

## Abstract

近年の微細加工技術の発達によって生まれたガス放射線検出器の総称をMPGD(Micro Pattern Gas Detector)という。MPGDの一種であるガス電子増幅器(GEM)は、高い増幅率をもち、大型化が容易で、高い解像度の2次元イメージングが可能なることから、医療機器、宇宙観測など、様々な分野への応用が期待されている。我々は、GEMを利用して、医療応用や宇宙利用を視野に入れたX線検出器の基礎開発を行っており、その一環として、硬X線に対して感度を持たせるために、表面にAuをコーティングしたGEM(Au-GEM)の開発を行っている。現在、我々はこのAu-GEMが検出器として応用できるかを調べるための性能評価を行っている。

本ポスターでは、本研究の経過について発表する。

## 1. What is GEM?

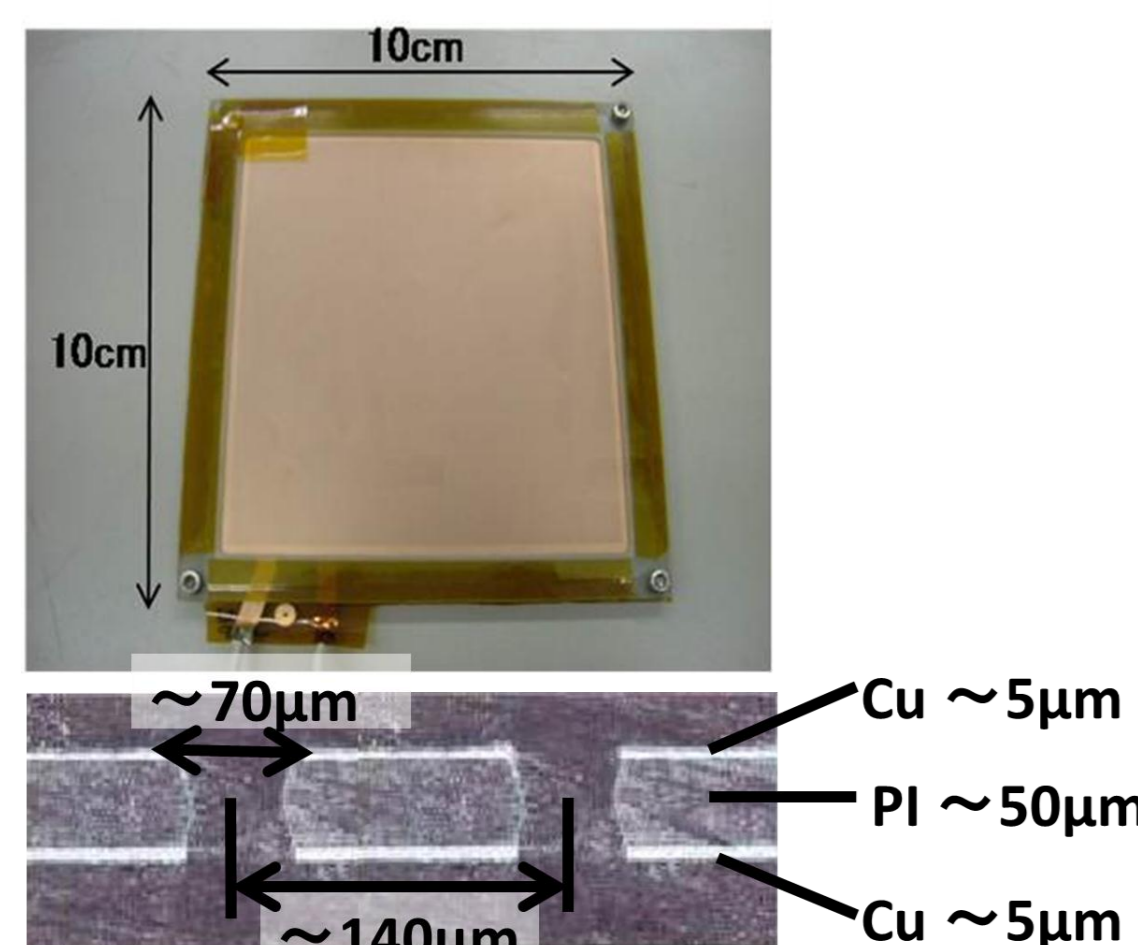


Fig.1 Gas Electron Multiplier (GEM).

