

特约专栏

掺钕钒酸钇激光晶体的研制和开发

王国富, 吴少凡

(中国科学院福建物质结构研究所, 福建 福州 350002)

摘 要: 掺钕钒酸钇激光晶体是一种优秀 LD 泵浦的激光晶体材料, 是当前中、小功率全固态激光器的首选材料, 它广泛应用于激光通讯、激光测距、激光印刷、卫星测量、导航等各个领域。首先回顾了 LD 泵浦的激光晶体材料的发展过程及其对激光晶体的要求, 系统介绍了掺钕钒酸钇激光晶体的特性。同时比较详细介绍了大尺寸、高质量掺钕钒酸钇激光晶体生长技术及其应用。目前产品已销往美、英、日等 21 个国家和地区, 成为我国唯一能够大量进入国际市场的激光晶体产品, 极大地推动了我国激光晶体行业的发展, 扩大了我国晶体行业在国际上的影响力。

关键词: 激光晶体; 掺钕钒酸钇激光晶体; LD 泵浦

中图分类号: TN24; O76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3962(2010)10-0025-05

Research and Development of Neodymium Doped Yttrium Vanadate Laser Crystal

WANG Guofu, WU Shaofan

(Fujian Institute of Research on The Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Neodymium-doped Yttrium vanadate (Nd:YVO₄) is an excellent laser crystal material for laser diode pumping and has a wide variety of application in many fields such as laser communication, laser print, laser ranging and so on. This paper firstly describes the progress of diode pumped laser materials and spectroscopic characteristics of Nd:YVO₄, and also reports the growth method and application of Nd:YVO₄ crystal with large size and high optical quality. The Nd:YVO₄ crystals have been become commercial product, which greatly improves the development of laser diode pumping laser crystal materials.

Key words: laser crystals; neodymium-doped yttrium vanadate; laser diode pumping

1 前 言

自 20 世纪 60 年代第一台激光器诞生以来^[1], 激光理论和技术发展非常迅速, 已在军事、国民经济和科学技术领域得到了广泛的应用。近 50 年来已研究和发现了几百种激光晶体材料, 但是由于晶体生长困难、难于掺入激活离子、差光谱性能或差的热学性能等原因, 几乎所有的潜在的激光晶体材料被发现后, 马上被淘汰。目前只有少数几种激光晶体得到广泛应用, 其中掺钕钒铝石榴石(Nd:YAG)激光晶体无疑是其中的佼佼者。Nd:YAG 晶体是上世纪 60 年代中期发明的一种优秀的激光晶体^[2], Nd:YAG 晶体在室温下可实现连续和脉冲等多种方式运转, 其中连续运转是 Nd:YAG 激光器最好的

工作方式, 由于它具有较低的光弹性常数、高的机械硬度以及令人满意的热学性能, 可以获得很高的激光输出功率。至目前为止, Nd:YAG 仍然是一种性能最好、用途最广、需求最大的高功率激光晶体。Nd:YAG 晶体之所以能够得到广泛的应用, 除了 Nd:YAG 晶体具有优良光学性能外, 它还具有其他晶体无法媲美的 2 个优点: ①不仅大尺寸晶体容易生长, 而且具有很高的光学质量和非常少的缺陷; ②好的热学和机械性能。

但是到了上世纪 80 年代末和 90 年代初, Nd:YAG 晶体的地位受到挑战, 1986 年第 1 台激光二极管(LD)泵浦的固态激光器出现在市场, 由于 LD 具有高得多的光谱和空间亮度、高的电光转换效率、长的寿命、输出在时间波形上更大的灵活性, 开始了激光二极管作为泵浦源的时期。LD 泵浦改变了传统的灯泵浦对材料的要求, LD 要求激光晶体材料具有: ①较宽的吸收峰, 因为作为泵浦源的 GaAlAs, AlGaIn 和 InGaAs 的 LD 发射波长分别处于 797 ~ 810 nm, 670 ~ 690 nm 和 940 ~ 990 nm, 它们分别处在 Nd³⁺, Tm³⁺, Ho³⁺, Cr³⁺ 和

