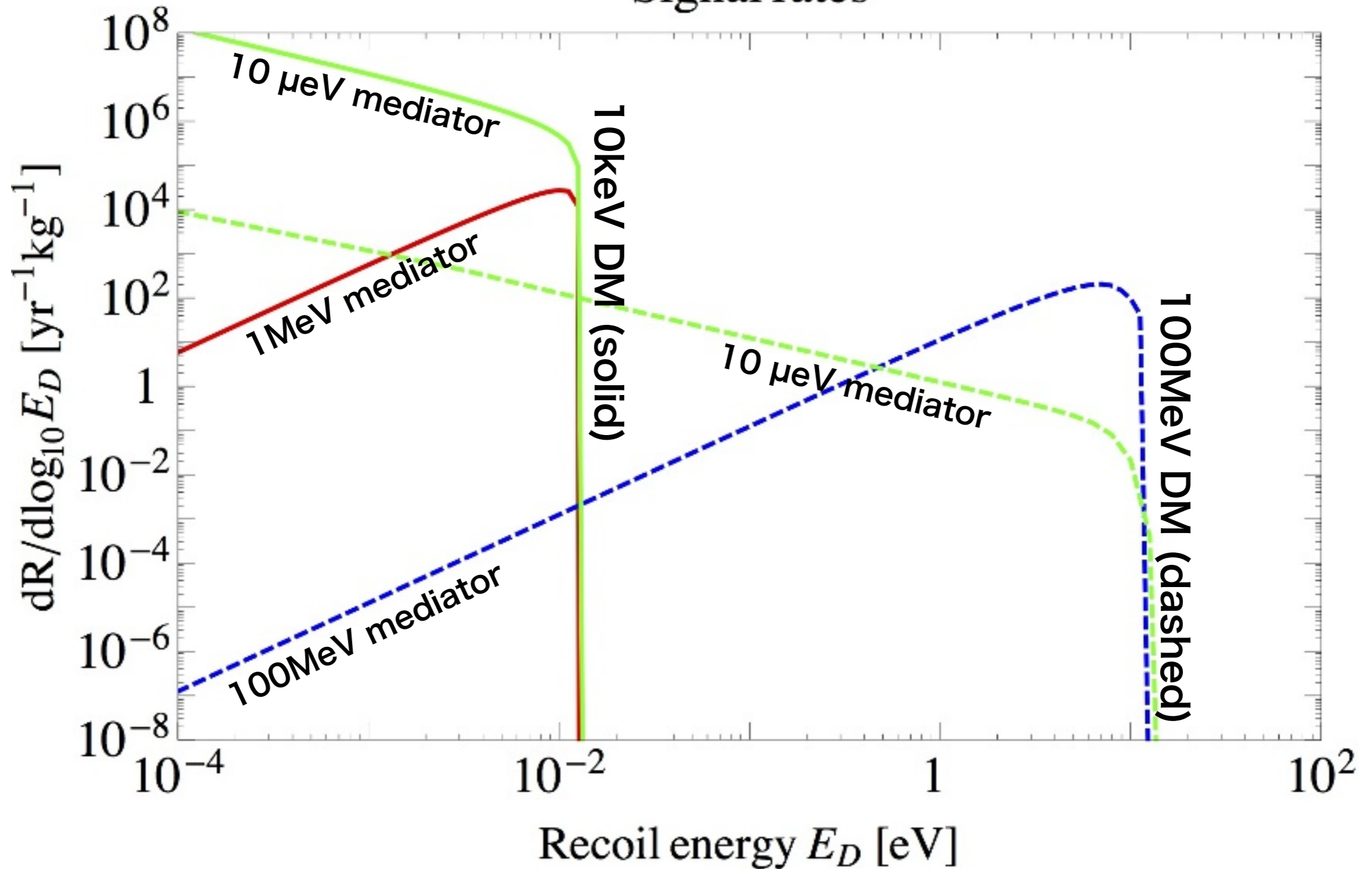


- ▶ keV オーダーのDM探索には, milli-eVが見える検出器が必要！！
-> **超伝導検出器 ($E_{\text{gap}} \sim 1 \text{ milli-eV}$)**

