

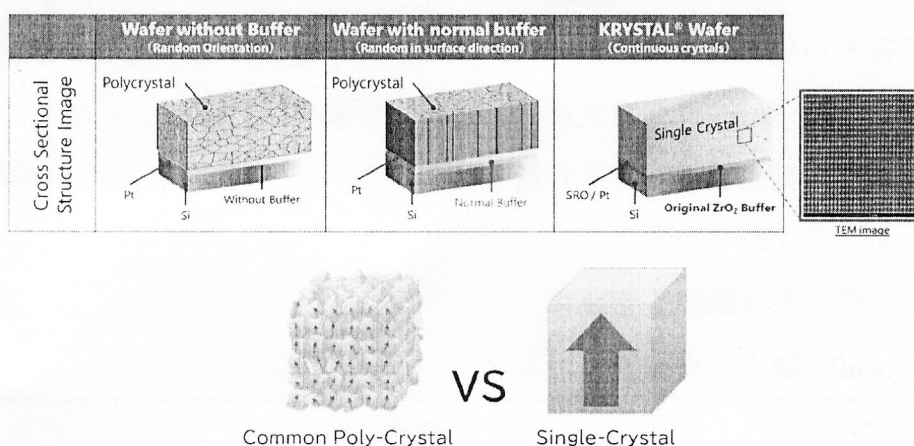
松山湖材料实验室（微加工与器件平台）关于采购单晶 PZT wafer 的需求论证和市场调研报告

1 需求论证

1.1 购买该材料的原因

压电薄膜是压电 MEMS 器件的核心材料，被广泛应用于各种 MEMS 传感器和执行器的制作，其中，铅钛酸铅（PZT）薄膜是最典型的压电薄膜，具有较高的压电系数，被认为是最具应用潜力的功能薄膜材料。

现有的 PZT 薄膜制备手段主要包括溶胶凝胶法和磁控溅射法，通过构筑不同的叠层结构、采用不同的工艺手段，实现了可产业应用的 PZT wafer。目前的 PZT wafer 以多晶薄膜为主，高质量多晶 PZT wafer 其压电系数可达百 pm/V，能够满足常规压电 MEMS 器件的应用。但随着更多的压电 MEMS 器件被设计，为了追求更极致的性能，现有多晶 PZT 已经不能满足，特别是多晶 PZT 薄膜的介电常数大、耐压能力不足、漏电大、损耗较高、极化衰减等缺点日益凸显，严重制约了压电 MEMS 器件的性能提升，也局限了 PZT 薄膜的进一步应用。



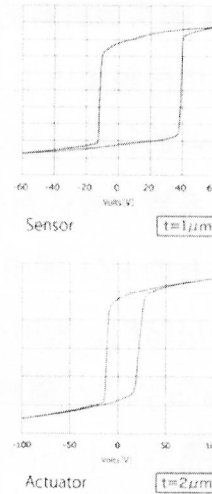
如上图，单晶消除了晶粒晶界，相比于多晶有天然优势。日本 KRYSTAL 率先通过独特的叠层结构和自有生长工艺（等离子控制技术），率先解决了 PZT 薄膜和衬底之间的晶格失配问题，形成了 PZT 单晶薄膜这种几近完美的材料结构。单晶结构的形成，降低了多晶 PZT 薄膜的介电系数和介电损耗，提升了耐压能力，同时更稳定、不容易退极化，居里温度也随之提高、有助于器件制备的工艺兼容性、大大拓展了应用范围……正是以上诸多优点，业界对单晶 PZT wafer 翘首以盼。

下表显示，日本 KRYSTAL 的单晶 PZT 与其它厂商的高质量多晶 PZT 薄膜相比，二者具有同水平的压电系数，但是介电常数大大降低、耐压能力大大提升。且针对传感器、执行器等不同应用方向，还可以微调薄膜性能。

Standard specification

Application	Single Crystal PZT (KRYSTAL® Wafer)		Polycrystal PZT
	Sensor	Actuator	
Orientation	(001) single layer	(001) single layer	Mixture of (100) and (001)
Horizontal crystalline structure	Epitaxial	Epitaxial	Random
Initial polarization	Yes	Yes	No
Dielectric constant	140	450	1000
Young's modulus	45GPa	30GPa	
Piezo-electric constant (d31)	80pm/V	300pm/V	250pm/V
Voltage withstand	50V/ μ m	100V/ μ m	
Usable area (6")	ϕ 120mm	ϕ 120mm	
Usable area (8")	ϕ 170mm	ϕ 170mm	