收稿日期: 2010-07-12

基金项目: 福建省重大科学基金项目资助(2000Z057)

通信作者: 王国富, 男, 1949 年生, 哲学博士, 研究员, 博士生导师

Er^{3+} 的主吸收带, 它们的半峰宽为 $2 \sim 3 \text{ nm}$, 波长随温度变化率为 $0.2 \sim 0.3 \text{ nm}/^\circ\text{C}$, 所以较宽的吸收带不仅有利于激光晶体对泵浦的吸收, 提高效率, 而且降低了对器件的温度控制的要求; ②长的荧光寿命(τ), 因为荧光寿命长的晶体能在上能级上积累起更多的粒子, 增加储能, 所以有利于器件输出功率或能量的提高; ③大的发射跃迁截面(σ), 因为脉冲和连续激光的阈值分别与 σ 和 $\sigma \cdot \tau$ 成反比, 所以 σ 和 $\sigma \cdot \tau$ 大的晶体容易实现激光振荡, 在相同的输入下能得到较大的输出, 这对连续激光器是非常重要的, 但对大能量和大功率的脉冲激光器来说, σ 大的器件容易起振, 不利于储能, 从而限制了器件功率和能量的提高。

此外, 与灯泵浦相比, 它可以使用小尺寸的晶体。而且激光棒只有很低的热负载, 这是因为 LD 泵浦减少了灯泵浦高能量的存储和随后带来的激光棒的内在热。

但 LD 早期的输出的功率只有几十毫瓦, 还不能马上形成对灯泵浦 Nd:YAG 激光晶体的威胁。进入 90 年代, 形势开始变化, 进入高功率 LD 作为泵浦源的时代。由于 Nd:YAG 晶体的吸收谱线窄, 在与 LD 激光发射波长相匹配的 808 nm 吸收峰线宽只有 0.8 nm , 而典型的 LD(GaAlAs)激光输出线宽达 3 nm , 其发射波长随着 LD 激光器的工作温度上升以 $0.27 \sim 0.3 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 漂移, 因此要实现 LD 泵浦 Nd:YAG 激光的稳定输出, 必须对 LD 激光器的工作温度进行严格的控制, 这就势必影响其造价及商品化程度。在随后的几年中, LD 输出功率迅速提高了几十倍, 随着高新技术的发展, 激光技术正朝着全固态激光技术发展, LD 泵浦的全固态激光器件是激光晶体、非线性光学晶体、大功率 LD 和激光技术多年发展和技术集成的产物, 成为当今光电子技术的核心器件之一。由此掀起了一场探索新型 LD 泵浦激光晶体和重新评价现有激光晶体的热潮。

2 Nd:YVO₄ 激光晶体的特性

YVO₄ 晶体作为一种优良的激光晶体从 60 年代以来就吸引了人们的注意^[3], 它具有锆石结构, 空间群为 $D_{4h}^{19} - I4 /amd^{[4]}$ 。在 $400 \sim 5\,000 \text{ nm}$ 范围内都有很高的光学透光度, 它有着优异的机械性能、优良的化学稳定性和高的激光损伤阈值 (3.3 ± 0.4) GW/cm^2 ^[5], 是一种优良的激光基质材料, 但由于这种晶体不容易长成大晶体, 而且热导率又小, 所以在灯泵浦时代没有引起人们的重视。

Nd:YVO₄ 激光晶体与 Nd:YAG 相比, 具有如下的特点: ①在 808 nm 的吸收峰的线宽为 Nd:YAG 晶体 3 倍, 适合于 LD 泵浦; ②在 $1\,064 \text{ nm}$ 和 $1\,342 \text{ nm}$ 处具有较大

的受激发射截面, 在 a 轴方向 $1\,064 \text{ nm}$ 波长的受激发射截面约为 Nd:YAG 的 4 倍, 而 $1\,340 \text{ nm}$ 的受激发射截面可达 Nd:YAG 的 18 倍, 故 $1\,340 \text{ nm}$ 波的连续输出效率要大大超过 Nd:YAG, 这使得 Nd:YVO₄ 激光的两个波长都可以更容易保持一个较强的单线激发; ③属单轴晶系, 仅发射线性偏振光, 因此可以避免在倍频转换时产生双折射干扰, 而 Nd:YAG 是高匀称性的正方晶体, 无此特性, 虽然 Nd:YVO₄ 的荧光寿命比 Nd:YAG 短 2.7 倍左右, 但是因为 Nd:YVO₄ 具有较高的泵浦量子效率, 所以在设计理想的光腔中仍然可获得相当高的斜率效率。

