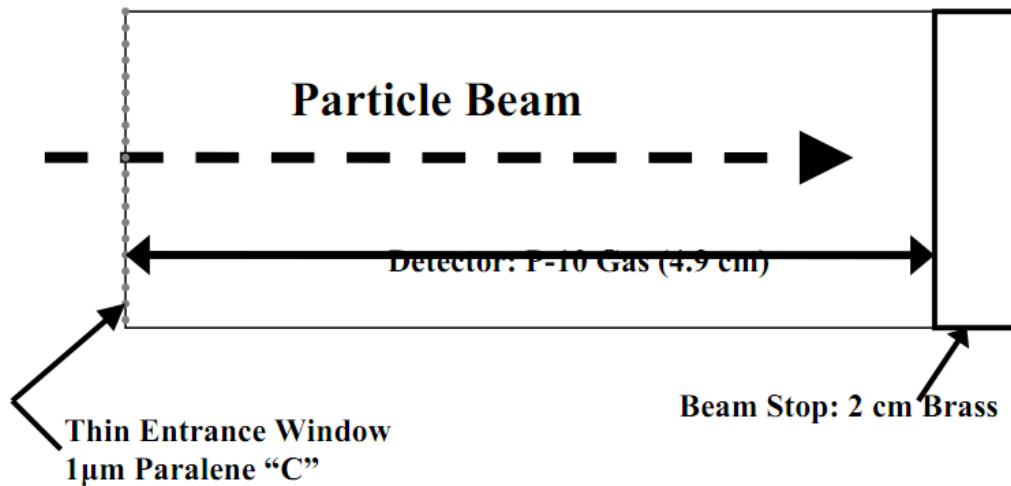


## 教程#3——创建复合靶

### 混合气体/固体靶——气体电离室

前面的教程已经涵盖了如何设置 TRIM、如何确定一个 n 型半导体井的注入离子种类和能量以及如何估算在半导体注入过程中的损伤。这个教程将介绍如何创建一个复合靶：一个气体和固体复合结构的载能离子气体电离探测器。



这个装置由一个长的圆柱体构成。在它左边有一个非常狭窄的入射窗口，它由一种名为 Paralene “C” 的聚合物制成。这层薄膜只有 1 微米厚，它能够让束流进入探测器时损失最少的能量。这个探测器内部充有一种名为 P-10 的特殊气体，其成分为 10% 甲烷 ( $\text{CH}_4$ ) 和 90% 氙气 (Ar)。氙气原子被粒子电离，然后放出的电子被电场（未画出）清除出去。有一种可能是电离气体会导致击穿，并且 10% 的甲烷气体会“猝息”过多的电荷堆积。最后在末端有一个“束流截止”靶。束流需要全部被截止在 P-10 气体中，但是通常会使用一个足够厚的尾部平板以确保安全。

我们希望在 SRIM 中创建这个探测器，这样的话我们可以估计当一个束流进入探测器时会发生什么。这是一个创建复合靶中的练习，我们只是使用探测器作为一个例子。

---

### 通过点击图标启动 SRIM 程序

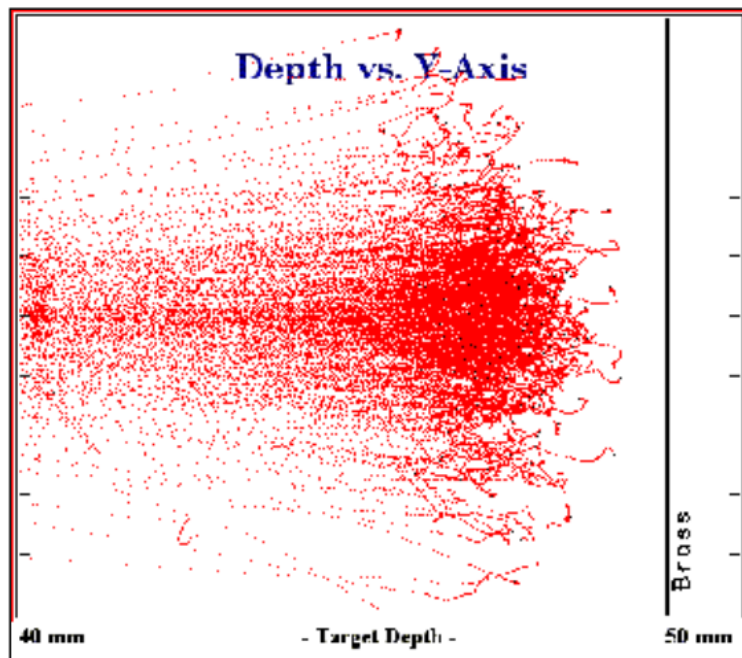
- 选择 **TRIM Calculation**
- 在左上角点击 **TRIM Demo**
- 在第二列底部选择靶 **He (5MeV) into Gas Ionization Detector**