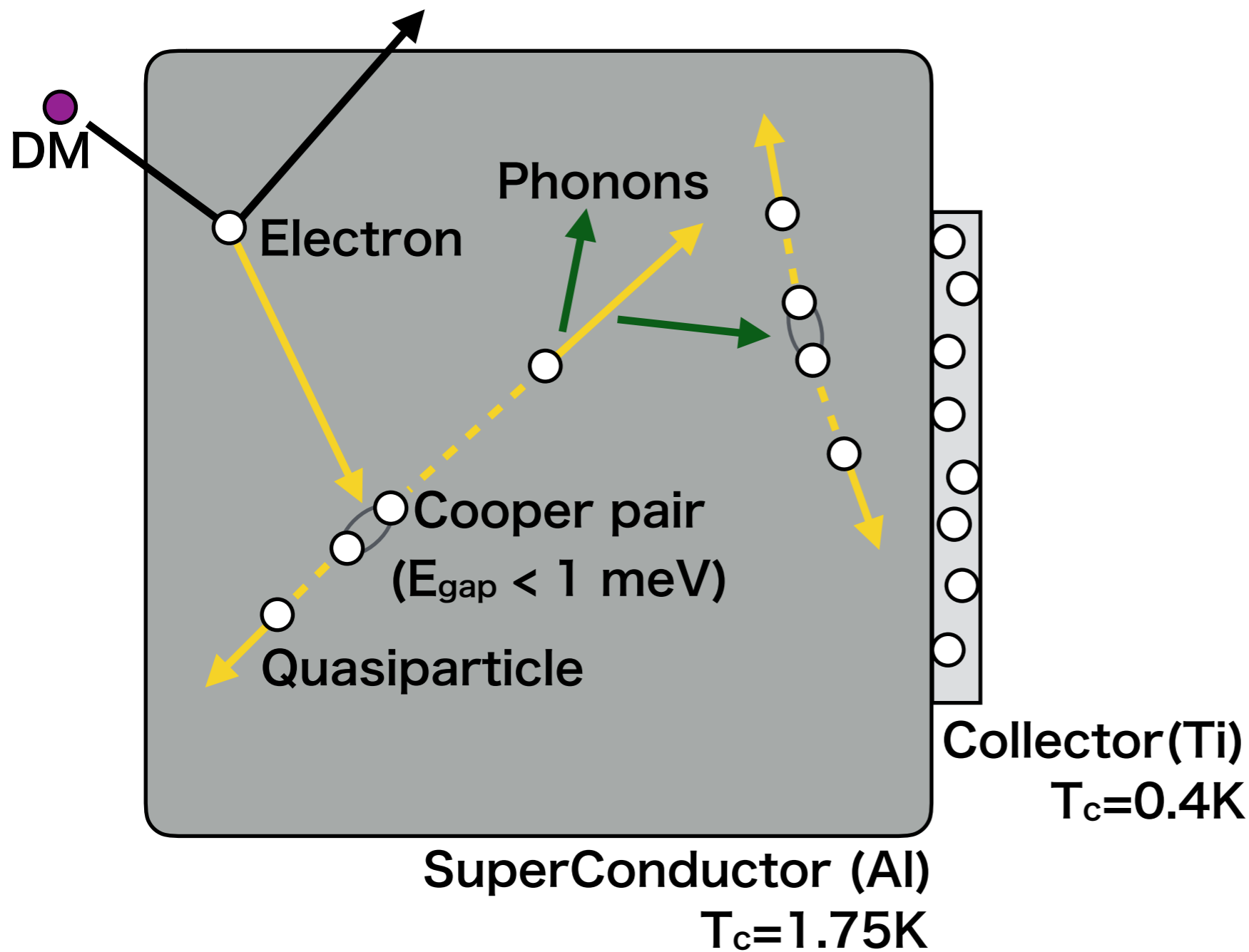
期待されるスペクトル

JHEP08(2016)057

Signal rates

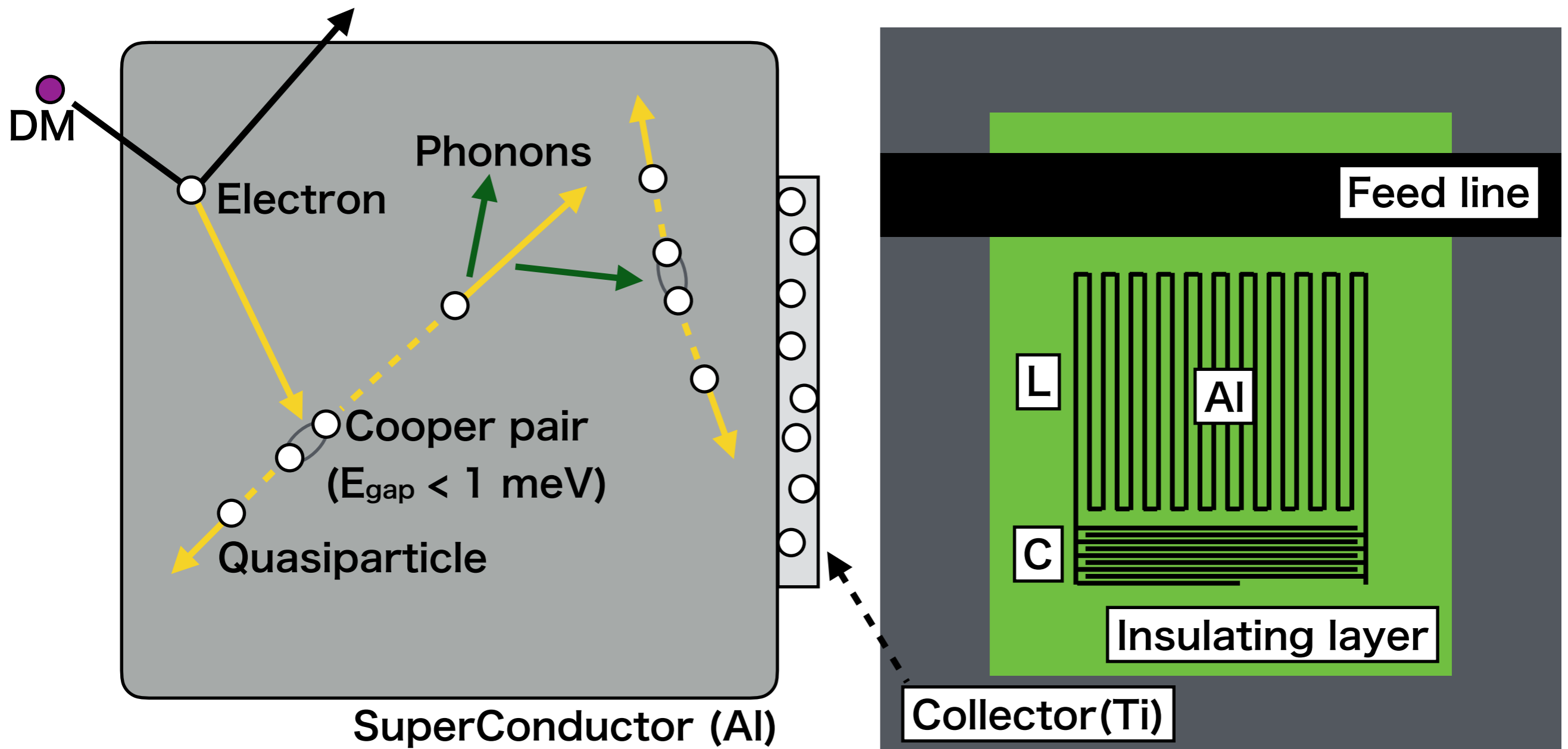


検出原理



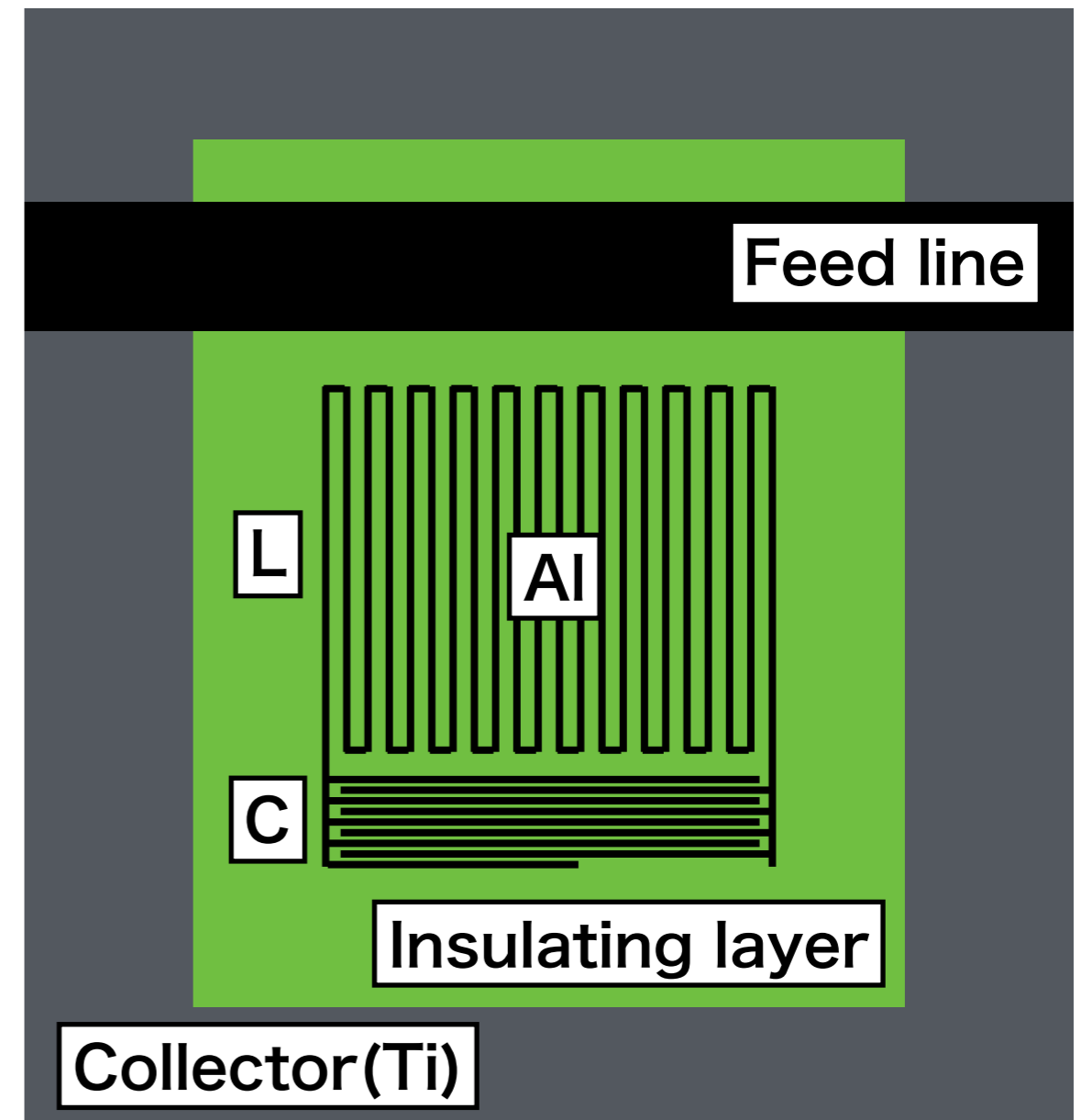