目前, Nd³⁺:YVO₄ 晶体已经实现了 $1.06 \mu\text{m}$ 和 $1.34 \mu\text{m}$ 的激光输出, 激光器已经实现商品化^[5-8]。由于 Nd³⁺:YVO₄ 晶体的热传导率比较低, 使其激光器的应用受到一定程度的限制^[9-10], 但是它对 LD 的泵浦光有较高的吸收系数和宽的吸收峰, 仍然成为制造 LD 泵浦的中小功率激光器的首选激光晶体。LD 泵浦的 Nd³⁺:YVO₄ 晶体还可以与 LBO, BBO, KTP 等非线性光学晶体配合使用, 能够达到很好的倍频、三倍频转换效率, 可以制成近红外、绿色、蓝色到紫外的全固态激光器。由于其所具有的不可替代的优异性能, 成为中、小功率全固态激光器的首选优秀激光晶体材料, 广泛应用于激光通讯、激光测距、激光印刷、卫星测量、导航等各个领域。而且 Nd:YVO₄ 二极管泵浦固态激光器正在迅速取代传统的水冷离子激光器和灯泵浦激光器的市场, 尤其是在小型化和单纵向输出方面。表 1, 2, 3 和 4 列出 Nd:YVO₄ 晶体的基本物理和激光特性。

表 1 几种半导体激光器的基本特性

Table 1 Basic characteristics of several diode laser devices.

Material	λ/nm	$\lambda_{\text{FWHM}}/\text{nm}$	$\frac{\partial \lambda}{\partial t}/\text{nm} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	P_{out}/W	$\eta/\%$
GaAlAs SDL-3400	797 ~ 810	3	0.27 ~ 0.3	20	25
AlGaInP SDL-7400	670 ~ 690	2	0.18	0.5	20
InGaAs SDL-6360	940 ~ 990	3	0.27 ~ 0.3	1	45

表 2 LD 泵浦的 Nd:YVO₄ 和 Nd:YAG 二倍频激光特性的比较

Table 2 Comparison of frequency doubling laser characteristics of Nd:YVO₄ crystal with Nd:YAG crystal

Crystal	size $/\text{mm}^3$	Size of KTP crystal/ mm^3	Pump power/ mW	Output power (532 nm, TEM ₀₀)/ mW	Light-light conversion efficiency/%
Nd:YVO ₄	$3 \times 3 \times 1$	$2 \times 2 \times 5$	890	76	8.5
Nd:YAG	$3 \times 3 \times 1$	$2 \times 2 \times 5$	50	2.5	5.0

表 3 掺钕钒酸钇激光晶体 (Nd:YVO₄) 基本特性
Table 3 Basic characteristics of Nd:YVO₄ crystal

Nd ³⁺ concentration in crystal / atoms · cm ⁻³	1.26 × 10 ²⁰ (1.0% Nd)
Crystal structure	Tetragonal system with space group: D _{4h} - I4/amd and cell unit: $a = b =$ 0.71 193 nm, $c = 0.628\ 92$ nm
Density / g · cm ⁻³	4.22
Hardness / Mohs	4 ~ 5
Thermal expansion coefficient at 300 K / 10 ⁻⁶ · K ⁻¹	$\alpha_a = 4.43$, $\alpha_c = 11.37$
Thermal conduction coefficient at 300 K / W · (cm · K) ⁻¹	//C: 0.052 3, K ⊥ C: 0.051 0
Emission wavelength/nm	1 064, 1 342
Thermo-optical coefficient at 300 K, dn _o /dT / K	8.5 × 10 ⁻⁶ , 2.9 × 10 ⁻⁶
Emission cross-sections at 1 064 nm / cm ²	25 × 10 ⁻¹⁹
Fluorescence lifetime/μs	90
Absorption coefficient at 810 nm / cm ⁻¹	31.4
Light-light conversion efficiency / %	> 40