- 点击 **Save Input and Start TRIM** 你可能得到一个关于靶密度的提醒。点击 **Yes** 来保持建议值

- TRIM 会启动这个模型的计算

这样的设置可以提供给你气体电离探测器的靶细节信息。以下几点需要注意：

- 所有离子在到达底部的黄铜束流截止靶前停止下来。
- 这个图像只展示了靶的一部分。注意到横坐标显示了从 40mm 到 50mm 处的深度。也就是说你将靶在这个深度的部分进行了放大，这使得你可以更详细地看到离子最终的径迹。



- 狭窄的入射窗口没有画出。它确实存在，但是当我们把所选择的区域放大时，它所在的第一层就不再显示在图像中了。

你可以查看几张计算得到的图像，但是你看不到反冲原子或者溅射原子，那是因为它们在这个计算中已经被省略了。当你查看完这些图像后，**选择不保存数据关闭 TRIM 窗口**。这会让你回到 TRIM 设置屏幕。

---

我们将要手动建立一个相同的设置来展示如何在 TRIM 中创建一个复合靶。在这个窗口的底部是清除所有条目的按钮。点击 **Clear All**

输入离子信息（**ION DATA**）：

- 在名为 Ion Data 的行中输入氦（Helium），原子序数为 2。你可以使用 **PT** 键。
- 输入离子能量（keV）例如 5000（5MeV）
- 入射角度为垂直入射，因而保持这个角度为零不变。

输入靶信息 (**TARGET DATA**)。这个靶有三层：表面的薄膜、长圆柱气体以及黄铜束流截止靶。

- 第一层是一个由 Paralene “C” 制成的塑料薄膜。有一个快捷方式可以输入这个复合靶。在 TARGET DATA 的右边有一个名为 **Compound Dictionary** 按钮。点击它。
  - 在这个路径中列出了 300 多种混合物。Paralene “C” 是一种商品名称，你必须知道它的确切名字或者查阅冗长的商品名称列表来找到它。点击 **PLASTICS/POLYMERS**。
  - 在展开后的列表中你将会找到：“Polychloro-p-xylyene/Paralene-C”。注意到这个列表告诉你其化学式为  $C_8H_7Cl$ ，密度为 1.289。底部的黄色窗口中是对该物质的描述，包含了其化学结构。（如果这个窗口包含很多奇怪的字符，那表明电脑尚未安装 Linedraw 字体。）**很重要的一点是：**这个说明包含了氢离子在这种物质中阻止本领的修正为+3.5%，它是基于这个化合物化学键的情况得到的。点击选择 Paralene-C。然后点击 **Add to Current Layer** 按钮。你将被问到是否使用这个化合物的阻止本领修正，选择是。
- 你将会看到第一层已经被填满了。这一层定义为 Paralene-C，并且其原子结构也被包含在内。唯一剩下的选项是厚度 (**Width**)，当前显示是 10000Å。这是默认值，对于 10 微米的厚度它不需要改变。我们现在可以来创建第二层了。
- 点击 **Add New Layer** 按钮。你需要设置一个短的层名。键入 **P-10 Gas**。
- 我们将直接创建这个气体层。在 TARGET DATA 窗口的右边部分通过点击 **PT** 打开元素周期表。找到 Ar 并点击选中它。第一个元素就设定为氩。
- 我们现在需要添加甲烷气体。点击 **Add New Element to Layer** 按钮。再次点击 **PT** 来选择第二种元素。选中氢(H)并点击它。这就选中了氢最为靶的一部分。
- 点击 **Add New Element to Layer** 按钮。并再次点击来选择第三种元素。