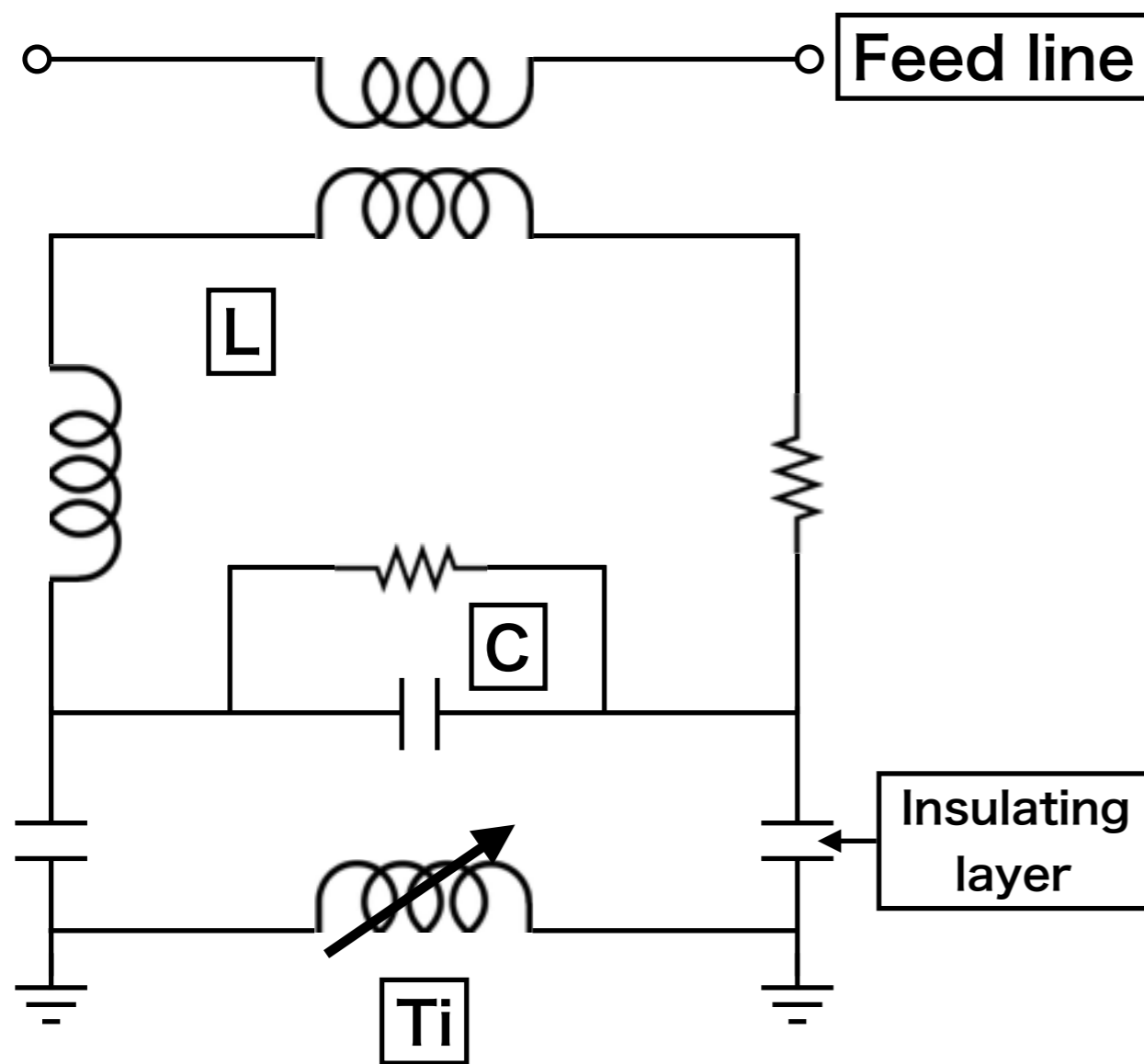
- ▶ 準粒子寿命 $> 2\text{ms}$ \rightarrow 20ms 寿命 仮定すると 5mm 角結晶で $O(10^5)$ 回衝突
- ▶ 臨界温度 T_c の違いを利用して, コレクター(Ti)に準粒子をトラップ