表 4 LD 泵浦的 Nd:YVO₄ 和 Nd:YAG 激光特性的比较
Table 4 Comparison of LD pumped laser characteristics
of Nd:YVO₄ crystal with Nd:YAG crystal

Crystal	Size/mm ³	Pump power /mW	Output power (1 064 nm)/mW	Light-light conversion efficiency/%
Nd:YVO ₄	3 × 3 × 1	850	350	41.2
Nd:YVO ₄	3 × 3 × 5	0.015	0.006	40.0
Nd:YAG	3 × 3 × 2	850	24	2.8

3 Nd:YVO₄ 激光晶体的研制与开发

尽管在巨大市场需求的推动下,国内外许多研究机构或公司从事该晶体的生长研究工作,但晶体的最大尺寸仍在 $\phi 25\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 左右,尚未见到有关 $\phi 30\text{ mm}$ 以上尺寸的优质掺钕钒酸钇晶体的报道。过去由于掺钕钒酸钇晶体的毛坯尺寸、内部质量和高昂价格限制了其应用范围的推广。如果晶体达到 $\phi(30 \sim 40)\text{ mm} \times 40\text{ mm}$,虽然生产成本比 $\phi 20\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 晶体高 20%,但晶体的质量则提高了 3 ~ 4 倍,可以大幅度降低其总的成本,使掺钕钒酸钇晶体得到更广泛的应用。但是要生长出大尺寸和高质量 Nd³⁺:YVO₄ 晶体是非常困难的,晶体中存在着开裂、多晶、解离、水波纹、包裹、散射等缺陷和掺 Nd 离子浓度分布严重不均问题。

要生长出高质量 Nd³⁺:YVO₄ 晶体首先要合成出高纯度原料, Nd³⁺:YVO₄ 晶体的原料国内外通常采用高温

固相合成法合成,该方法虽然工艺简单,但需要使用高纯度的原料,生产成本居高不下。另外,原料 Y₂O₃ 和 V₂O₅ 两组分的熔点相差很大, Y₂O₃ 为 2 200 °C, V₂O₅ 为 650 °C,采用固相反应的烧结方法,低熔点的 V₂O₅ 容易挥发,不能得到准确比例(靠近同成分熔化点)的原料,容易在晶体中产生散射中心。而且高温固相合成法合成需要在高温下长时间烧结,能耗大。我们在国内外率先采用液相反应法合成出 Nd³⁺:YVO₄ 原料^[11]。由于钒离子在不同的溶液浓度、pH 值、温度、搅拌程度和沉积时间等工艺条件下,会形成包含不同钒原子数量的化合物,如 VO₄³⁻, V₂O₇⁴⁻, V₄O₁₂³⁻, V₁₀O₁₈⁶⁻ 等等,而其中只有 VO₄³⁻ 是所需要的。通过一系列的实验,确定了最佳的溶液浓度、pH 值、温度、搅拌程度和沉积时间等工艺参数,在溶液反应中直接沉淀生成掺钕钒酸钇,升温烧结时不会发生组分非配比挥发;同时利用选择沉淀法,除去有害杂质,提高原料的纯度。通过建立液相合成规范化工艺,可采用较低成本和纯度的原料,合成出高纯、准确配比原料,满足优质大尺寸掺钕钒酸钇激光晶体的工业化生产要求,而且大大降低了生产成本。目前该方法已经成为国内外钒酸钇晶体原料合成的普遍方法。

由于钒酸钇晶体熔点高(约 1 820 °C),它的热导系数小(约 50 mW/cm · K),热膨胀系数呈典型的各向异性(沿 a 轴与 c 轴分别为 $4.43 \times 10^{-6}/\text{K}$ 和 $11.4 \times 10^{-6}/\text{K}$,两者相差近 3 倍),这些热学特性容易导致晶体在生长过程和退火过程中开裂。此外,由于 Nd³⁺ 在 YVO₄ 晶体中的分凝系数小于 0.6,因此在晶体中 Nd³⁺ 离子浓度分布严重不均匀,晶体的头尾两端的 Nd 离子浓度差异超过 25%,极大地影响了晶体毛坯的利用率。