选中碳（C）并点击它。这就选中了碳作为 P-10 气体的一部分。

- 现在我们要来设定每种元素的数量。P-10 气体是 90% 的 Ar 和 10% 的甲烷 CH<sub>4</sub>。这是质量百分比，而 SRIM 使用原子百分比。可利用相对原子数 Ar: 64、C: 7、H: 29。找到靶中标为 **Atom.Stoich.** 的列，键入三种原子的化学计量，分别在氩、氢、碳的边上置入 64、29 和 7。SRIM 将会自动将其归一化到正确的比例。
- 接下来在该层（**P-10 Gas**）的左边有一个标记为 **Gas** 的小选项框。你需要检查并勾选这个选项框。由于气体相比固体具有更大的阻止本领，这会修改阻止本领的计算。现在我们需要改变层密度（g/cm<sup>3</sup>）。SRIM 会默认按照固体的密度来计算。然而 P-10 是一种气体，将密度改为 **.00125**。
- 最后一项需要键入的是靶厚度。我们希望这个厚度为 49mm。在 **Width** 列的边上有一个下拉菜单。点击它然后设定单位为“mm”。然后键入：49。
- 点击 **Add New Layer** 按键。你需要设定一个简洁的层名。键入：**Brass**
- 为了简化输入，再次打开。 **Compound Dictionary** 点击 **METAL/ALLOYS**。
- 找到 **Brass (typical)** 选项。点击它。然后点击 **Add New Element to Layer**

你将被问到是否想要添加“Brass”到“Brass”。它是在问你是否想要添加 Brass（黄铜）到这个名为 Brass 的层中。如果你回答不，那么你可以将它放置到一个不同的层中。但是我们希望将它放置在第三个名为 Brass 的层中，因而点击“Yes”。

- 黄铜包含了铜、锌和铅。除了层的厚度，所有的细节已经为你填好了。在 **Width** 列中键入 **2.5mm**。记得将下拉单位菜单设定为“mm”。

这就完成了计算的设定。注意到我们没有像在之前（教程 2）一样在窗口的顶部改变计算类型（“**Type of TRIM Calculation**”）。由于我们想要看在运行计算程序时将会发生什么，因而现在我们在使用快速损伤计算。特别是我们并不确定是否设定了足够厚的气体靶来截止所有的离子，我们将运行 TRIM 来看看将发生什么然后调整尺寸。

你已经完成了一个具有三个层、总共 9 种元素的靶的设定，好样的！

点击

Save Input and Run TRIM

你应该看到如右所示的图像

如果你没有看到，你可能输入了错误的信息。你必须回到一开始然后检查所有的输入。

当你得到这个图像时，你可以修改计算来得到更多更详细的信息。

- 在 TRIM 窗口的顶部点击

PAUSE

- 点击

Change TRIM

- 我们想要查看离子射程末尾的细节。要做到这个，我们需要展开图像窗口。在左边你可以看到一个名为 **PLOT Window** 的表格。在其下方是数字 **0A-515010000A**。这意味着这个图像显示了从表面 0 埃到 51.5mm 最深处的整个靶的情况。改变左窗口的值为 40mm=400000000A（8 个零）。改变右窗口的值为 50mm=500000000A（8 个零）。这将会产生一个专门显示射程末端的窗口。