検出原理



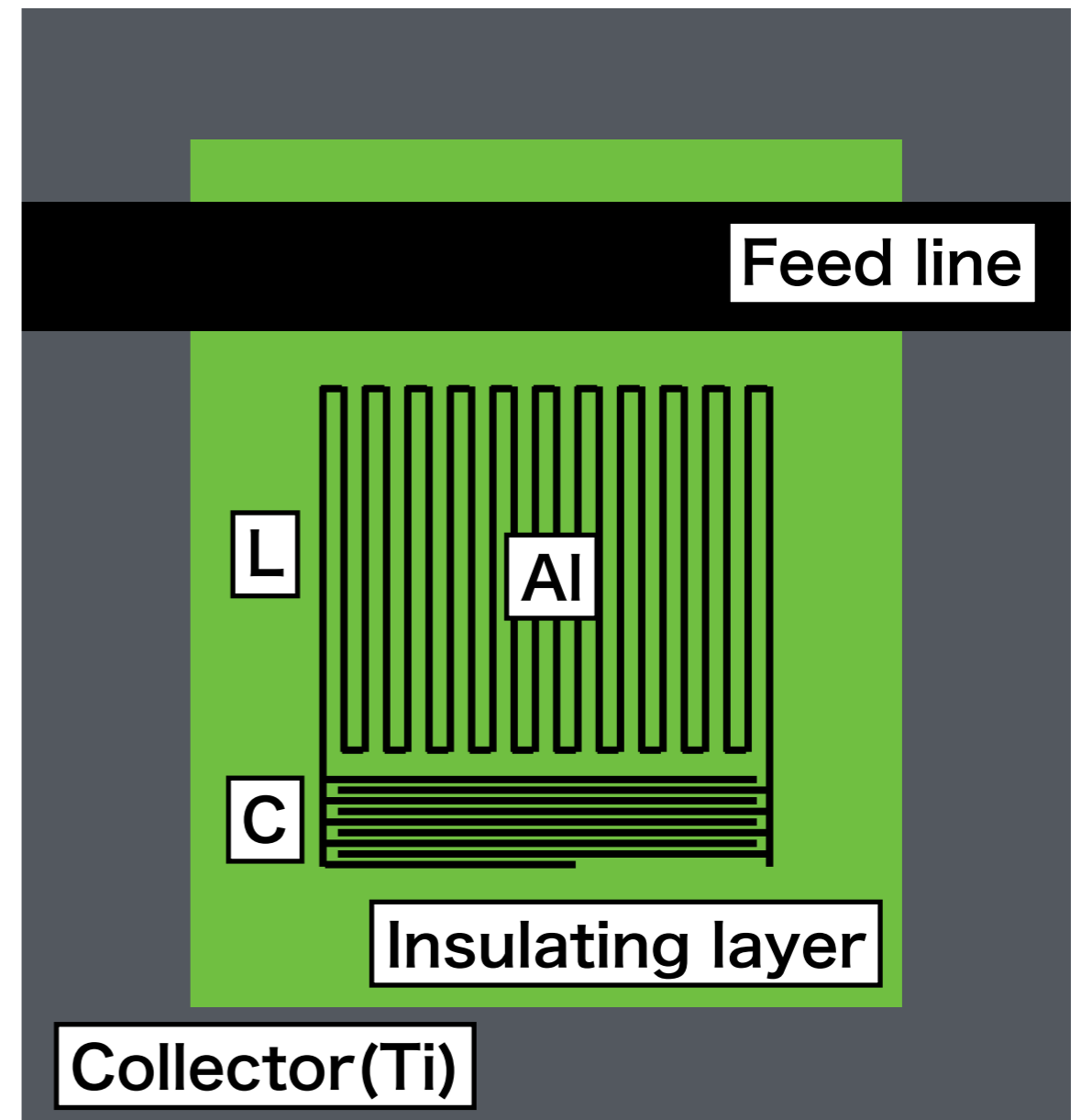
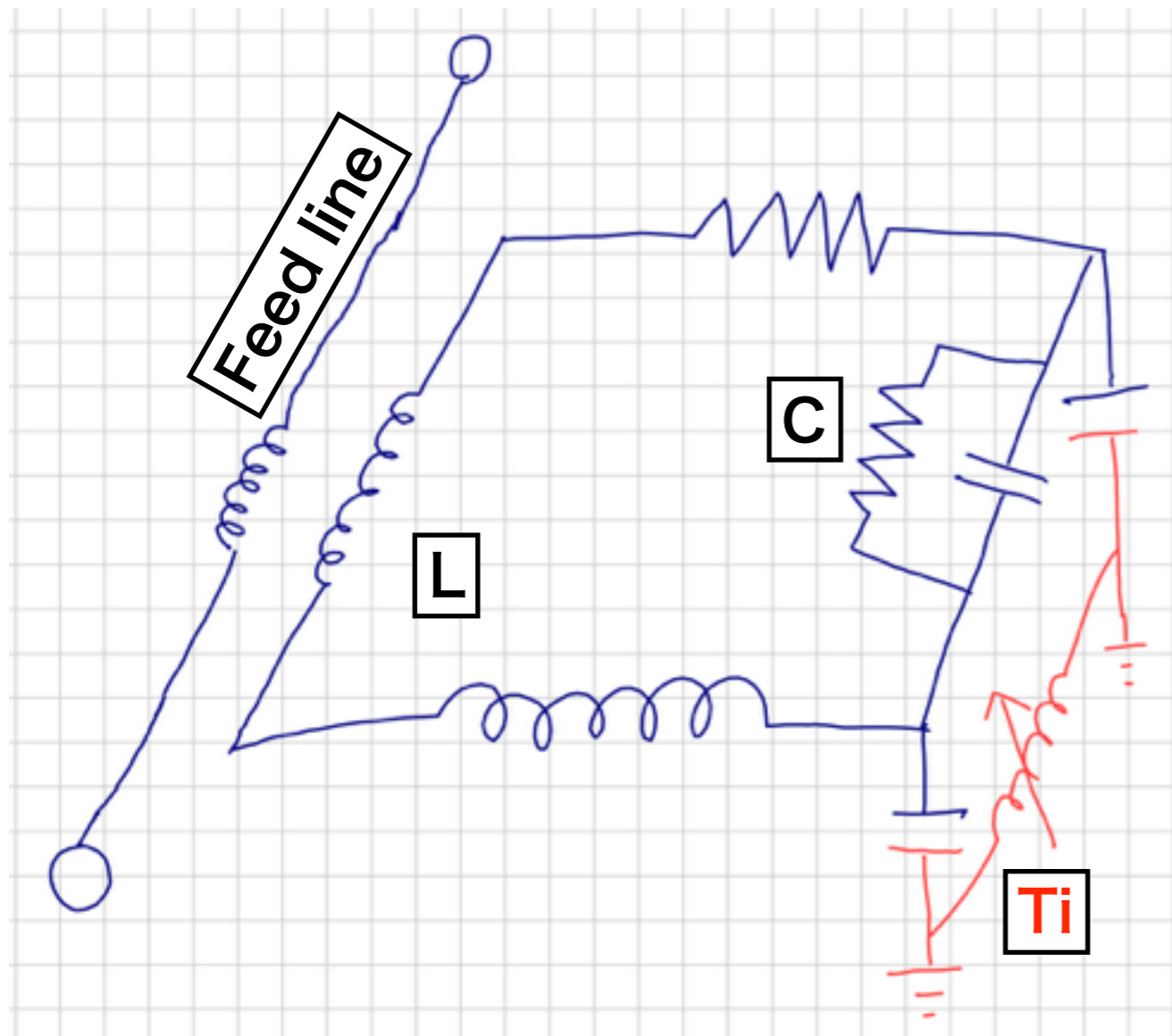
- ▶ 準粒子寿命 $> 2 \text{ ms}$ \rightarrow 20 ms 寿命 仮定すると 5 mm 角結晶で $O(10^5)$ 回衝突
- ▶ 臨界温度 T_c の違いを利用して, コレクター (Ti) に準粒子をトラップ