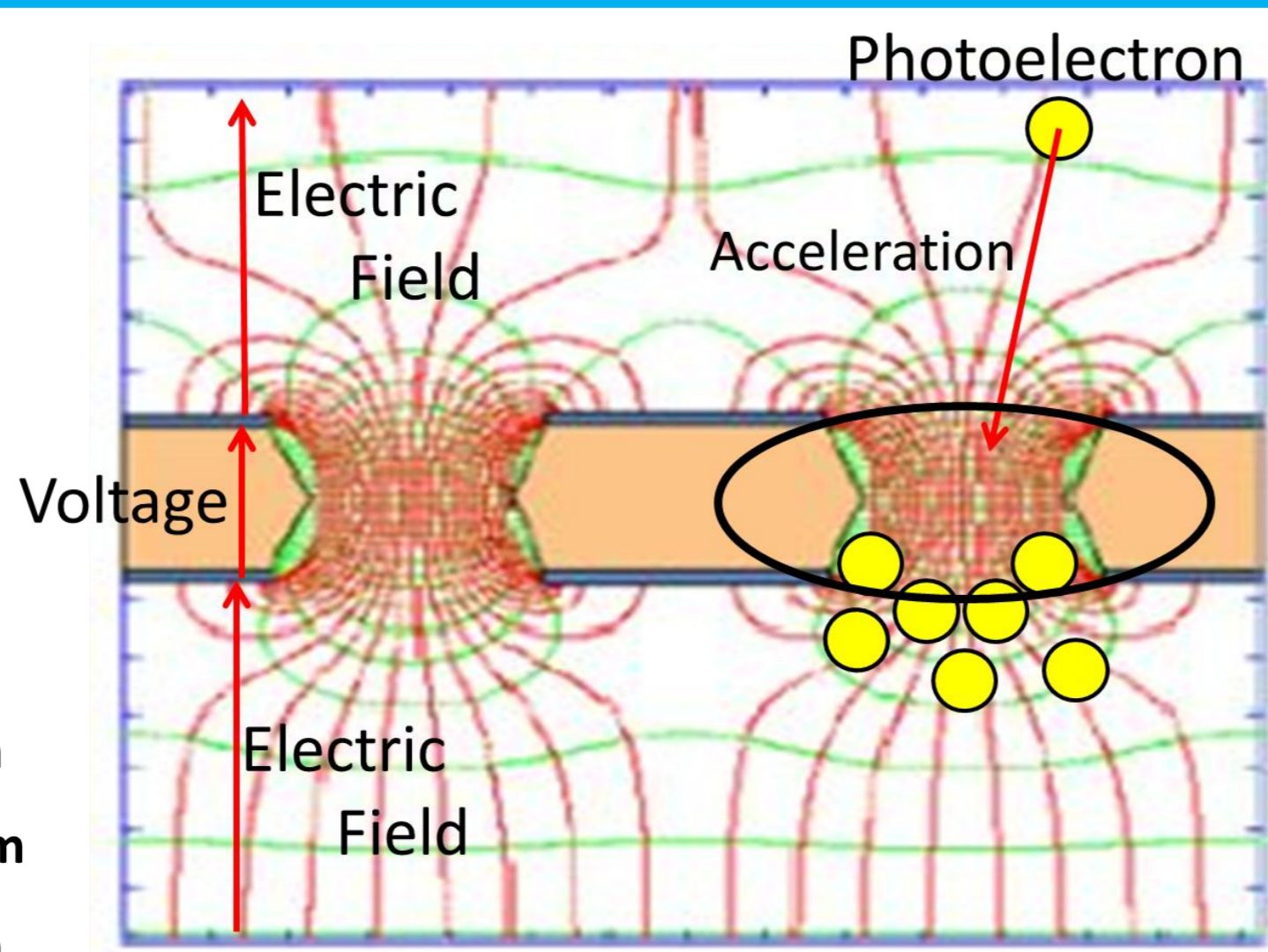


Fig.2 Electric field around GEM and amplification mechanism.

red line : Electrical flux line  
green line : Equipotential line

- GEMは、絶縁体膜(PIなど)にCu薄膜をサンドして、無数の孔をあけたもの
- 両面のCuを電極として、高電圧を印加する。

- 高電圧によって孔内部に生じた強電場によって電子は加速し、衝突電離によって電子の個数を大幅に増やす。

## 2. X-ray detector

### ➢ GEMのメリット

1. 高い増幅率
2. 大型化が容易
3. 高い解像度の2次元イメージングが可能

➡ 様々な分野での活躍が期待できる。  
(e.g. X-ray polarimeter for GEMS)

### ➢ GEMのデメリット

高いエネルギーの放射線に対して感度が低い

### ➢ 光電効果が起こる確率

$$\tau \sim \text{constant} \times \frac{Z^n}{E^{3.5}}$$

$\tau$ : 光電効果の起こる確率

Z: 原子番号

E: X線のエネルギー

n: X線のエネルギーで決まる定数 (3~4)