针对这些技术难点,我们设计出一种特殊温场,即保证熔体表面(气-液温差)的温度梯度要大,而熔体上方的后热室内温度梯度要小,以减少晶体应力。当晶体生长结束,降温使液面凝固后,晶体所在的后热室内的温度梯度可以满足炉内退火的要求,解决了晶体开裂的问题。在这种温场下调整适当的晶体生长拉速和转速,可以使晶体在平(近)固-液界面中生长,提高了晶体中 Nd³⁺ 离子浓度分布均匀性,晶体的头尾两端的 Nd 离子浓度偏差小于 10%,提高了晶体毛坯的利用率。

掺钕钒酸钇晶体生长呈强烈的各向异性,如果生长方向与晶体的结晶轴向不重合,由于该晶体热导小,很容易出现“长脚”的情况(即晶体往一边生长,而另一边逐渐拉脱),甚至形成螺旋形生长。在提拉法生长晶体时,籽晶居中对提高所生长的晶体光学均匀性至关重要

要,我们采用籽晶激光对中方法,结合籽晶杆接头器和籽晶杆居中调节器两项专利技术确保了籽晶方向与晶体的结晶轴重合,使晶体能够等径生长。

$\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$ 晶体属于同成份熔化的化合物,采用提拉法从熔体中生长。 $\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$ 晶体的熔点很高(约 $1\,820\text{ }^{\circ}\text{C}$),必须采用铱金坩埚生长,铱金坩埚在高温下会被氧化,必须使用惰性气体(氮气)保护坩埚。这样在缺氧气氛中生长,熔体部分除分解成低价钒氧化物外(部分 YVO_4 会分解成 YVO_3),晶体中还会产生氧缺位,从而导致色心产生;若在富氧气氛中生长会造成铱坩埚严重的氧化,还原后的铱小片会在晶体内部形成包裹物,会导致熔体强烈挥发,造成组分偏离。我们采用分阶段不同的生长气氛,使晶体中的氧缺位得到补充,抑制了原料挥发,保证了晶体的单相生长,也保证了晶体不因缺氧而产生氧缺位而发黑或散射。

采用上述的液相法合成的高纯度掺钕钒酸钪激光晶体原料、特殊温场、籽晶激光对中和分阶段气氛控制的创新晶体生长工艺,结合其他的晶体生长技术工艺很好地解决了晶体中开裂、多晶、解离、水波纹、包裹、散射等缺陷和掺 Nd 离子浓度分布严重不均问题,生长出了大尺寸、高质量的掺钕钒酸钪激光晶体。

4 总 结

我们使用 $\phi 80\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 尺寸的铱坩埚,在 $1.5 \sim 2.0\text{ mm/h}$ 的拉速和 $6 \sim 12\text{ r/min}$ 条件下,成功生长出 $40\text{ mm} \times 26\text{ mm} \times 46\text{ mm}$ 的掺钕钒酸钪单晶(图 1),光学均匀性达到 4×10^{-6} (图 2),产品经德国 Fraunhofer 激光研究所检测,以输出功率为 27.4 W 的 LD 泵浦,获得 15.0 W 激光输出,激光阈值为 2.0 W ,光-光转换效率为 54.8% ,斜率效率为 59% (图 3)^[12],高于国内外同类产品的技术指标(见表 5)。

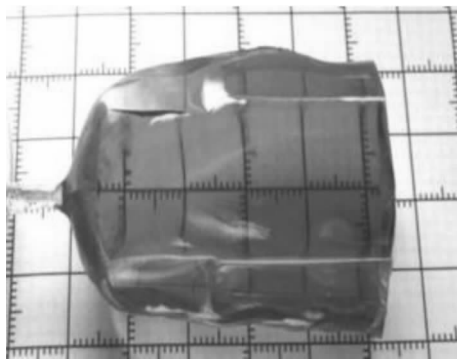


图 1 尺寸为 $40\text{ mm} \times 26\text{ mm} \times 46\text{ mm}$ 的掺钕钒酸钪激光晶体

Fig. 1 Nd:YVO₄ crystal with dimension of $40\text{ mm} \times 26\text{ mm} \times 46\text{ mm}$