Lumped Element Kinetic Inductance Detector



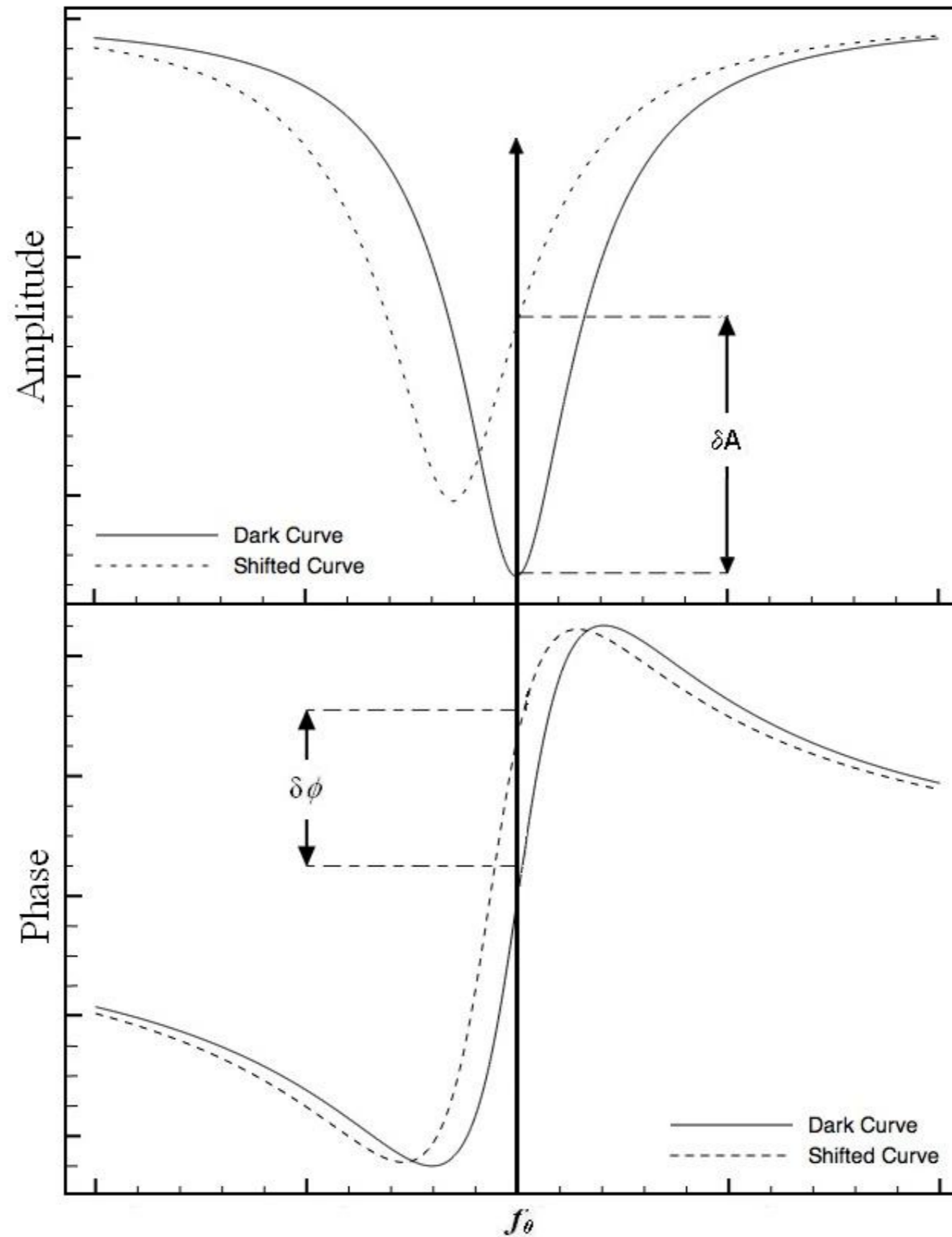
- ▶ 準粒子によって、チタンコレクターの inductance が変化し、それに伴う回路の共振周波数（振幅・位相）の変化を読み取る
- ▶ 他の検出器の可能性も検討中だが、現時点での有力候補

Lumped Element Kinetic Inductance Detector



- ▶ 準粒子によって、チタンコレクターの inductance が変化し、それに伴う回路の共振周波数（振幅・位相）の変化を読み取る
- ▶ 他の検出器の可能性も検討中だが、現時点での有力候補