### GEMを応用したX線検出器の開発が目的

硬X線を検出するために、表面にAuをコーティングしたGEM(Au-GEM)を開発。

→GEM表面のAuで硬X線を検出する

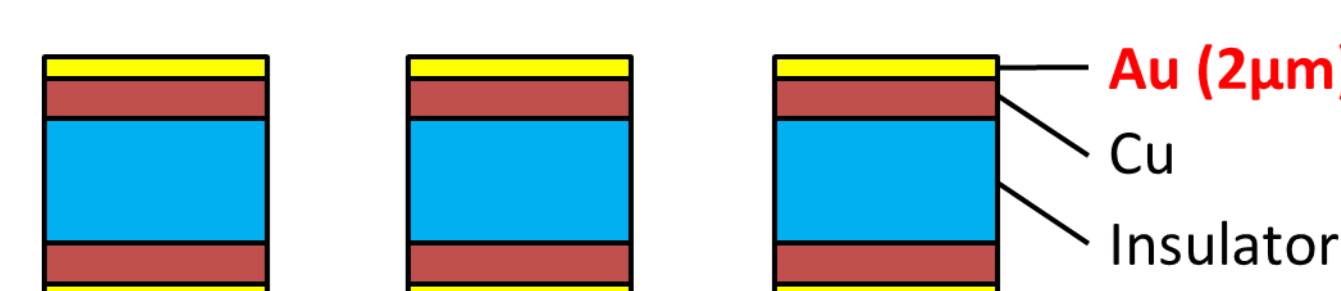


Fig.3 Illustration of Au-GEM

## 3. Experiments for evaluating Au-GEM performance

- 軟X線を照射して、Au-GEMの性能を調べた。

### 3.1 Set up

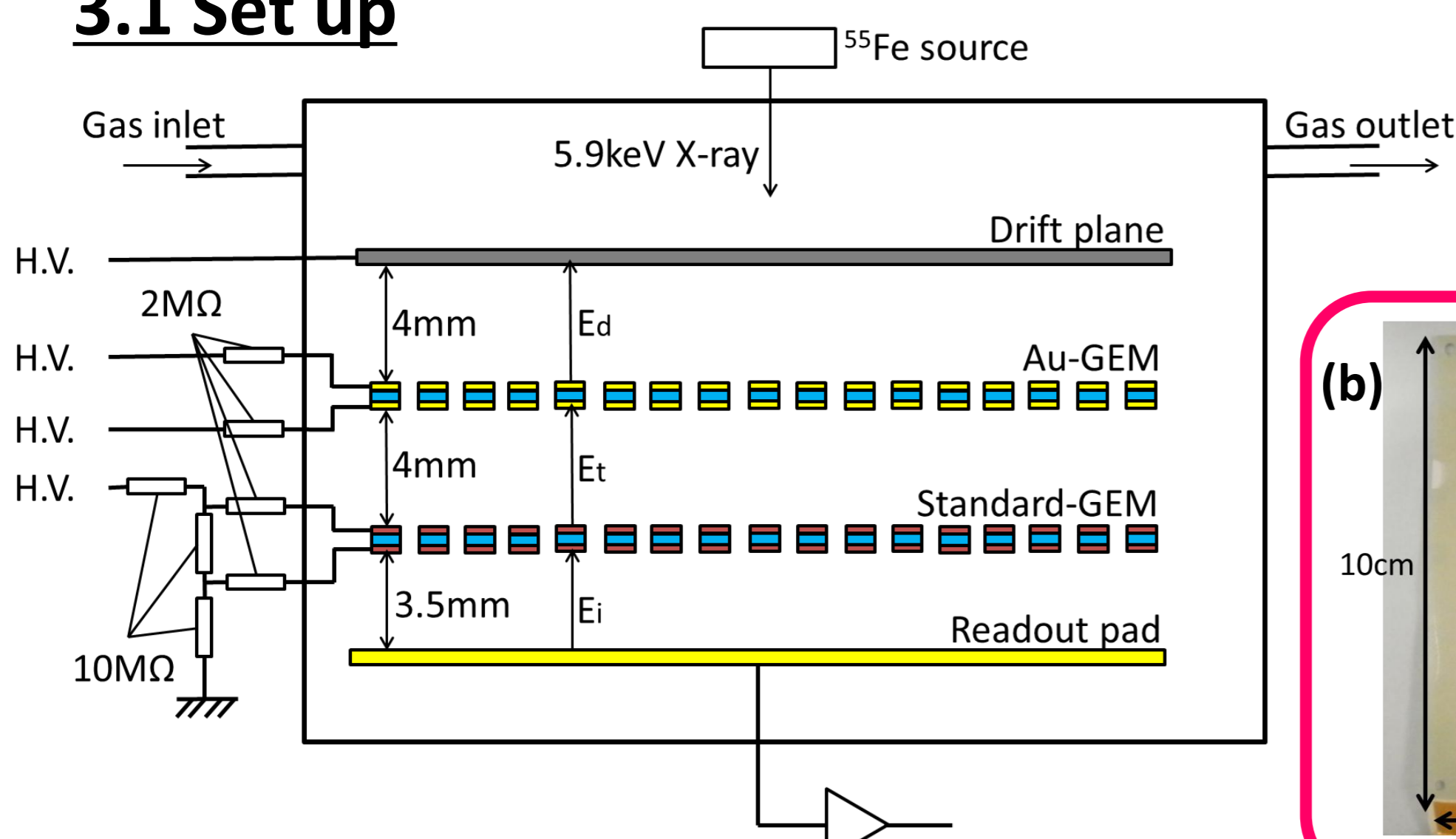


Fig.4 Set up in chamber. We flowed a mixture gas (argon/methane = 90%/10%) through the chamber. We fixed electric fields and voltage of Standard-GEM(dV<sub>GEM</sub>).  
Ed = 0.4kV/cm, Et = 0.8kV/cm, Ei = 1.5kV/cm, dV<sub>GEM</sub> = 590V.