PE hysteresis



目前，微加工与器件平台已在运行一台 PVD (PZT/ScAlN) 设备，为客户提供高质量多晶 PZT wafer，对压电 MEMS 工艺技术开发提供了强有力的支撑。但依托该设备工艺技术，并不能获得单晶 PZT wafer。在过去两年的技术服务过程中，不断有客户提出希望降低薄膜介电损耗、希望进一步减小漏电、希望我们能够提供单晶 PZT wafer 进行工艺对比验证等，且客户愿意付费承担相应的研发成本；为满足客户需求、进一步提升技术服务能力、开发更好的压电 MEMS 器件，需采购一批单晶 PZT wafer。

1.2 主要技术指标和质量要求

单晶 PZT wafer 规格要求如下：

Wafer 规格	规格	必要/非必要
衬底	8inch, Si 或 SOI	必要
种子层	ZrO ₂ , 60 $\pm$ 6nm	非必要
底电极	Pt, 150 $\pm$ 15nm	必要
缓冲层	SRO, 40 $\pm$ 4nm	非必要
压电层	PZT, 2000 $\pm$ 100nm	必要
黏附层	SRO, 10~20nm	非必要
顶电极	Pt, 100~150nm	非必要

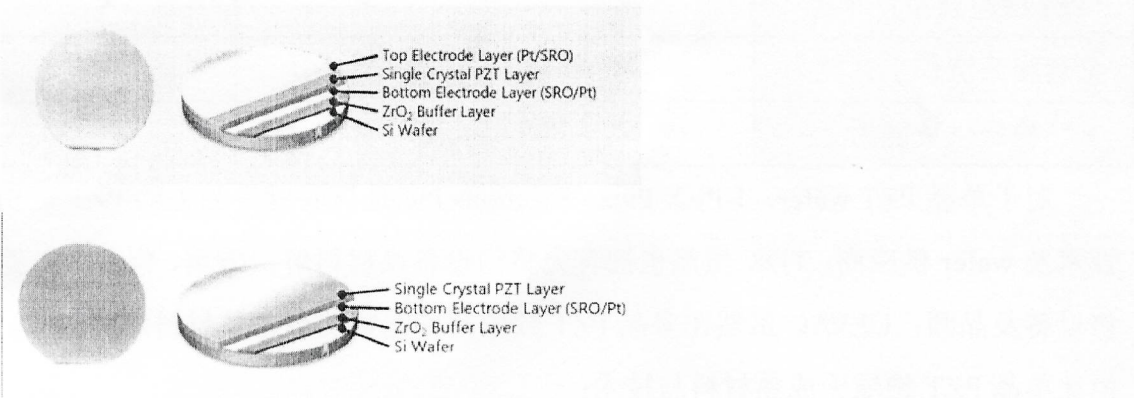
PZT 表面	平整、光滑、无裂纹	必要
PZT 膜厚	8inch 内任意取五个点 SEM 测量剖面厚度，膜厚平均值在 1950~2050nm 之间，膜厚均匀性<5%	必要
PZT 结晶质量	XRD 扫描 2theta-omega, PZT 无异相无杂峰 XRD 扫描 omega, PZT(001)FWHM<1.0°	必要

2 市场调研

2.1 供应商情况

A、I-PEX Piezo Solutions Inc. (I-PEX)

I-PEX Piezo Solutions Inc.拥有高性能压电薄膜成膜及压电 MEMS 加工技术，是一家由 I-PEX 集团加工部门独立出来，与拥有卓越开发单晶薄膜压电技术的 KRYSTAL 株式会社相结合而成立的压电 MEMS 代工生产商。提供的单晶 PZT wafer 有两种，带顶电极或不带。公司位于日本。下图是该公司提供带顶电极/不带底电极的样品结构图。



B、东京电气化学工业株式会社(TDK)