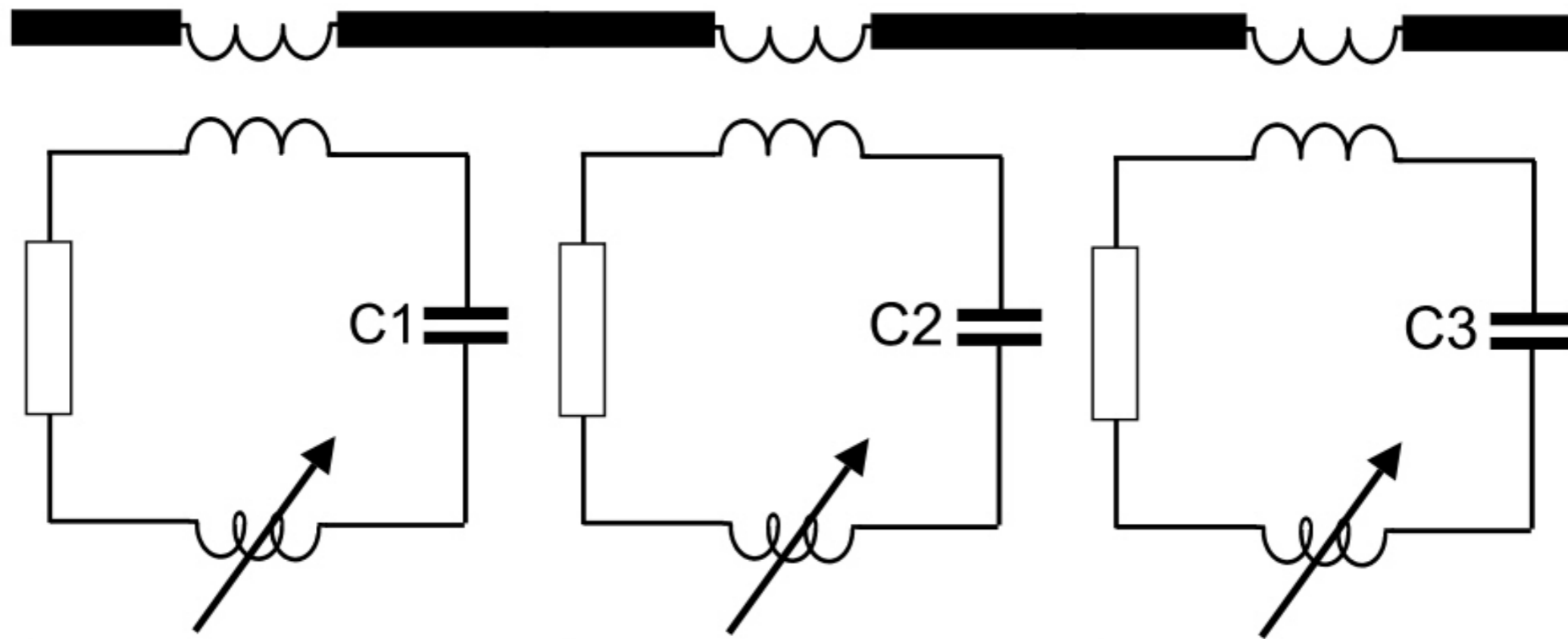
Kinetic Inductance Detector



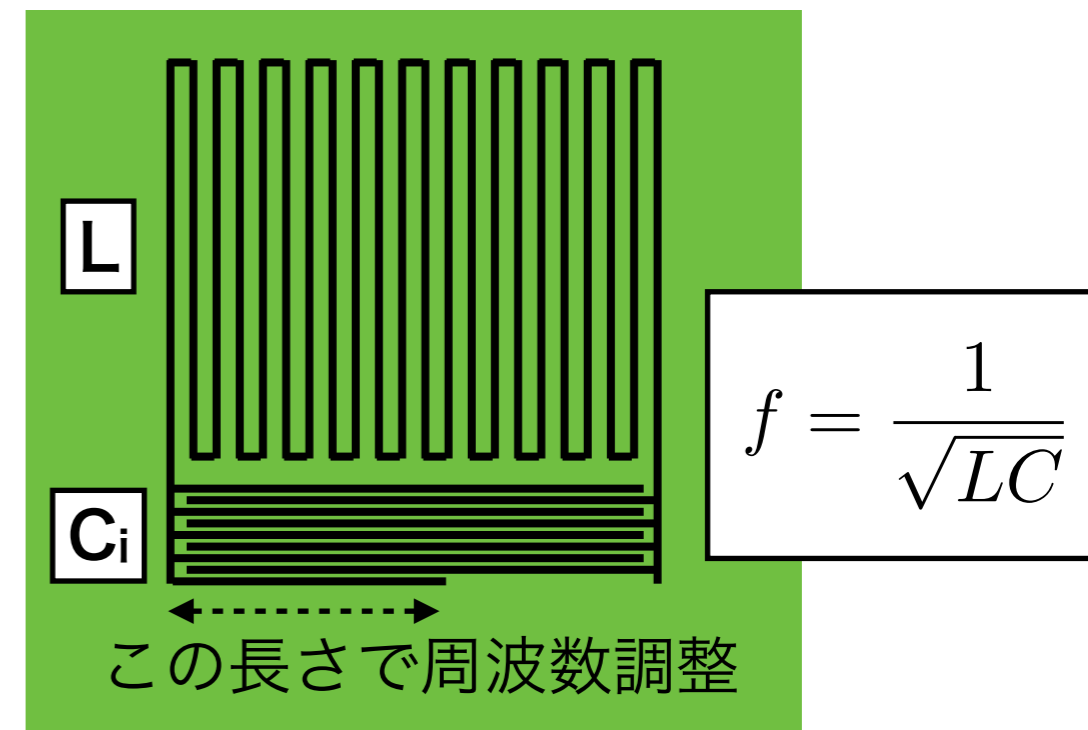
Simon Doyle Ph.D thesis(2008)