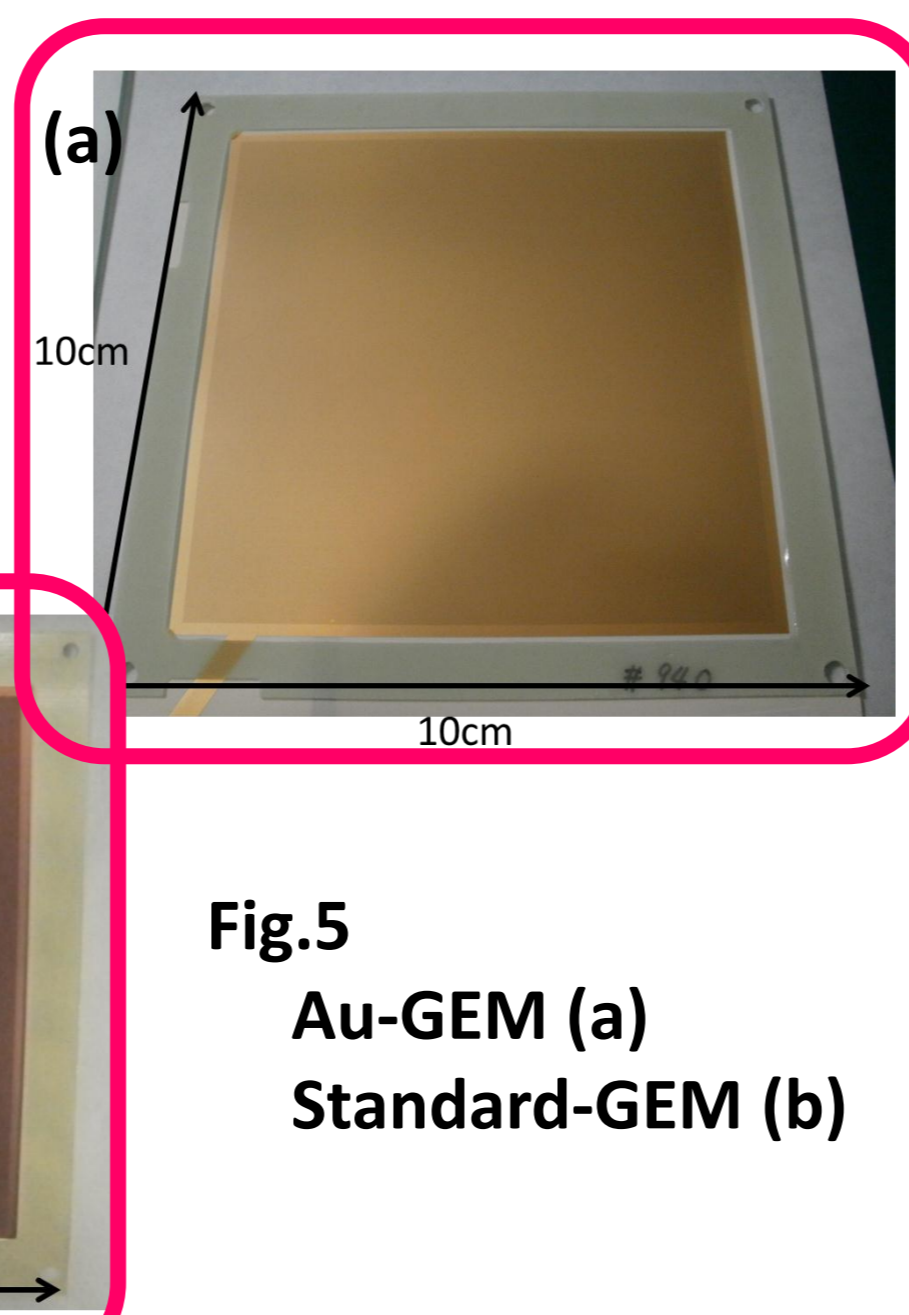


Fig.5 Au-GEM (a) Standard-GEM (b)

Table.1 Geometry of GEMs.

	Hole dia. [μm]	Hole pitch [μm]	Thickness [μm]
Au-GEM	70	140	50
Standard-GEM	70	140	100

### 3.2 Performance evaluation

#### ➢ Au-GEMの運用電圧

硬X線になると、光電効果はAu-GEMの表と裏の両方で起こる可能性が考えられる。その場合、Au-GEMが増幅器として働くと表で生じる電子の数と裏で生じる電子の数に差が生じる。

GEMの周りの電場による電子の収集効率を利用して、Au-GEMの表で生じた電子の個数が、Au-GEMを通り抜けた後に裏で生じる電子の数と同じくらいになるような電圧を調査する。