TDK 是一家总部位于日本东京的跨国公司，专注于电子元件、材料以及系统的研发、生产和销售。TDK 的产品广泛应用于信息技术、消费电子、汽车电子、工业设备以及能源等多个领域，为全球客户提供了高质量、高性能的解决方案。TDK 拥有成熟的单晶 PZT 成膜技术以及完整的器件制造技术，但其自研单晶 PZT 成膜设备不对外销售，且其生产的单晶 PZT 材料和芯片仅供其自身产品使用，并不对外销售单晶 PZT 晶圆及芯片。

C、日本真空技术株式会社 (ULVAC)

ULVAC 总部设在日本茅崎，是日本上市公司，于 1952 年 8 月 23 日由日本生命保险公司、松下电器产业股份有限公司等 6 家共同投资成立。它是世界知名的真空技术企业，也是日本最大的真空企业。年产值达 1200 亿日元，其产品遍及全世界各地近 100 多个国家和地区。已有 800 多台套真空预冷保鲜设备和真空冷冻干燥设备应用于日本本土。ULVAC 是目前多晶 PZT 设备的主要供应商，可提供完整的多晶 PZT 材料制造方案，并可提供 8 寸多晶 PZT 晶圆。同时 ULVAC 也正在单晶 PZT 设备及成膜工艺开发中，目前尚不能提供成熟的单晶 PZT 设备以及单晶 PZT 晶圆。

2.2 需求情况对比

PZT wafer	A、I-PEX	B、TDK	C、ULVAC
Wafer 尺寸：6~8inch	✓	✓	✓
PZT 厚度：2um	✓	✓	✓
PZT 厚度：4um	✓	×	×
厚度均匀性：≤5%	✓	✓	✓
PZT 薄膜质量：单晶	✓	✓	×
全套膜系沉积工艺能力	✓	✓	×
稳定供货能力	✓	×	×

对于单晶 PZT wafer，I-PEX Piezo Solutions Inc.是目前世界领先的 PZT 沉积技术及 wafer 供应商；TDK 虽然也拥有完整的设备及材料解决方案，但不对外销售设备及晶圆；ULVAC 虽然在多晶 PZT 领域具备完整的设备及材料解决方案，但在单晶 PZT 领域无成熟材料与技术。

综上所述，为了满足客户的使用需求和我方压电 MEMS 器件工艺开发需求，拟从 I-PEX 采购单晶 PZT wafer。但 I-PEX 作为日本企业，目前并不直接对中国开战销售与技术服务业务，包括单晶 PZT 晶圆。因此需要向相关代理渠道采购，主要从价格、交期、付款条件等条件上选择代理渠道供应商。

3 采购意向

厂商：I-PEX Piezo Solutions Inc. (I-PEX)

代理商：溢彩芯光科技(宁波)有限公司、厦门利佰泰商贸有限公司、广东鼎

为科技有限公司

申请预算：70 万元

三方比价：如下表所示

N o	产品名称	单 位	数 量	溢彩芯光科技(宁波)有限 公司		厦门利佰泰商贸有限公司		广东簪维科技有限公司	
				含税单价 (元)	含税总价 (元)	含税单价 (元)	含税总价 (元)	含税单价 (元)	含税总价 (元)
1	KW-PZT(A20)- 8-Si(100)	片	10	25,990.00	259,900.00	33,900.00	339,000.00	31,640.00	316,400.00
2	KW-PZT(A40)- 6-Si(100)	片	10	37,855.00	378,550.00	45,200.00	452,000.00	40,680.00	406,800.00
3	KW-ZrO2-8-Si (100)	片	1	14,690.00	14,690.00	22,600.00	22,600.00	16,950.00	16,950.00
4	KW-SRO/Pt-8- Si(100)	片	1	18,645.00	18,645.00	28,250.00	28,250.00	20,340.00	20,340.00
价格(元), 含 13%增值税				-	671,785.00	-	841,850.00	-	760,490.00
交货周期				4~6 周		6 周		5~6 周	
付款条件				100%预付		100%预付		100%预付	

经广泛调研，满足我方压电 MEMS 器件工艺开发需求的单晶 PZT wafer，仅 I-PEX 有限公司可以提供。综合价格、交期、付款条件等条件，申请从溢彩芯光科技(宁波)有限公司采购相关单晶 PZT 晶圆。

采购需求部门论证签字（3 人以上，含团队负责人）：

冯新 贾海强 林

2025 年 2 月 11 日