拡張性の高さ

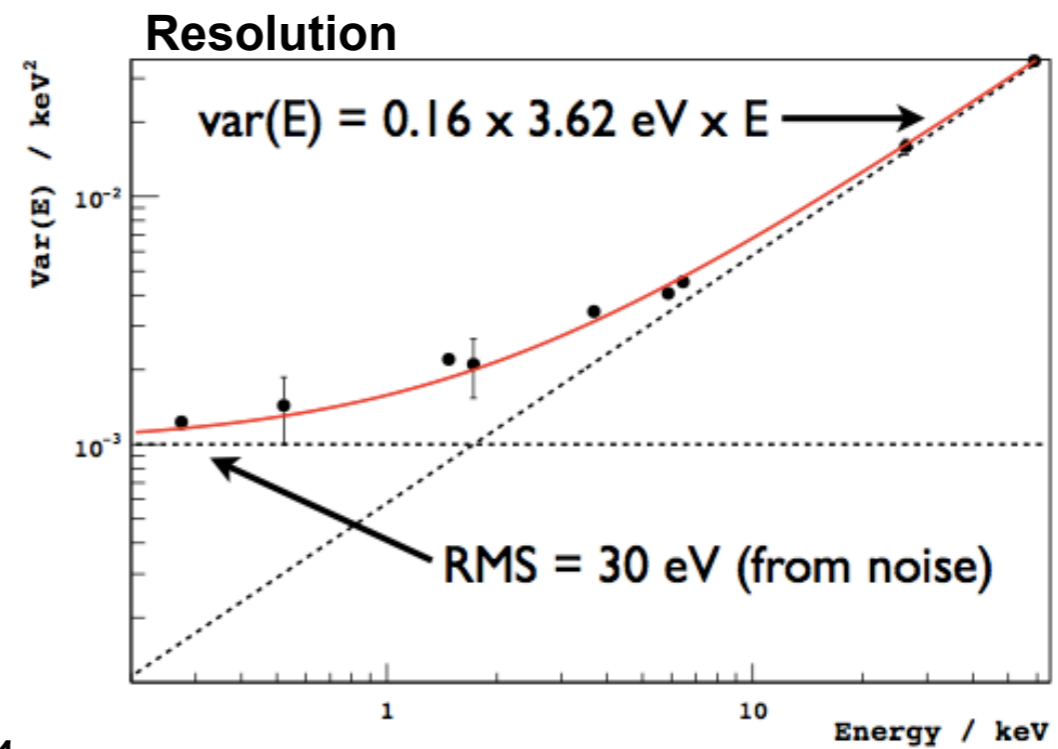
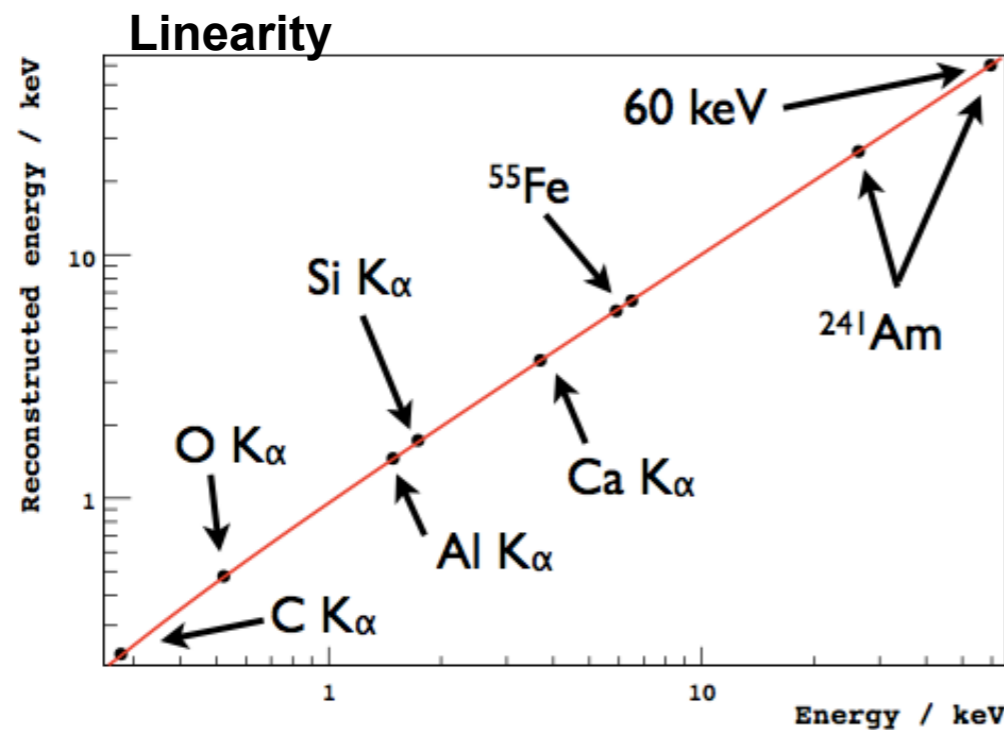
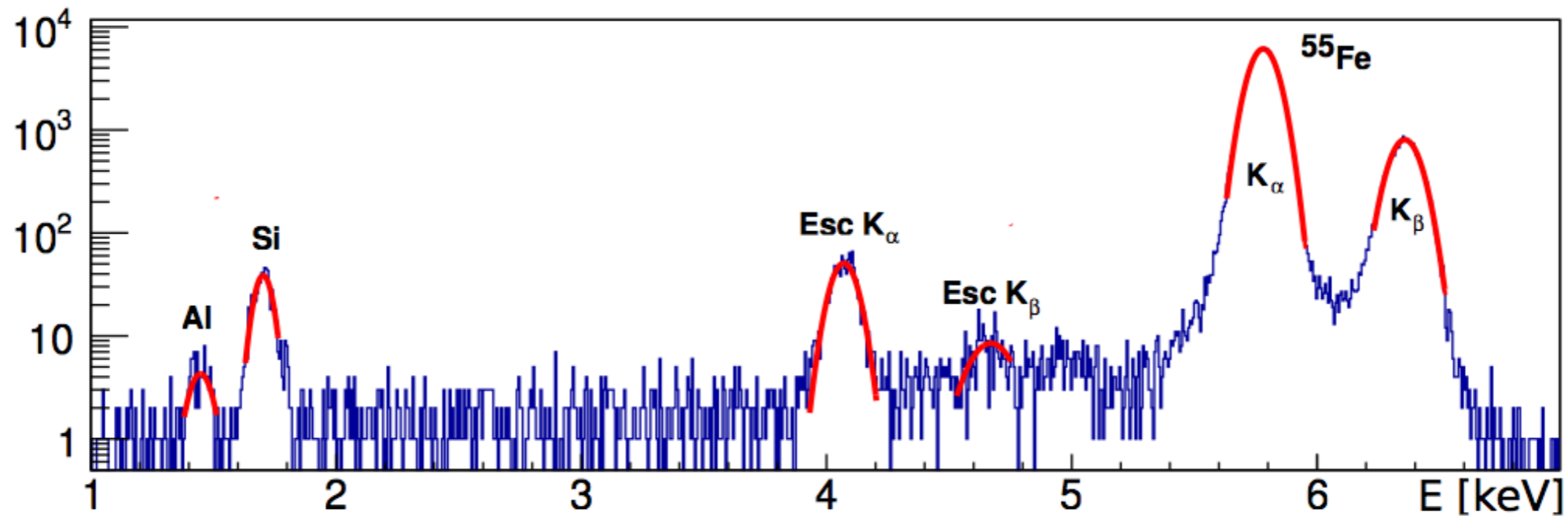
Simon Doyle Ph.D thesis(2008)