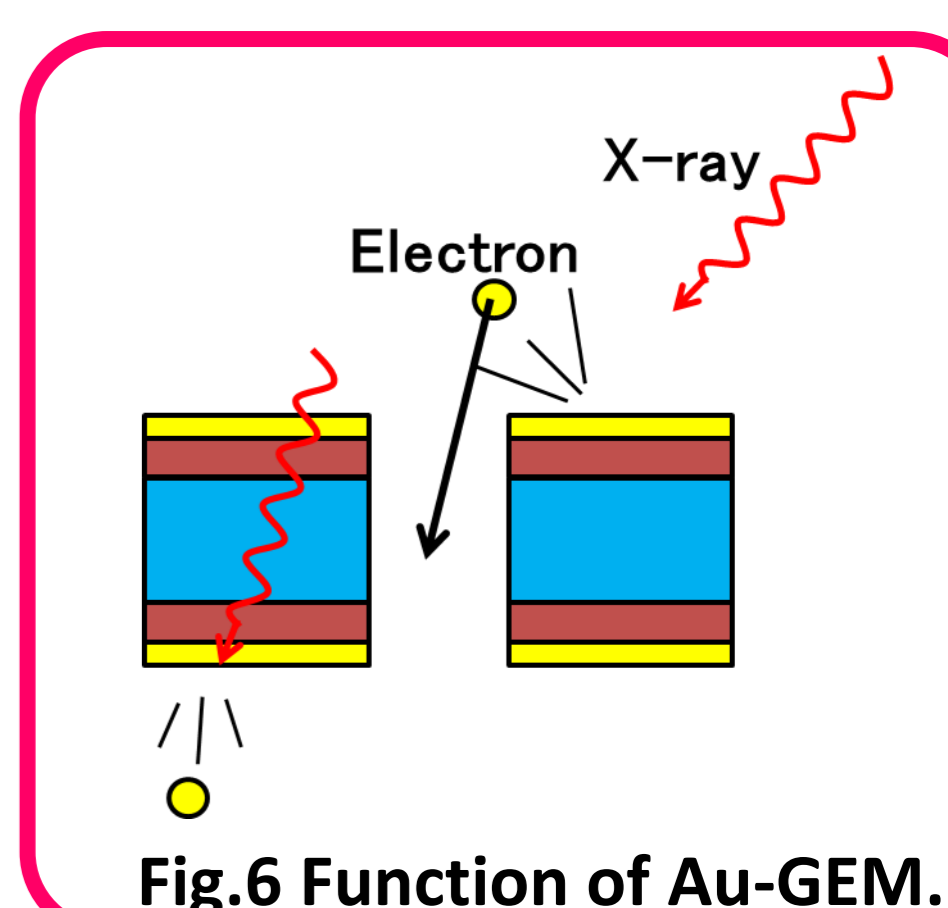


Fig.6 Function of Au-GEM.