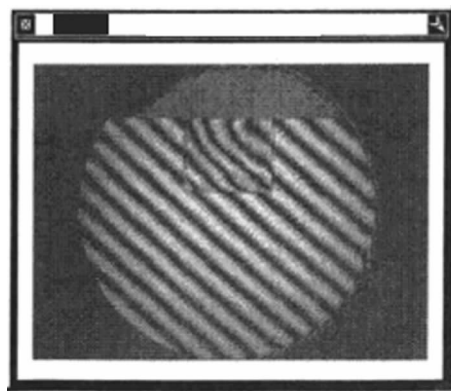


图 2 掺钕钒酸钪激光晶体的干涉条纹

Fig. 2 Interference fringe of Nd:YVO₄ crystal

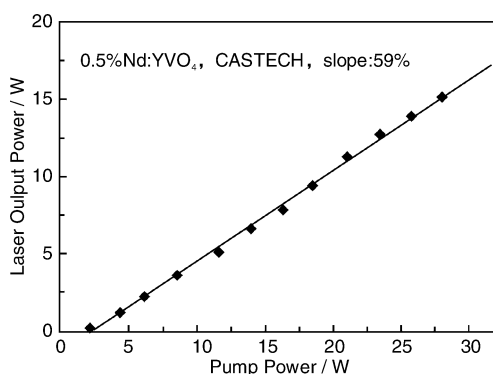


图 3 掺钕钒酸钪激光晶体的激光输出功率与泵浦功率的关系

Fig. 3 Laser output power of Nd:YVO₄ vs pump power

表 5 国内外掺钕钒酸钪激光晶体的尺寸和激光性能比较

Table 5 Comparison of crystal size and laser characteristics of Nd:YVO₄ crystal with the other laboratory

Institutes	Crystal dimension /m ³	Slope efficiency/%
Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences	40 × 26 × 46	59.0
Shandong University		50.1
Laboratory of Blacktt, UK44.0	Un-reported	44.0
Institute of Applied Physic, Russia50.0		50.0

与国内外同类产品相比($25\text{ mm} \times 15\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 尺寸的掺钕钒酸钪晶体),本产品只在少量增加生产成本的基础上,由于晶体的体积扩大了 4 倍多,单位体积的晶体毛坯成本仅为原先的 $1/3$ 。2002 年我们开始逐步将钒酸钪晶体产品和生长技术转移到福建福晶科技有限公司(CASTECH)生产,目前产品已销往美、英、日等二十一个国家和地区,年销售额达二千万人民币,约占全球市场的 50% 。成为我国唯一能够大量进入国际市