- ▶ 多素子化が容易であるため、高い拡張性
 - 2本で100以上の検出器
 - 信号線からの熱流入の低減
- ▶ 1cm³の結晶 1000個(Al だと 2.7kg)を 2x10 本程度で読み出し可能



DAMIC calibration (keV_{ee})



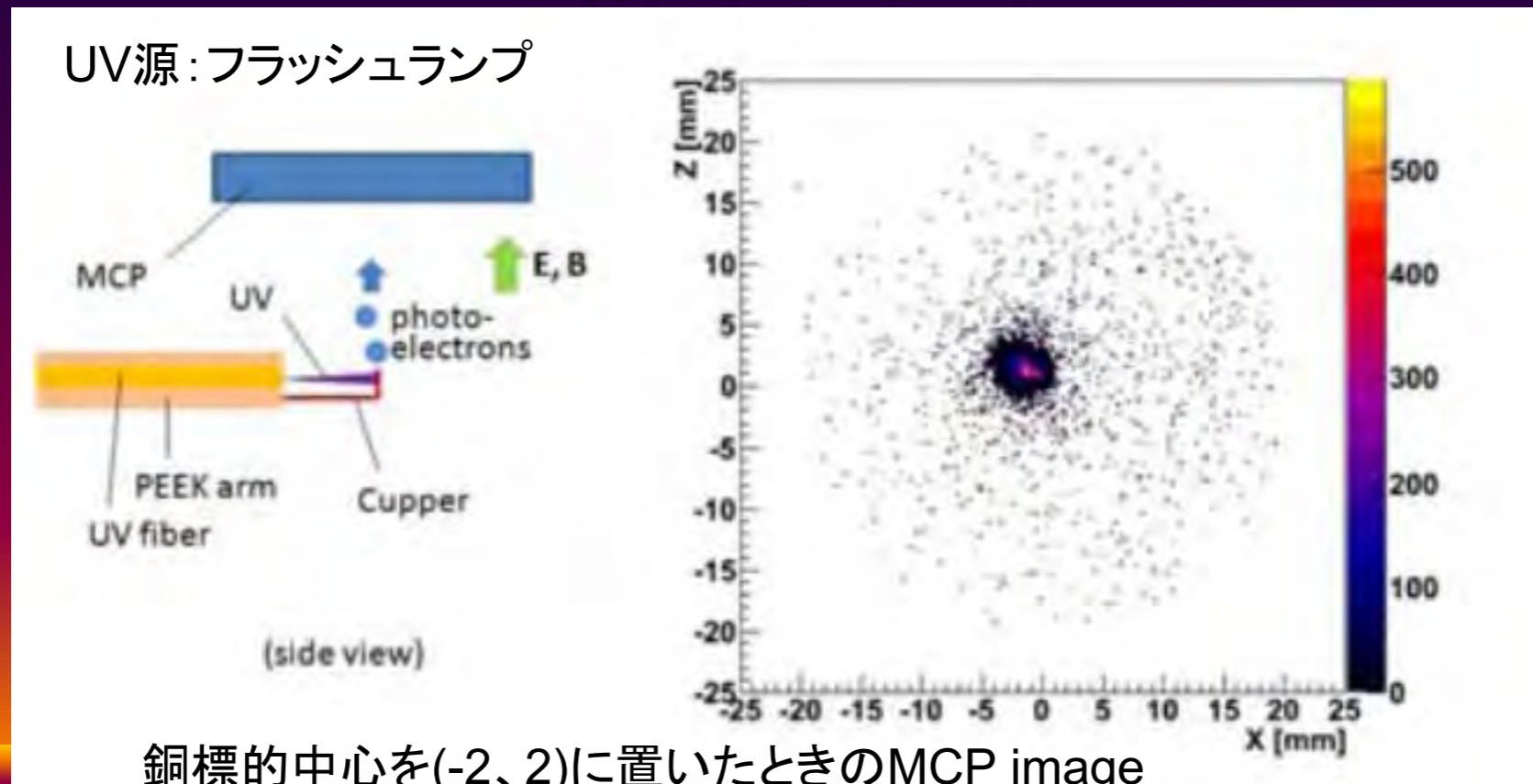
Paolo Privitera @ COSMO 2014

5

- ▶ 特性X線を使えば, $\text{O}(100) \text{ eV}$ までのキャリブレーションが可能

MCP再位置キャリブレーション

- ひよろひよろ電子 (~数eV) を作るのは困難
 - ⇒ UV + 銅 (光電効果) を用いる方法を考案
 - ⇒ 銅: 仕事関数 ~4.7eV
 - ⇒ UV 200nm の場合、平均エネルギー: ~2eV



銅標的中心を(-2, 2)に置いたときのMCP image

ひよろひよろ電子のイメージングに成功⇒今後詳細を詰める

http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/info/sympo/18/torape/20120222_kazuki_ICEPPsympo.pdf

▶ 光電効果による low-E 電子を使って, eV オーダーでのキャリブレーション

ソーブションポンプ式3He冷凍機システム

MODEL LTS-HE3-LV-T

こんな使い方もできます
<0.9ケルビン@4Heガス

基本性能

- ベース温度: $\leq 300\text{mK}$
- 冷凍能力: $100\mu\text{W}$ @ 350mK
- 保持時間: 100時間 (無負荷)
- 振動: $0.1\mu\text{m}/\text{RMS}$ (3Heステージ)

✦ 極限の振動対策を施した設計



▶ 今年度

↓
測定の基本セットアップ確立
KID 設計
DAQ 開発

▶ 夏まで(科研費申請前)

↓
できる範囲のキャリブレーション
検出器論文

▶ 来年度

↓
すべてのイベントがDMだと思った上限値
WIMP-AI 原子核反跳だと思って, standard WIMP 探索もがんばる
バックグラウンドに対する理解を深める
国際会議で報告