#### ➢ Standard-GEM singleとAu-GEM+Standard-GEMの比較

Au-GEMがあることで、軟X線の検出にどんな影響があるのか調査する。

## 4. Results and discussions

### 4.1 Operation voltage

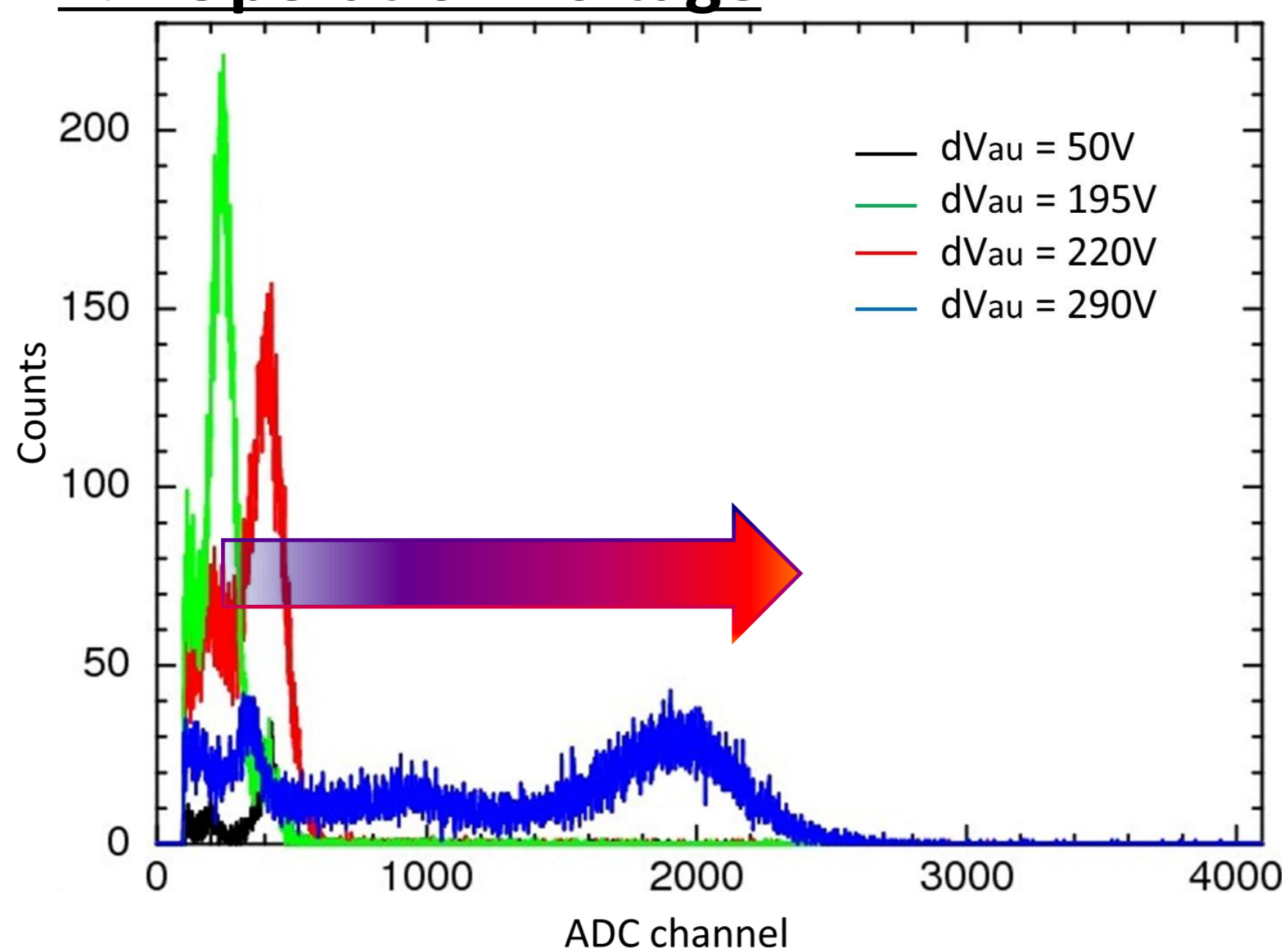


Fig.7 Spectrums at dV<sub>au</sub> = 50V, 195V, 220V, 290V.

- Au-GEMの印加電圧(dV<sub>au</sub>)を上げていくにつれて、左から右へ移動するピークがある。dV<sub>au</sub>を上げていくと動くことから、このピークがAu-GEMの上で生じる電子と考えられる。
- 400ch周辺でとどまっているピークもある。dV<sub>au</sub>によらないことからAu-GEMの下で生じる電子と考えられる。
- dV<sub>au</sub>が低いと、電子はAu-GEMを通過せずにAuに吸収されると考えると、Fig.8のように、dV<sub>au</sub>が低いときのメインピークと移動するピークが重なるところが、電子の数が同じくらいになった状態と考えられる。