- 在窗口的顶部点击

End Edit

键。一个窗口将会弹出告诉你你将重新开始 TRIM

计算。点击

Yes

- 点击。

Yes

TRIM 将重新启动。【有可能会有崩溃。如果是那样，你将会回到 TRIM

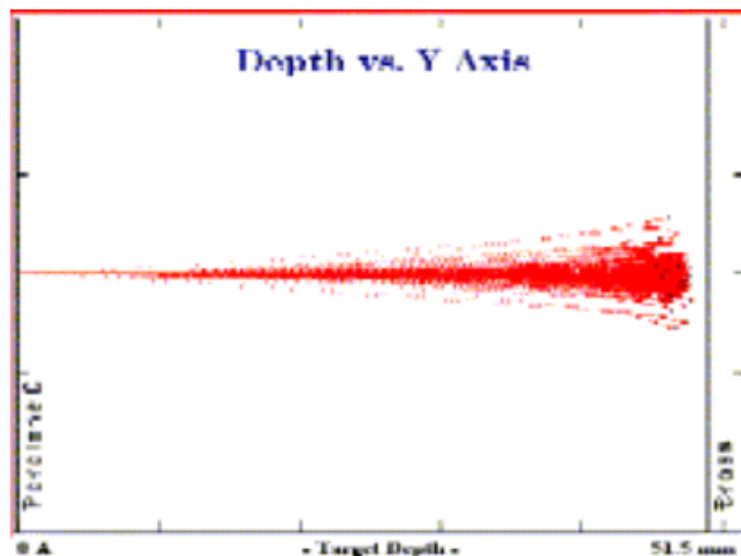
设置窗口。只要点击

SAVE Input and Run TRIM

键。然后重复上面的命令来改

变图像-窗口的深度。】

这时你的图像应该和你执行 DEMO 所得到的相同。注意到离子在它们行程的末尾之前都具有很好的方向性。它们很高的初始速度使得它们无法与靶发生强相互作用。靶中的传导电子具有相当于每核子 25keV 的速度（氦离子的速度大约为 100keV，因为氦离子具有 4 个原子质量单位）。这是在氦和靶电子之间发生最大强度相互作用的能量。氦和靶核之间的相