场的激光晶体产品，极大地推动了我国激光晶体行业的发展，扩大了我国晶体行业在国际上影响力。

参考文献 References

- [1] Maiman T. Stimulated Optical Radiation in Ruby[J]. *Nature*, 1960, 187: 493–494.
- [2] Gargrove J E, Marcos H M, Van Uitert L G. Laser Oscillation in Nd: Doped Yttrium, Aluminium, Yttrium Gallium and Gadolinium Garnets[J]. *Appl Phys Lett*, 1964(4): 182–184.
- [3] O'Connor J R. Unusual Crystal-Field Energy Levels and Efficient Laser Properties of Nd:YVO₄[J]. *Appl Phys Lett*, 1966(9): 407–409.
- [4] Kingsley J D, Luduig G W. Optical Constants of YVO₄ between 2 and 25 eV[J]. *J Appl Phys*, 1970, 41: 370.
- [5] Bernard J E, Alcock A J. High-Efficiency Diode-Pumped Nd: YVO₄ Slab Laser[J]. *Opt Lett*, 1993, 18: 968–970.
- [6] Bernard J E, Likhnygin V D, Alcock A J. Grating-Tuned, Single-Longitudinal-Mode, Diode-pumped Nd: YVO₄ Laser [J]. *Opt Lett*, 1993, 18: 2 020–2 022.
- [7] Zhang H J, Lui J H, Wang J Y, *et al.* Laser Properties of Dfferent Nd-Doped Concentration Nd: YVO₄ Laser Crystals[J]. *Optical and Lasers in Engineering*, 2002, 38: 527–536.
- [8] Wang C Q, Chow Y T, Reekie L, *et al.* A Comparatives Study of the Laser Performance of Diode-Laser-Pumped Na: GdVO₄ and Nd: YVO₄ Crystals[J]. *Appl Phys B*, 2000, 70: 769–772.
- [9] Tucker A W, Bribaun M, Fincher C L, *et al.* Stimulated-Emission Cross Section at 1 064 and 1 342 nm in Nd: YVO₄ [J]. *J Appl Phys*, 1977, 48: 4 907–4 911.
- [10] Sasaki T, Kojima T, Yokotani A, *et al.* Single-Longitudinal-Mode Operation and Second-Harmonic Generation of Nd:YVO₄ Microchip lasers[J]. *Opt Lett*, 1991, 16: 1 665–1 667.
- [11] Zhang L Z, Wang G F, Lin S K. Synthesis, Growth and Spectral Properties of Tm³⁺/Yb³⁺-Co doped YVO₄ Crystal [J]. *J Crystal Growth*, 2002, 241: 325–329.
- [12] Wu S F, Wang G F, Xie J L. Growth of High Quality and Large-Sized Nd³⁺: YVO₄ Single Crystal[J]. *J Crystal Growth*, 2004, 266: 496–499.

何梁何利基金 2010 年度颁奖大会在京召开

2010 年 10 月 20 日下午，何梁何利基金 2010 年度颁奖大会于北京钓鱼台国宾馆举行。中共中央政治局委员、国务委员刘延东，全国人大常委会副委员长路甬祥，全国政协副主席、科技部部长万钢，全国政协副主席何厚铨以及有关部门领导、嘉宾等社会各界 300 多名代表出席了颁奖大会。基金评选委员会主任朱丽兰向大会做了工作报告。

据介绍，今年获奖科学家共拥有授权发明专利 439 项，人均 8.8 项。获奖人平均年龄 55.5 岁，较去年 61.9 岁降低了 10 个百分点，两院院士所占比例为 25.5%，非院士的比例为 74.5%。这显示出我国研究开发中坚力量呈现出年轻化趋势。另外，今年澳门特区青年科技工作者也榜上有名。据统计，何梁何利基金获奖人已经遍及我国 30 个省、自治区、直辖市和香港、澳门特区。

在热烈的掌声中，中共中央政治局委员、国务委员刘延东发表了重要讲话。她赞扬 51 位获奖科学家是我国“产、学、研”各条战线杰出科技工作者的代表，并对他们今天取得的成绩表示热烈的祝贺。同时，她也对基金 16 年来的成功实践给以高度评价。她希望能够进一步优化奖项结构，完善评选标准，提高评选质量，努力办得更具特色、更加成功，为祖国科技事业发展再立新功。

刘延东指出，当今世界，新科技革命突飞猛进，基础研究呈现出前所未有的深度和广度，高新技术领域呈现出一系列革命性突破，重大创新成果引领新兴产业蓬勃发展。党的十七届五中全会明确提出要以科学发展为主题，以转变经济发展方式为主线，坚持把科技进步和创新作为加快转变经济发展方式的重要支撑，进一步指明了当前科技事业发展的前进方向和重要着力点。她希望全国广大科技工作者围绕国家战略需求，瞄准世界科技前沿，发扬传统，开拓创新，协作攻关，坚定不移地走中国特色自主创新道路，在科学前沿和产业高端谱写新的卓越篇章，为加快转变经济发展方式、全面建设小康社会作出更大贡献。

在充满欢乐和喜庆的气氛中，评选委员会秘书长段瑞春宣布了本年度获奖名单。刘延东、路甬祥、万钢、何厚铨等领导同志和捐款人代表一起为荣获“科学与技术成就奖”的张锦秋院士、33 位荣获“科学与技术进步奖”和 17 位荣获“科学技术创新奖”的杰出科技工作者颁奖。

(本刊通讯员)