- 以上より、Au-GEMの運用電圧としてdV<sub>au</sub> ~ 220Vとした。

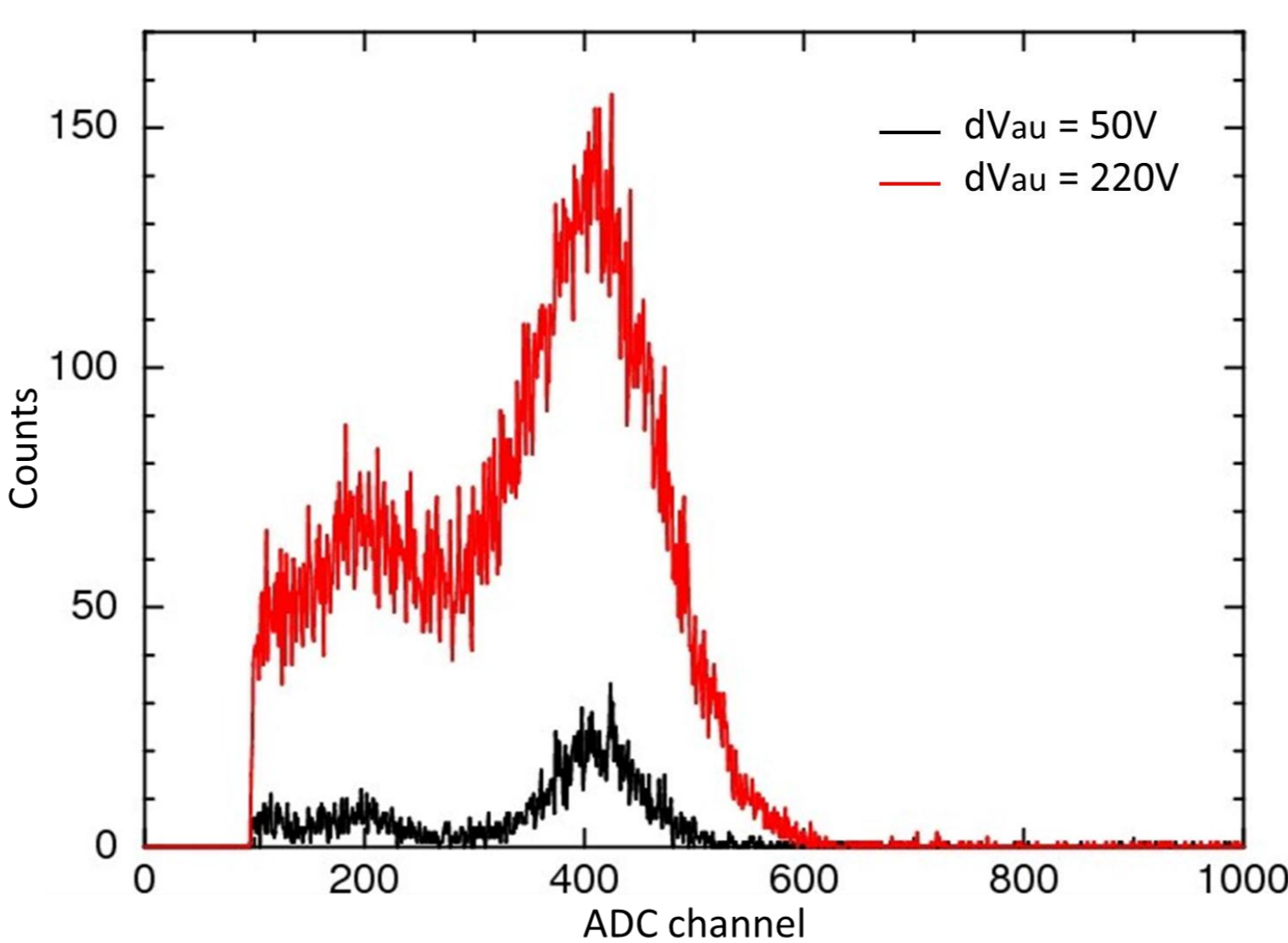


Fig.8 Spectrums at dV<sub>au</sub> = 50V, 220V

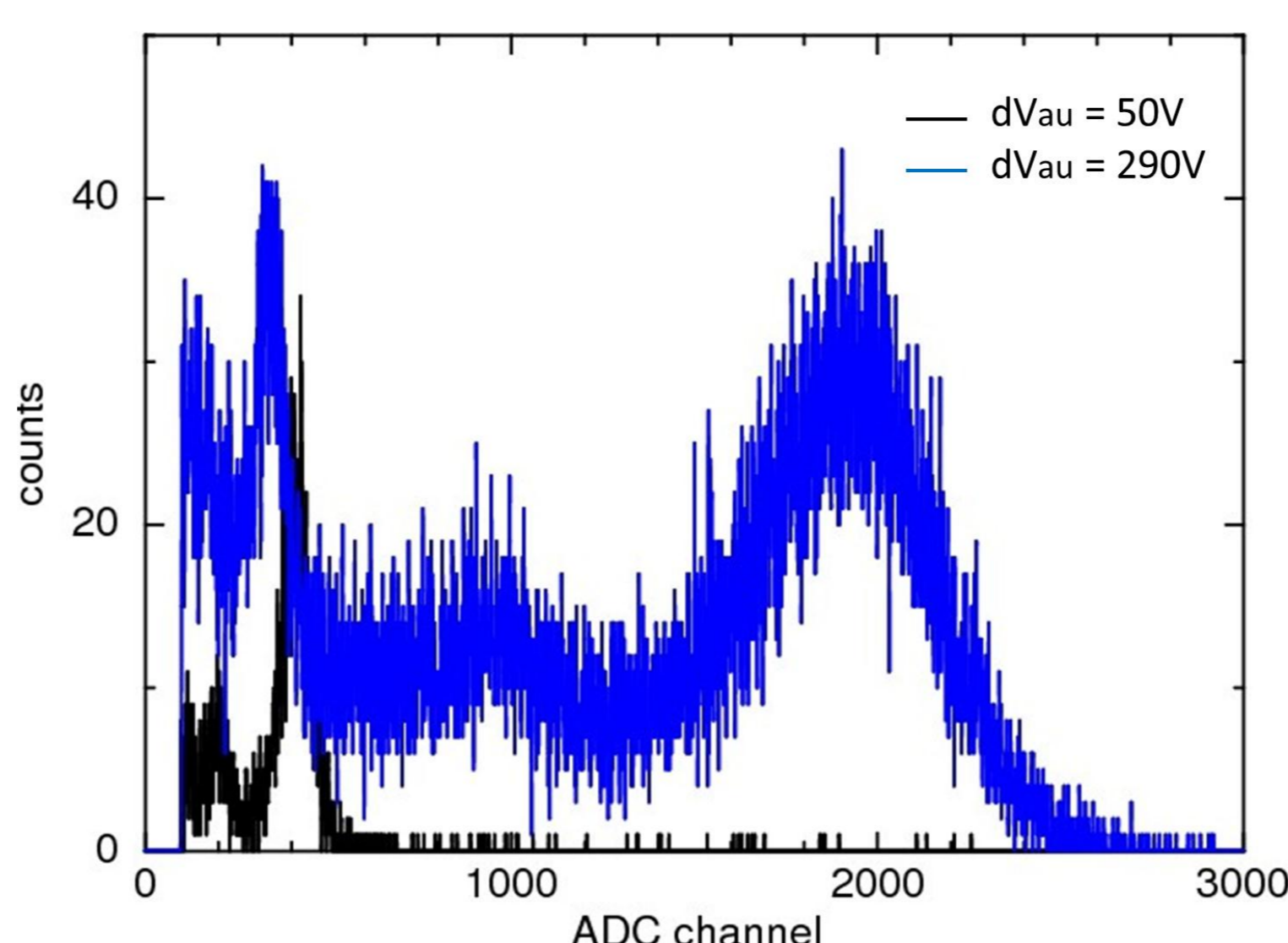


Fig.9 Spectrums at dV<sub>au</sub> = 50V, 290V.