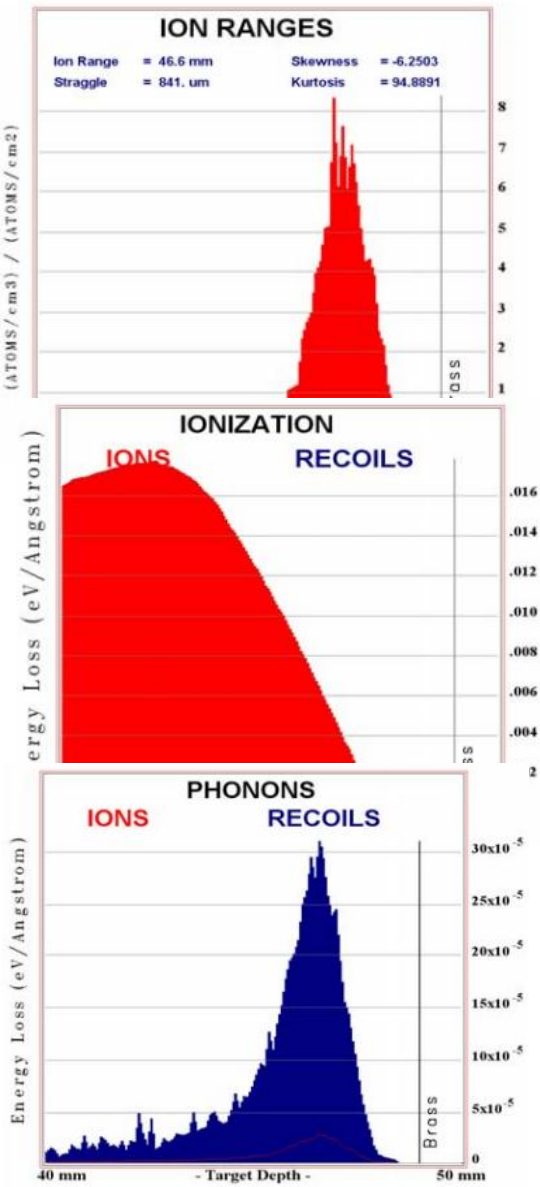


互作用只有在这个能量以下才是显著的。因而直到氦离子能量降到 100keV，也就是初始能量 5MeV 的 2% 以下前，氦离子束一直被紧紧地聚焦着。

来看几张图。点击

Pause TRIM

- 点击 **Ion Distribution**，你将会看到一个漂亮的高斯分布，中心位于 46.6mm 处。它非常窄，歧离度不到深度的 2%。
- 点击 **Ionization**。这张图展示了耗散到靶电子中去的能量。注意到在图像的底部是非常小的反冲原子电离的贡献（蓝线）。超过 99% 转移给电子的能量损失是通过和离子的直接作用发生的。
- 点击 **Phonons**。这个图像恰好显示了与靶中产生声子相反的趋势。现在靶中反冲原子占据了能量损失的主要成分。然而你应该注意到坐标的单位。声子能损大约是由于靶电子发生的离子能损的 1%。事实上，反冲原子给靶电子的贡献和声子（损失给靶原子）大致相当。离子损失给声子的能量几乎为零（看图中灰暗的红色虚线）。如果你查看窗口右面叫做“%ENERHY LOSS”的表格，你将看到能量损失的相对分布。直接损失给靶电子的能量大约为离子能量损失 99%，而其他的损失是相当微小的。




现在你已经完成了这个例子。关闭 TRIM 程序。当被问到是否要保存计算结果时选择是。保存计算结果到默认的 SRIM 路径中。当你返回 TRIM 设置窗口时，可以通过点击键来开始一个新


Clear All

的计算。

你可以通过点击右下角标记为“Resume saved TRIM calc”的小选项框来重新启动最后

一次的计算。现在就尝试一下。当出现对话框时选择“Restore TRIM from SRIM Directory”。


一个新的选项框将会在你上次的计算停止的地方出现。点击 

现在通过点击粉红色的选项框  返回计算。它将会返回到上次停留的地方。离子的图像将会重新开始绘制，因为这个图像未被保存。（如果你得到了错误提示信息，重新尝试这个步骤。）

**注意：**只有最后一次被保存的 TRIM 可以被重新调出，除非你在和 SRIM 默认位置 “.../SRIM Restore” 不同的其他本地路径保存了计算结果。如果你在别的地方保存过它，你总是可以从它上次停下的地方重新开始计算。

---

### TRIM 设置窗口的特别注意

在左下角有一个带有输入框的命令 “AutoSave at Ion#”。在一定数量的离子后 TRIM 会自动保存计算结果。通常 TRIM 会运行通宵运行，这个特色工具确保了即使出现断电情形也会有信息被存储下来。默认值是 10000 个离子。你可以使用命令  来查看已经计算好的结果。

下一个命令是 **Total Number of Ions**（默认为 99999）。若使用略有不同的离子或靶得到相同的计算结果，这一命令在对它们进行比较时非常有用。但所有设定的离子计算完成时，它会保存计算结果并停止。

下一个命令是随机数产生器（默认为空白）。它用于计算人工制造的事件（奇异事件）。例如，也许在 10000 个离子中可能只有一次机会使某个离子能够和表面原子发生强烈的碰撞，产生一个强级联反冲。如果你想保存典型的图像，有时这些罕见的事件会产生不正常的图像造成干扰。输入任意数字（1 就可以）然后你将得到一个完全不同的计算结果。如果没有数字被键入，那么这个默认的数值是 16381，它是深入钻研随机数理论的人所崇敬的一个数字。

---

注意：查看 TRIM 设置程序的一些细节需要“**LineDraw**”字体。如果你发现 TRIM 设置的某些部分使用了错的字体，按照下面的指示操作。

你可以在下面的路径中找到缺失字体的备份：...**SRIM 2003/Data/Linedraw.ttf**。你所要做的就是复制这个文件 **Linedraw.ttf** 到系统字体文件夹：C:/Windows/Fonts 中去。对于 Windows XP 系统这个字体将会自动被激活。在之前的 Windows 系统中，这个字体路径可能在一个不同的位置，并且你也许要通过以下两个步骤手动激活：

（1）将字体 **Linedraw.ttf** 移动到系统的字体路径然后（2）在 Windows Explorer 中双击字体名字。之后将会出现一个窗口询问你是否想要安装这个字体。