### 4.2 Au-GEM+Standard-GEM vs Standard-GEM single

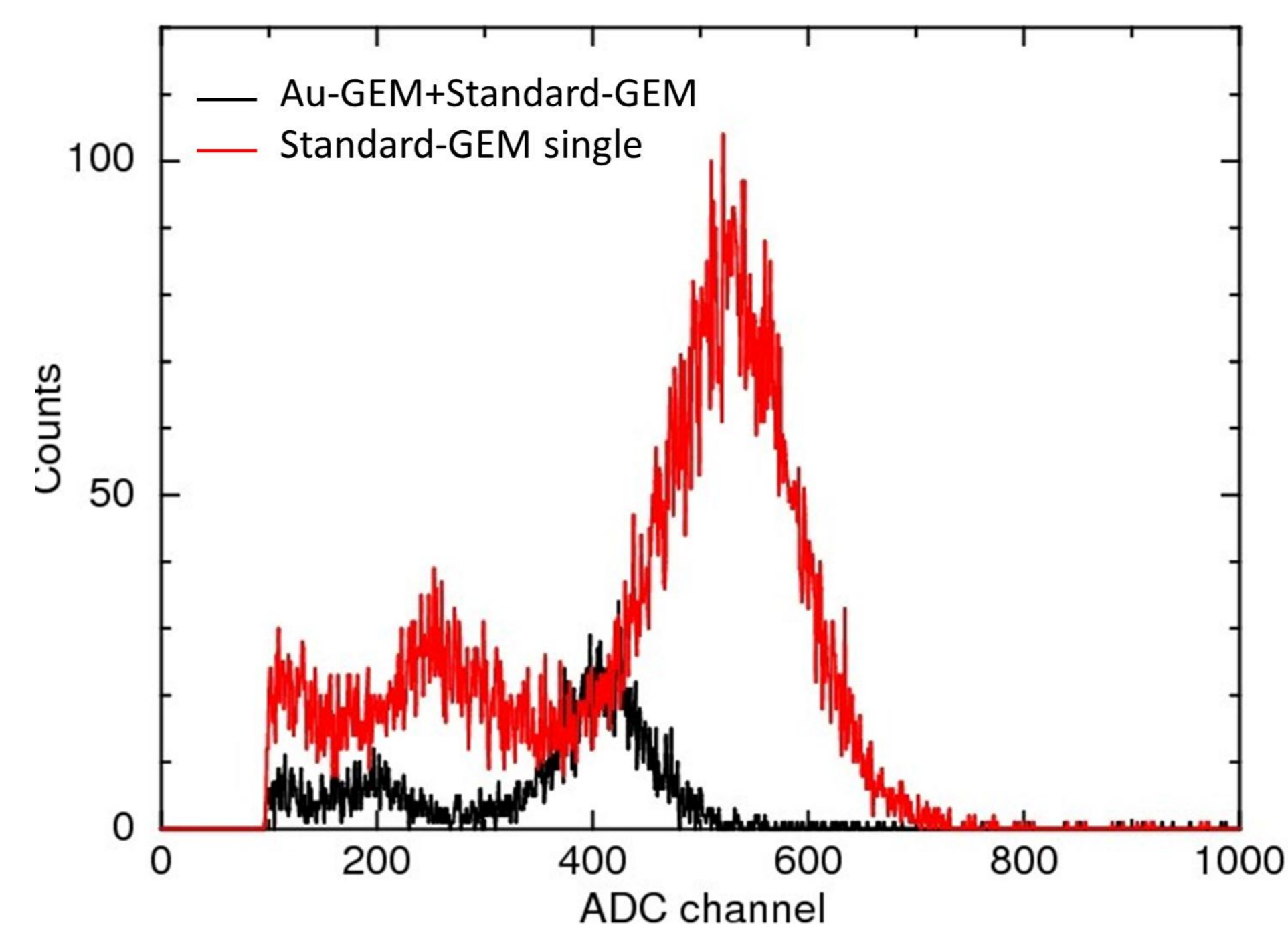


Fig.10 Spectrums of Au-GEM+Standard-GEM and Standard-GEM single  
dV<sub>au</sub> = 50V, dV<sub>GEM</sub> = 590V

- Au-GEM+Standard-GEMのメインピークは、Standard-GEM singleのメインピークより小さい。
- 入射したX線のうち、検出することのできるX線の割合、すなわち検出効率を計算すると~22%となった。(2つのメインピークの面積の比を検出効率として計算した。)

## 5. Summary

- 我々は、5.9keVの軟X線に対するAu-GEMの性能評価を行っている。
- Au-GEMの印加電圧(dV<sub>au</sub>)を上げていくごとに、左から右へ移動するピークと、電圧をあげても400ch付近にとどまっているピークの2種類が確認された。
- 移動しているピークととどまっているピークが重なった時のAu-GEMの電圧をAu-GEMの運用電圧として採用する。
- 以上より、本セットアップでは、運用電圧として~220Vを採用する。
- Au-GEM+Standard-GEMのメインピークと、Standard-GEM singleのメインピークの面積の比をX線の検出効率として計算した。
- 検出効率は、~22%となった。